低コストはんだペースト材料の開発

Development of Low-cost Solder Paste Material

片田 宣久
Nobuhisa KATADA

渡辺 保幸
Yasuyuki WATANABE

要旨

カーナビゲーションの市場動向をみると、製品のコモディティ化により価格競争が激化しており、価格競争力を向上させるには原材料コストの低減が必要である。そこで、われわれは実装工程で使用する窒素使用量の低減、はんだペースト費用の低減ができる汎用のはんだペースト開発に取り組んだ。現在使用しているはんだペーストには次の2点の課題がある。

①大量の窒素が必要で窒素費が高い。

②現状のはんだペーストは品質確保のために、カスタム品で材料費が高い。

これらの課題を克服するため、はんだペースト開発では、はんだ溶融領域で酸化膜を除去するという今までの考え方から、予熱から溶融までの全領域で常に酸化膜を除去し続けるという考え方に変えることで、少ない窒素量で、現行同等のはんだ付け品質を確保し、窒素費用、はんだペースト費用の低減ができる材料を開発したので、この内容を紹介する。

Abstract

In the market trend of car navigation system, the price competition becomes intensified because of the commoditization of products, and the cost reduction of raw material is required for improvement of price competitiveness. To respond to this demand, we worked on the development of general solder paste which can decrease the nitrogen usage in mounting process and solder paste cost. Currently used solder paste has two problems as follows.

① It needs a large amount of nitrogen which causes high nitrogen cost.

② It is a custom product and its material cost is expensive because of securing quality.

To overcome these problems in solder paste development, we changed the current method to remove an oxide film in solder melting area to the new one to always keep removing the oxide film in all area from pre-heat process to melting. Then we have developed the material which can secure soldering quality equivalent to the current material even with a little nitrogen, and can decrease nitrogen cost and solder paste cost. We introduce the detail in this paper.

1. はじめに

カーナビゲーションの市場動向を見ると、製品のコモディティ化により価格競争が激化しており、価格競争力を向上させるには、原材料コストの低減が必要である。原材料には部品表に表記される購入部品などの直接材と、部品表には表記されない窒素、はんだなどの補助材がある。今回は、従来コスト低減に取り組んでいなかった補助材のコストダウンに踏み込むこととした。

実装工程で使用する補助材の購入金額を見ると、リフローはんだ付け工法（**図1**）で使用する窒素、はんだペースト材料費の占有率（**図2**）が高く、ここに着目した。

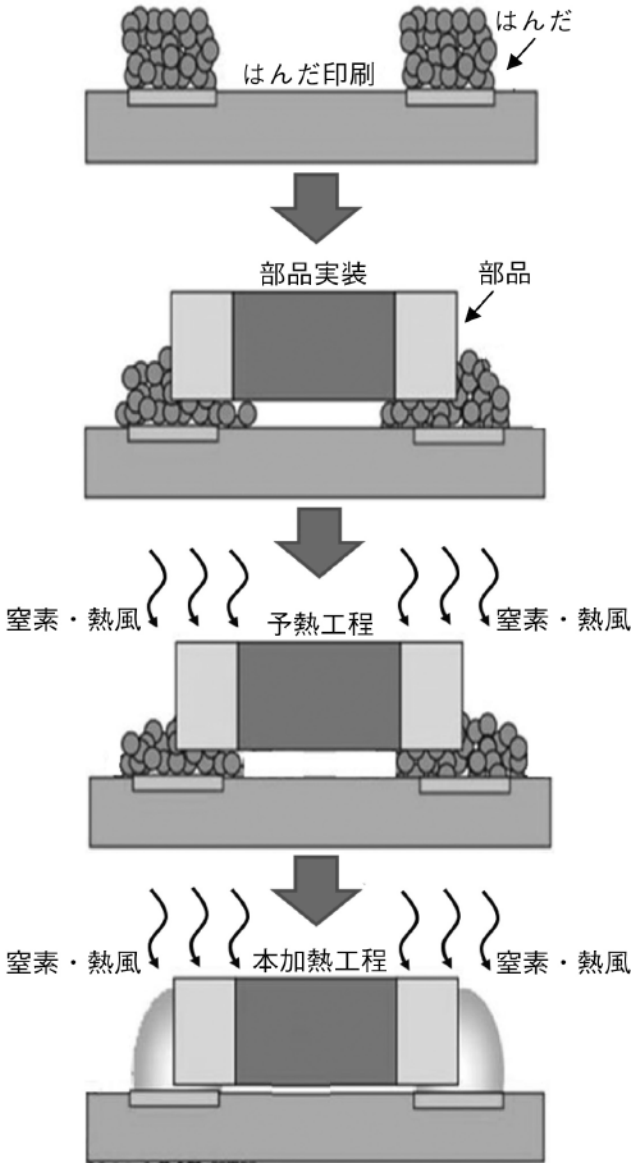


図１　リフローはんだ付け工法

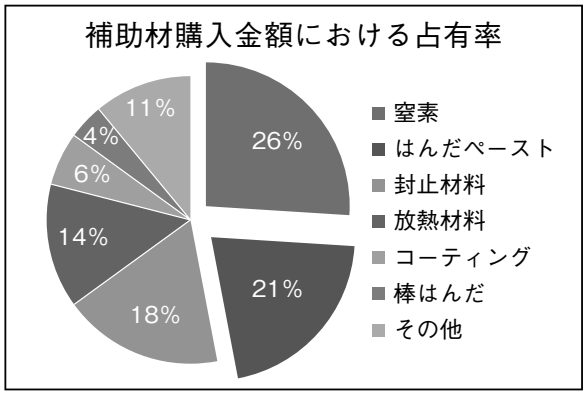


図２　補助材購入金額における占有率

リフローはんだ付け工法では、はんだ付け品質（濡れ性、絶縁性）を確保するために、現状は絶縁性を低下させる活性剤の添加が少ないはんだペーストを用いて、リフロー装置内に大量の窒素を流し酸素濃度500ppm以下で、基板、部品リード、はんだペーストの酸化を抑制し、はんだ付け品質を確保している。はんだ付けは、品質の確保を怠ると熱疲労によって市場不具合につながる重要な材料である。

現在使用しているはんだペーストには次に示す2点の課題がある。①大量の窒素が必要で窒素の費用が高い。②現状のはんだペーストは品質確保のために、カスタム品で材料費が高い。そこで、品質を十分考慮しながら窒素使用量の低減、はんだペーストの費用の低減ができる汎用のはんだペースト開発に取り組んだ。

2. はんだペースト開発の課題

コスト低減のために単純に窒素量を減らしてしまうと次の問題が発生する。

2.1 濡れ性の低下

リフロー炉内の酸素濃度が高くなることで、部品リードやはんだ材料の酸化の進行に伴い濡れ性が低下し、濡れ不良の発生リスクが増加する（**図3**）。また、濡れ性が低下することで外観自動検査機による検査性が低下する。

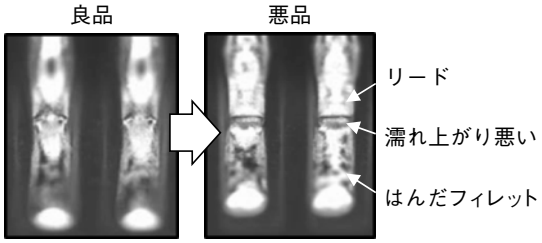
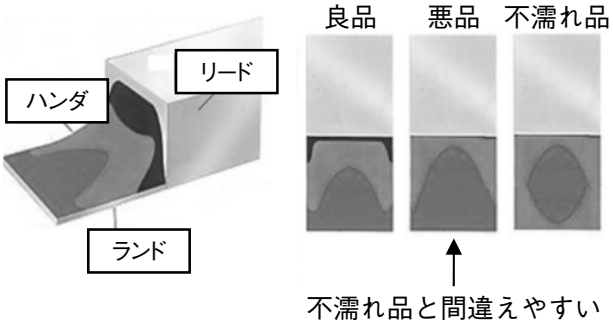


図３　リード先端の濡れ上がり低下

外観検査の原理はリング状に配置されたRGB3原色の照明を照射し、はんだフィレットから反射

した色をCCDカメラで見ることで、フィレット状態を確認し良否判定する。したがって、リード先端の濡れ上がりが悪いと、不濡れ不良に近いはんだ形状になることから、良品を不良品と判定する過検知が発生しやすくなり、目視による再検査工数が増加し、コストＵＰにつながる（**図4**）。

(a)外観検査機



(b)検査画像

図４　外観検査

2.2 はんだボイドの増加

はんだペーストの酸化が進行することで、溶融したはんだの流動性が悪くなり、発生するガスがボイドとしてはんだ内に残る（**図5**）。これにより、はんだ寿命への影響が懸念される。

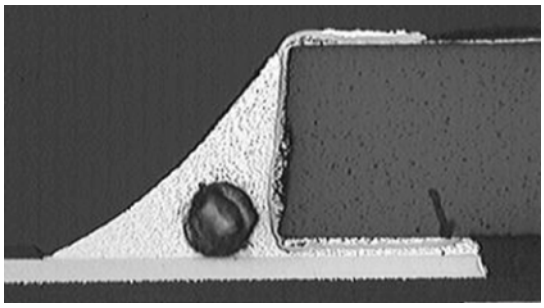


図５　はんだボイド発生例（断面像）

2.3 はんだボール

はんだペーストの酸化が進行することで、はんだ溶融時の凝集力が低下し、はんだ粒が基板上に残る（**図6**）。これにより、電気的ショートへの影響が懸念される。

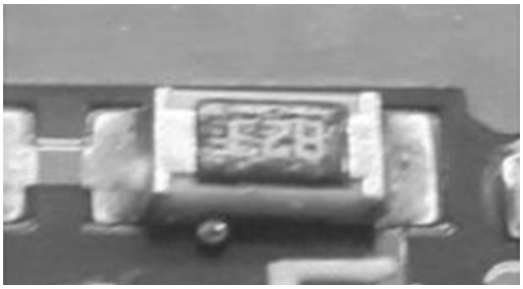


図６　はんだボール発生例

2.4 後工程のフローはんだ付け性低下

基板スルーホールの銅箔部の酸化が進行することで、後工程であるフローはんだ付け性が低下し、スルーホールへのはんだ充填ができない（**図7**）。これにより、はんだ寿命への影響が懸念される。

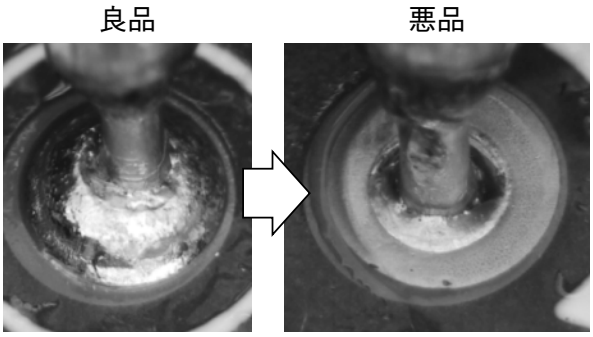


図７　スルーホールのはんだ上がり不足例

はんだペーストに求められるはんだ付け品質（濡れ性、絶縁性）や作業性は、はんだペーストに含有するフラックス特性の影響が支配的である。したがって、これらの問題を克服するためには、少ない窒素量でも酸化を抑制できるフラックス特性が必要となる。そこでわれわれは過去に開発したはんだペーストで予熱領域にはんだペーストの酸化が進行し、濡れ性に影響した経験から、フラックス作用の考え方から見直すことが必要と考え材料メーカと共同で検討した。

3. はんだペースト材料開発

3.1 フラックス開発

従来のはんだペースト材料では、はんだ溶融領域で酸化膜を除去するという考え方（**図 8**）であったが、新材料では予熱～溶融までの全領域で常に酸化膜を除去し続けるという考え方（**図 9**）に変え、材料メーカと共同でフラックス材料に使用する活性剤などの組合せ検討を行った。

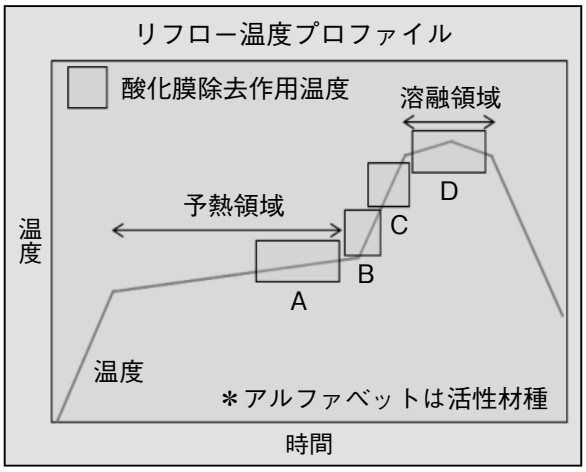


図 8　従来材料の酸化膜除去作用温度

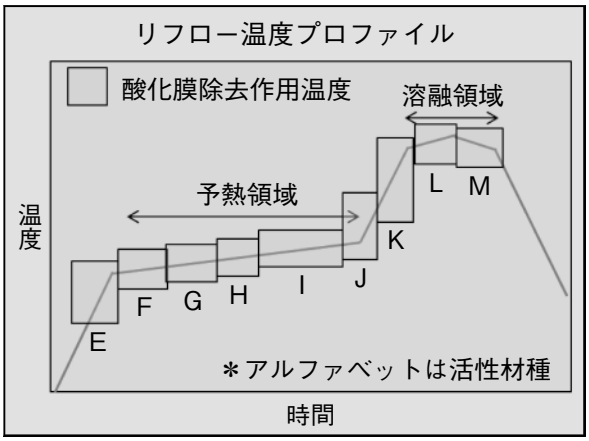


図 9　新材料の酸化膜除去作用温度

開発を進める中で、濡れ性の確保は早い段階で実現できたが、チップ部品にはんだボールが発生した。はんだ付け品質項目全てをバランスよく確保できるはんだペースト開発の難しさを認識した。次に、効率的に問題解決した実例を紹介する。

発生原因を調査すると予熱工程での酸化膜除去作用によって発生するガスにより、はんだが部品下へ押し広げられることで、溶融時に基板上に残り、はんだボールとなることがわかった（**図 10**）。

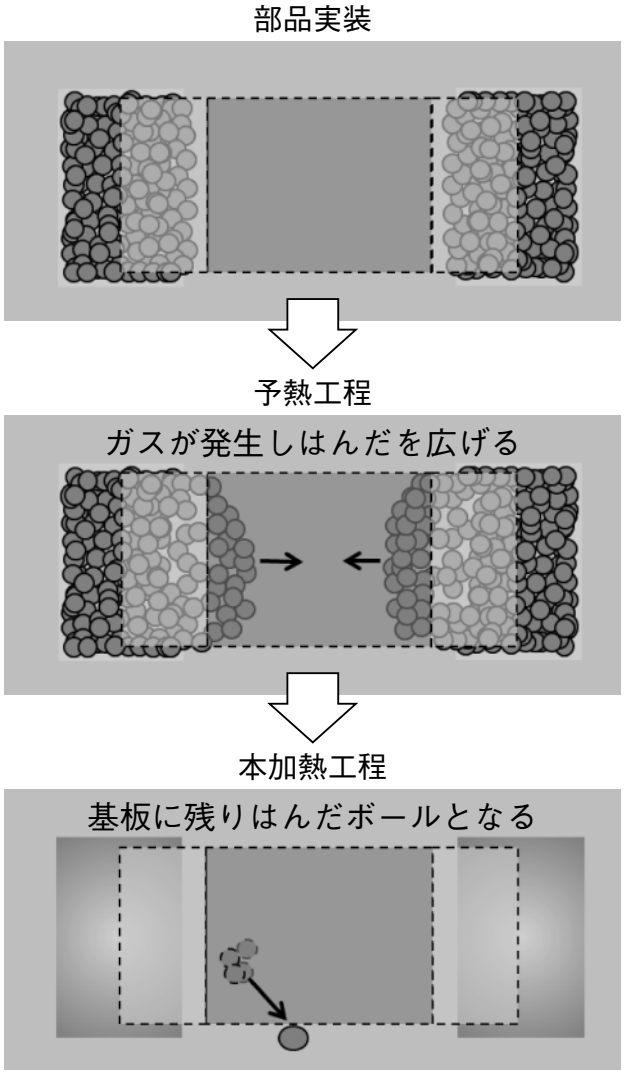


図 10　はんだボール発生メカニズム

これは部品を実装すると、部品がはんだペーストにフタをする構造となり、発生ガスは横方向にしか抜けることができないためである。

この問題に対して、毎回実装検証を行っていては、開発に時間がかかるため、短時間で簡単に部品下のはんだ挙動を評価する手法を検討した。

評価手法としてX線加熱装置で加熱しながらはんだペーストの挙動観察を検討したが、X線透過像では鮮明な像が得られないため、断念した（**図 11**）。

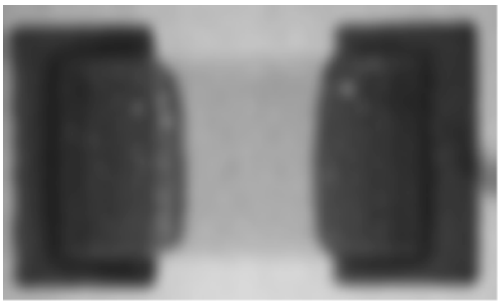
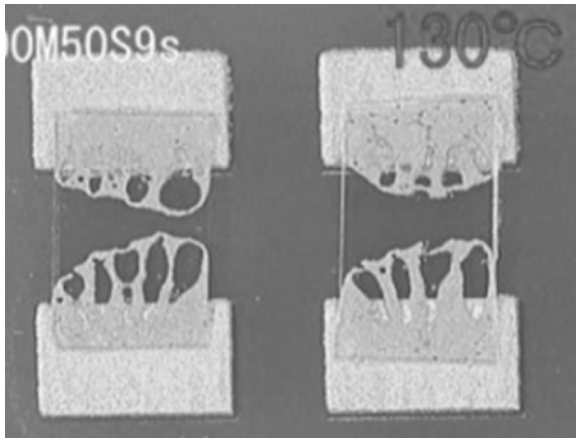


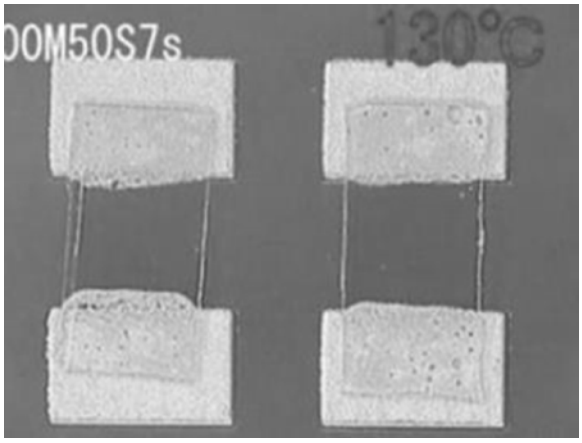
図 11　X 線加熱装置観察像

次にチップ部品を直接観察できるように、透明なチップにすれば部品下を観察できると考え、チップ部品と同サイズのガラスを用いて、リフローシュミレータで観察する手法を確立した（**図 12**）。

この手法によりフラックス成分の最適な組合せ検討を短期間で行うことができた。



材料改良前



材料改良後

図 12　ガラスチップを用いた評価手法
（予熱工程のはんだ挙動観察）

３. ２酸素濃度検証

最後に適用酸素濃度について検証を実施した。はんだペーストは印刷体積が小さいほど、絶対的なフラックス量が減るため、リフロー中の酸素濃度が高いと、はんだペーストの酸化が進行し、溶融時に凝集せず､はんだ付け不良が発生する。また、リフロー工程で基板スルーホールの銅箔の酸化が進行し、後工程のフローはんだ付け性が低下することから、少ない印刷体積での濡れ性と後工程のフローはんだ付け性を両立する酸素濃度の見極めが必要となる。

われわれは将来の高密度実装化を考慮したはんだ量（ランドサイズ）でも確実に溶融できることが必要と考え 0402 チップサイズが溶融できる酸素濃度を検証した。その結果､5000ppm では 0402 チップ相当のランドで濡れ不良が発生するが、3000ppm 以下では発生しないことを確認した（**図 13**）。

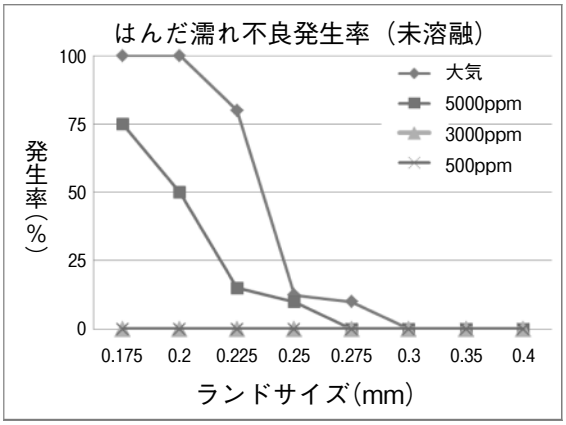


図 13　酸素濃度によるランドサイズと濡れ不良

また、後工程のフローはんだ付け性についても検証を行い、フローはんだ付け性も低下しないことを確認した（**図 14**）。

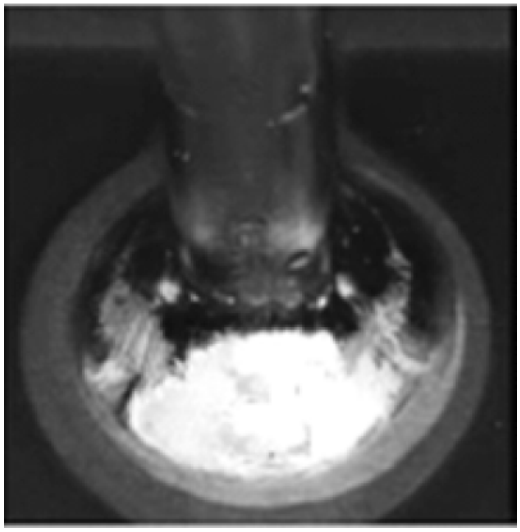


図 14　酸素濃度 3000ppm 流動後の
スルーホールはんだ上がり

以上の開発により､窒素使用量削減による費用削減の目的が達成できるはんだペーストの開発を完了した。

４.　メーカでの製造管理コスト削減

はんだメーカの製造検査工程のコスト削減についても検討した。従来品は、鉛フリー化初期段階で開発したペーストのため、特別検査要求による管理コスト、カスタム組成での管理コストが発生していた。

長年の鉛フリー化の経験により、汎用品と同等の検査項目で、はんだメーカでの品質維持管理が可能であるため、製造管理コスト削減活動を行い、はんだペーストコストについても目標を達成した。次に、一例として削除した検査項目である熱ダレ試験について紹介する。

印刷間隔を振った定型の印刷パターンではんだ印刷を行い、基準プロファイルで加熱した後に、隣接するはんだペーストが接触しないかを検査する項目である（**図 15**）。

これらの検査項目は 10 年以上の管理実績により、はんだペースト開発時にフラックスの配合バラツキ影響などを加味した実力検証を実施することでこれら特別検査を廃止可能と判断した。

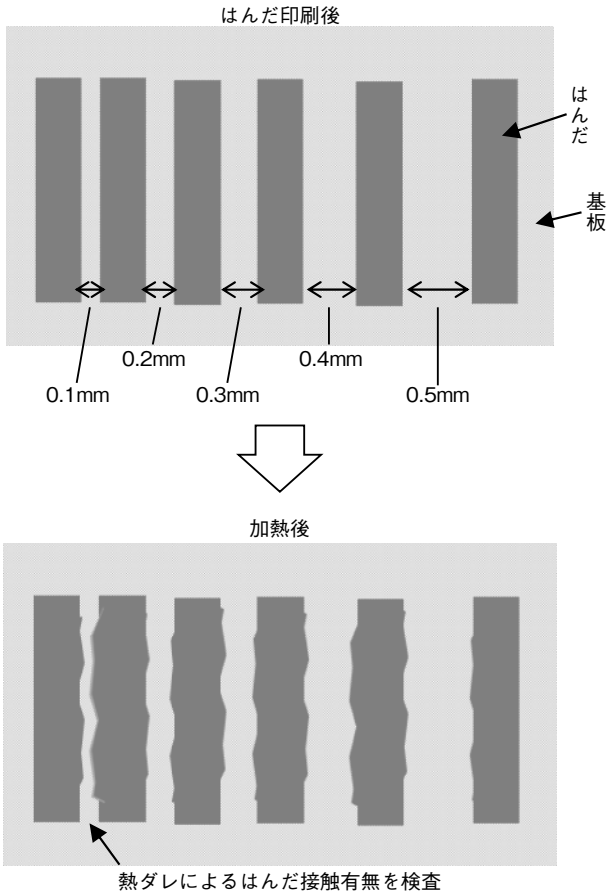


図 15　熱ダレ試験

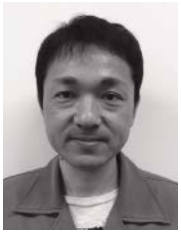
5. おわりに

今回の開発により、リフロー炉の雰囲気酸素濃度を 500ppm から 3000ppm に変更できる材料開発を行った。この材料は現行材料と同等のはんだ付け品質を確保しつつ、窒素使用量は従来比 2/3 となる低コストなはんだペースト材料である。

今後、製品の新機能追加や小型化が進むと、はんだ付け部はどんどん微細化していく。そのような将来の高密度化、高信頼性化に対応した新たなはんだペースト材料開発においても、この技術は大いに有効であると考える。

今回の技術開発に際して、材料開発面で多大なご協力を頂いた材料メーカに対し、紙面をお借りし厚く感謝致します。

筆者紹介



片田 宣久
かただ のぶひさ

生産本部
生産技術部

渡辺 保幸
わたなべ　やすゆき

生産本部
生産技術部