

フラックス残渣の洗浄性に優れた鉛フリー溶ダペーストの開発

Development of Lead free Solder paste superior in Flux residual Washing characteristics



柏木慎一郎 / 研究開発カンパニー 研究開発センター 電子材料開発室
Shinichiro Kashiwagi Electronics Materials Development, R&D Center, R&D Company

1 はじめに

ハイブリッド自動車、電気自動車、また自動ブレーキ制御に代表されるように、自動車の動作や運転環境はますます高機能化している。自動車には100個近いECU (Electronic Control Unit) が搭載され、関連する電子基板を高い信頼性で、効率よく制御する技術が求められる。

ECUの高機能化において、使用する電子部品の制御応答速度を向上させるため、パワーデバイス（電力用半導体素子）の使用が増加している。このようなパワーデバイスの組み立てでは他の電子実装基板の製造と同じく、電子部品をプリント基板に実装する表面実装技術が一般的に使用される。この技術の確立のため、はんだ材、機能的な電子部品、基板の開発、印刷技術、リフロー加熱方法など、さまざまな分野が結集した研究開発が進められている。本稿では、パワーデバイスの実装に向け、溶ダペーストに求められる性能と、開発経緯について述べる。

2 はんだ材

表面実装に使用されるはんだ材では、はんだ合金中に鉛を含まない鉛フリーはんだへの切り替えが進んでいる。国内での鉛フリー化はほぼ完了する中、車載用に特化した耐久性に優れた鉛フリー合金、融点の低い合金、低コスト合金など、特定用途向けのはんだ合金が開発されるなど、多様化しつつある。

はんだ材には、棒はんだ、フローはんだ、溶ダペースト（はんだペースト）など、用途に合わせ数種類の形態があるが、表面実装では通常溶ダペーストが用いられる。溶ダペーストは、はんだ合金の金属粉末と、活性作用を持つフラックスから構成されたペースト状のはんだのことである。フラックスは、ロジンなどのベース樹脂、有機酸などの活性剤、ワックス、溶剤などから構成されている。

3 溶ダペースト使用工程と求められる性能

一般的な溶ダペーストの使用工程を図1に示す。溶

ダペーストは表面実装と呼ばれる工法で用いられており、大きく分けると、①印刷工程、②部品マウント工程、③加熱工程の3つから構成される。

最初のスクリーン印刷工程では、必要な箇所に開口を施したメタルマスク上に溶ダペーストをローリングすることにより、必要量を基板上に塗布する。その後、部品マウント工程にて、印刷した箇所に電子部品を搭載、その後、リフロー加熱工程で金属融点以上に加熱することにより、基板と電子部品のはんだ付けが行われる。

このように、溶ダペーストを用いた表面実装では、数段階の工程が必要であり、溶ダペーストは、その工程ごとに応じた性能が求められる。中でも、特に重要な性能としては、スクリーン印刷工程における印刷性能、部品マウント工程における部品保持力、リフロー加熱工程におけるダレ抑制、はんだ付け性が挙げられる。

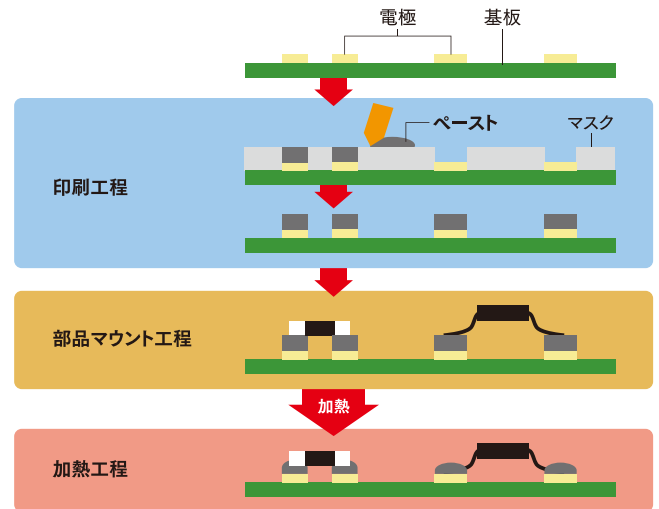


図1 溶ダペーストの使用工程

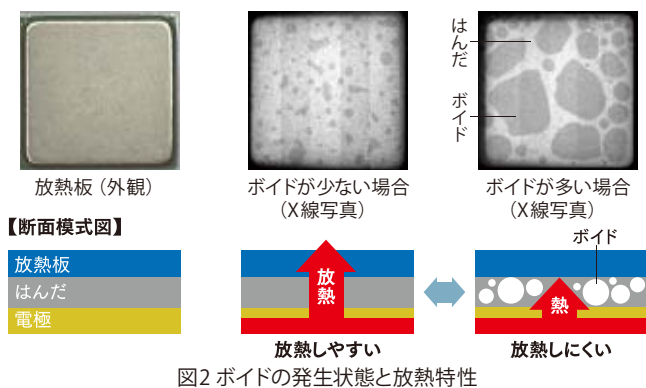
4 パワーデバイス実装に求められる性能

ECU製造において多く使用されるパワーデバイス部品の実装において、溶ダペーストに求められる性能として、次の3つが重要である。

- ①フラックス残渣の洗浄性確保
 - ②電極の材質にかかわらず少ないボイド発生量を確保
 - ③飛散発生量をSnPbはんだ並みに低減
- ①高い信頼性が求められるパワーデバイス実装において、

実装後に残るフラックス残渣の溶剤洗浄性が求められる。これは、実装後のフラックス残渣にゴミが付着することによる誤作動を防止し、水が付着することによる腐食劣化を防止するためである。

②また、パワーデバイス実装では、一般的にはんだ付け面積が広い部品が使用されることが多い。これは、パワーデバイス部品の稼働中の発熱による誤作動を防止するためであり、設置基板などに効率的に熱伝導し放熱させることが求められるためである。稼働による発熱を基板に吸収させる放熱特性を確保するため、はんだ付け部分はボイド（空隙）が少ないことが求められている（図2）。これは、はんだ接合部にボイドがあると、熱伝導率が低下し、放熱特性が低下するためである。使用する電子基板上の電極の材質によってもボイドの発生状態は異なる。パワーデバイス接合の信頼性を上げるために使用される銀電極では、従来の銅電極と比較し接合性を向上できる反面、ボイドが発生しやすく、十分な放熱特性を得られないという問題点があった。



③さらに、リフロー加熱時にフラックス組成中の溶剤の揮発や、金属との反応で生成した水が突沸することで起こるフラックス（はんだ粒子）飛散の抑制が求められる。飛散したフラックス（はんだ粒子）が、他の部品接合部やコネクタ部分に接着することによる誤作動を防止するためである。鉛フリーはんだでは一般的に飛散発生量が多い傾向がある。これは、従来の鉛含有はんだからぬれ特性が悪い鉛フリーはんだに移行した際に、十分なぬれ性を確保するために活性剤を多く添加する必要があり、結果として飛散の発生量が増加してしまうという問題点が生じたからだ。

これらの問題を改善した、パワーデバイス実装用に開発した鉛フリー溶ダペースト「PS31BR-600A-VHICS」について報告する。

5 洗浄性の確保

パワーデバイス向けの溶ダペーストの開発にあたり、

大前提として、フラックス残渣が洗浄可能であることが挙げられる。このため、開発にあたりまず洗浄性に優れた材料の選定を行った。

フラックス残渣の洗浄は、大まかに、洗浄工程、リンス工程、乾燥工程に分かれており、洗浄溶剤による洗浄、濯ぎ、乾燥という流れで行われる。

洗浄工程で使用される洗浄溶剤は、一般的には、ハイドロフルオロエーテル系溶剤や、グリコールエーテル系溶剤などが使われている。

こういった洗浄溶剤に対して十分な洗浄性を確保するために、われわれは実際にユーザーである車載関連メーカーで使用されている洗浄溶剤を数種類入手し、それらすべてにおいて良好な溶解性を持つ材料を調査することから始めた。特にその検討の中で、フラックスのベースであり、成分の半分近くの比率を占めるロジンでは、その添加量の多さからも分かるように、洗浄性に大きな影響をおよぼす可能性があることが示唆された。そのため、熱などによる酸化劣化なども考慮した洗浄性の確認試験を行い、洗浄条件なども十分に精査して選定を行った。その結果、不均斉化ロジンや、水素添加ロジンなどの加熱時に酸化劣化しない安定化ロジンが洗浄性に優れていることが確認された。

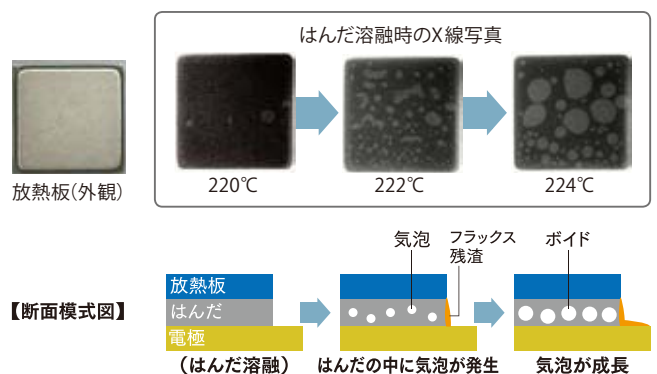
このように選定された洗浄性に優れた材料を用い、後述するボイドの改善検討と、飛散の改善検討を実施した。

6 ボイドの改善

はんだ中に発生した気泡は、加熱中に徐々に大きく成長し、たとえば、ボイドの出やすい銀電極では酷いものでは電極の半分以上の面積を占めることもある。パワーデバイス実装では、動作時の発熱を緩和するために、ボイドの発生をなるべく小さくして、基板への放熱特性を確保する必要がある。

ボイドの発生要因はいくつかの複合要因ではあるものの、特に溶剤の揮発や、金属との反応時に生成された水が、はんだ接合部中に気泡として残存することが大きな要因として挙げられる（図3）。

このことから、ボイドの発生を改善するためには、気泡



の発生量の低減と、成長の抑制（分散）の2つが有効な手段と考えられ、それぞれについて検討を行った。

ひとつ目の気泡の発生抑制については、溶剤の揮発の抑制と、反応による水の生成の低減の2つを行った。

まず溶剤の揮発の抑制については、はんだの融点（220℃）よりも低い温度で揮発する溶剤を使うと、はんだが溶融した際にはんだの中に気泡が多く発生してしまうことが容易に想像できる。そのため、はんだの融点よりも十分に高い沸点を持つ溶剤を選定することで、気泡の発生を低減し改善を行った（図4）。

また、水の生成の低減については、式1で示されるように、酸化した金属表面を還元し清浄化する際に発生するため、活性剤を減らす方法と、金属酸化を抑制する方法の2つを検討した。

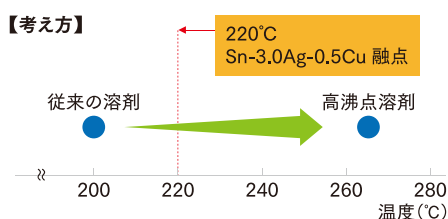
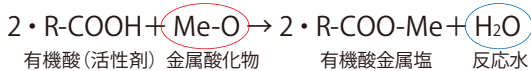


図4 溶剤の高沸点化



式1 有機酸の反応による水の生成

活性剤を減らす方法については、調査の結果、各種電極の材質によって、有効な活性温度があることが分かり、それらに対して有効に働く活性剤を組み合わせることで、必要最低限の添加量に抑えることが可能となった（図5）。

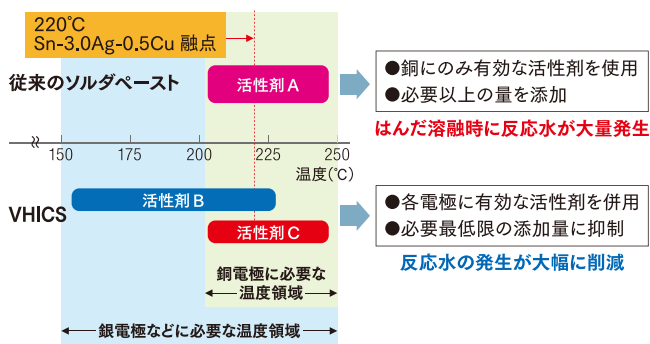


図5 活性剤の作用温度と反応水の抑制

金属酸化を抑制する方法については、リフロー加熱工程における金属の酸化防止、および、活性剤により還元された後の清浄化された金属が再び酸化することを防ぐことが重要と考えられ、各種の酸化防止剤を精査した結果、特にジアゾール系の酸化防止剤が有効であることが判明した。

以上の検討から、この溶剤の高沸点化と、水の生成の抑制の2つを組み合わせることで、はんだ中に発生する気泡の量を大幅に減らすことが可能であることが分かった。

2つ目の気泡の成長の抑制（分散）については、調査の

結果、気泡が成長する前に分散させてフラックス内に取り込むような最適な界面活性を持つ溶剤の併用が有効であることが分かり、これにより、気泡を成長させずにフラックスと一緒にはんだの外に排出させるようにすることができるようになった。

7 飛散の改善

飛散の発生は、ボイドと同様に気泡の発生と成長に大きく影響を受けており、その気泡がはんだの外部に放出される際に、フラックスやはんだの粒子が吹き飛ばされることで飛散が生じる（図6）。

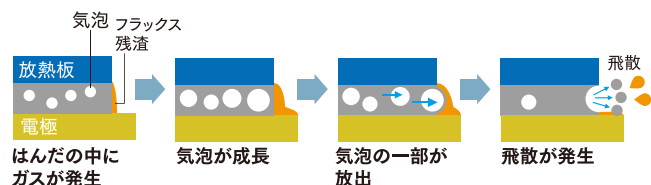
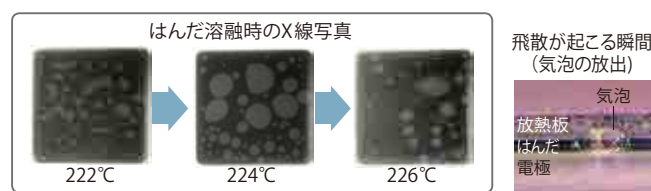


図6 飛散の発生要因（気泡の放出）

そのため、ボイドと同様の方法で飛散も改善することが可能となるが、それでも使用環境や、リフロー加熱工程における温度条件によっては、ある程度の気泡が発生・放出されてしまうことが分かり、完全な飛散抑制ができていなかった。

そこで、われわれはこれを改善するために、フラックスの多くの割合を占めておりベースとなっているロジンに着目した。

従来のソルダペーストに処方されているロジンは、不均化精製ロジンを使用していたが、調査の結果、はんだ溶融温度付近のような高温では、ほとんど粘りのない液体になっていることが分かり、はんだ金属とフラックスが分離しやすい状態になっていることが分かった。

これを解決するために、粘りの出やすい変性ロジンを併用したところ、フラックスに適度な粘りを付与することができ、これにより、ソルダペースト中の凝集力が向上され、フラックスやはんだ粉が吹き飛ばされにくくなり、また、たとえ吹き飛ばされたとしても、フラックス残渣自体に飛散を抑え込むような抵抗力があるため、フラックス残渣内部に飛散をトラップすることができるようになった。

以上のような検討から、最適なロジンを選定し組み合わせることで、従来よりも飛散しにくく、なおかつ、たとえ飛散してもフラックス残渣内にとどめることで、周囲の部品に悪影響をおよぼさないようにすることが可能となった。

改良品の設定と性能確認

前述のような改善検討の結果、新規の洗浄型鉛フリーソルダペーストとして、「PS31BR-600A-VHICS」を設定することができた。

以下に、その性能確認の結果を報告する（表1）。

表1 性能確認結果のまとめ

	確認項目		従来のソルダペースト	新規設定品 VHICS	要求性能
今回の検討内容	洗浄性 グリコールエーテル/70℃ 20分浸漬		洗浄残りなし	洗浄残りなし	洗浄残りなし
	ポイド面積率 放熱板搭載部 (7x7mm)	銅電極 銀電極	20% 53%	5% 9%	30%以下 30%以下
	飛散発生数 100μm塗布 (7x7mm)		40個	16個	20個以下
その他一般性能	印刷性(体積率) 体積率(%)=実測体積/理論体積 25℃ 50%環境下/0~12時間後	初期 12時間後	96% 87% (Min=54%)	97% 95%	12時間後でも80%以上
	粘着力 JISZ-3284に準拠 25℃ 50%環境下/0~12時間後	初期 12時間後	1.5N 0.4N	1.5N 1.8N	12時間後でも1N以上
	はんだ付け性(ぬれ広がり率) JISZ-3284に準拠 25℃ 50%環境下/12時間後	銅電極 銀電極	83% 98%	91% 100%	80%以上 80%以上
	電氣的信頼性(絶縁抵抗) 電極幅=0.1mm/電圧=600V/mm 85℃ 85%環境下/1,000時間経過後	洗浄あり 洗浄なし	2×10 ¹² Ω 9×10 ¹² Ω	7×10 ¹¹ Ω 8×10 ¹² Ω	1×10 ⁹ Ω以上 1×10 ⁹ Ω以上

①洗浄性の確認

実際にユーザーである車載関連メーカーで使われている溶剤で洗浄したが、フラックス残渣は綺麗に洗浄されており、問題ないことが確認された。

②ポイドの評価結果

ポイドの発生状態は図7で示したように、銅電極、銀電極ともに良好な結果を示し、電極の種類にかかわらず少ないことが確認された。

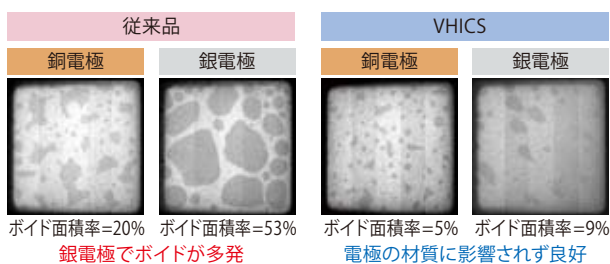


図7 ポイドの発生状態の比較

③飛散の評価結果

飛散発生数は図8で示したように、SnPbのソルダペーストと同等レベルまで低減していることが確認された。

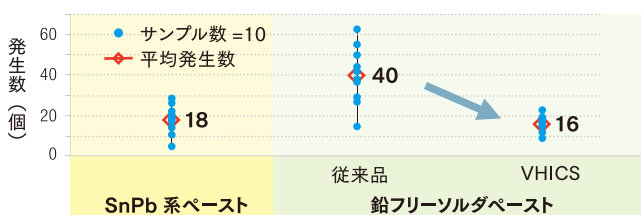


図8 飛散発生数の比較

④印刷性の確認

ソルダペーストに求められる重要な性能のひとつである印刷性について確認を実施。

連続12時間までの印刷体積を確認したが、図9に示した通り、12時間後も初期と比べて大きな変化はなく、問題なく印刷できることが確認された。

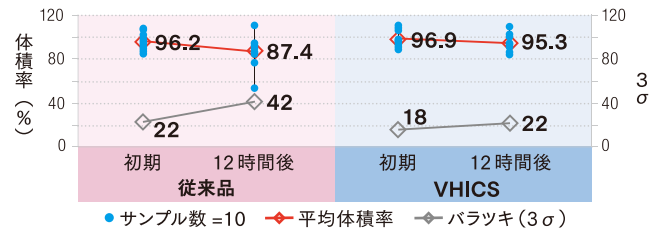


図9 印刷体積率の比較

⑤粘着力の確認

ソルダペーストに求められる性能のひとつである部品保持力について確認を実施。

印刷性と同様に、連続12時間までの粘着性の変化を確認したが、12時間後も最低限必要な粘着力である1Nを上回っており、問題ないことが確認された。

⑥はんだ付け性の確認

ソルダペーストに求められる性能のひとつであるはんだ付け性について確認を実施。

電極へのぬれ広がり率を確認したが、銅電極、銀電極ともに良好なぬれ性を確保していることが確認された。

⑦電氣的信頼性

パワーデバイス実装では高電圧をかけることもあるため、特に高い電氣的信頼性が求められており、仮にフラックス残渣の洗浄不足があったとしてもショートしないような材料設計を行った。

今回の改善品は、フラックス残渣を洗浄後はもちろんのこと、洗浄していなくても高い絶縁抵抗値を確保しており、問題ないことが確認された。

9

おわりに

パワーデバイス実装向けの新規の洗浄型鉛フリーソルダペーストとして、洗浄性に優れ、かつ、ポイドや飛散が良好なソルダペースト「PS31BR-600A-VHICS」を設定することができた。

今回設定したVHICSは、パワーデバイス向けで開発したが、それ以外の車載関連向けのソルダペーストについても、今後、ますます高い信頼性、要求性能を満たす製品開発が求められてくると考えられる。当社ではそういったユーザーの要望に対して迅速に応えることができるように、さらなる技術力の底上げを図り、よりよい製品を提供できるように鋭意努力していく。