

ギ酸還元はんだ付けと真空，加圧リフローの効果

長谷川 将司，高橋 政典，佐藤 豪祐

近年、パワーエレクトロニクスの進展やLEDの多方面での利用に伴い、高温域の試験が増加している。このため高温耐久性や使用温度範囲拡大による疲労破壊などの故障増加が懸念される。当社では、これら需要の高まる試験を実施するため「高温加熱」「減圧」「加圧」「還元ガス」「不活性ガス」に対応する加熱装置を導入した。本稿ではギ酸を用いたフラックスレスはんだ付けの試験結果に加え、真空，加圧下でのボイド調査の一部を紹介する。

1. ギ酸還元

ギ酸還元によるはんだ付けは比較的新しい工法で、注目されるようになってきた。最近では専用のソルダーペーストと組み合わせ、低残渣，ボイドフリーを特徴とする工法も提案されている。

① 試験方法

酸化程度を離れた銅板にはんだペレットを搭載し、ギ酸還元リフローした後のはんだ付け状態を接触角で評価した。

- ・はんだペレット：Sn3Ag0.5Cu、Φ4.2mm，厚 250 μm

加熱時間(分)	算出膜厚(nm)
0(未加熱)	1.1
1	1.2
5	7.3
10	10.7
30	13.6

* 加熱温度150°C

図1 加熱銅板のSERA法による算出膜厚

② 試験装置

試験装置については後半で詳細を説明する。

- ・加熱装置：高温，真空，加圧，還元 加熱装置：VSU-2823P（シンアペックス社）
- ・酸化膜測定：SERA法（Sequential Electrochemical Reduction Analysis）連続電気化学還元法（サーマプレシジョン社）

③ 試験結果

酸化膜厚の異なる銅板を5種類作成した。ハルセル銅板を約2cm角に切断した試験片を

使用し、150°Cで1分、5分、10分、30分加熱したものと未加熱を準備した。図1に銅板の酸化膜厚を示す。

初めに SERA 法（連続電気化学還元法）で銅板の酸化膜厚を測定した。この方法は酸化物を電気化学的に還元し、その還元時間から膜厚を算出する手法である。

一段目の電位滞留部を Cu_2O の還元とし、膜厚の算出結果を図1に、測定チャートを図2に示す。加熱時間が長くなるにつれて酸化膜が厚くなっていることがわかる。これらの銅板を用いてギ酸還元リフローを行った。図3の実線にリフロープロファイル、破線に炉内の圧力を示す。リフロー中の銅板の酸化を防ぐため、リフローは窒素雰囲気下で行っている。また、ギ酸は予備加熱時に流入し、本加熱終了時に取り除いた。

リフロー後のはんだ外観を図4,5に示す。上面からの観察で銅板加熱時間が長いほど、はんだ付け面積が小さくなっていることがわかる。側面観察では銅板酸化時間0,1分が滑らかな形状であるのに対し、5,10分はいびつなはんだ形状になっている。

なお、150°Cで30分加熱した銅板でははんだが接合しなかった。側面写真から接触角を測定した結果を図6に示す。銅板酸化時間が長くなるに従い接触角の増大が確認できた。

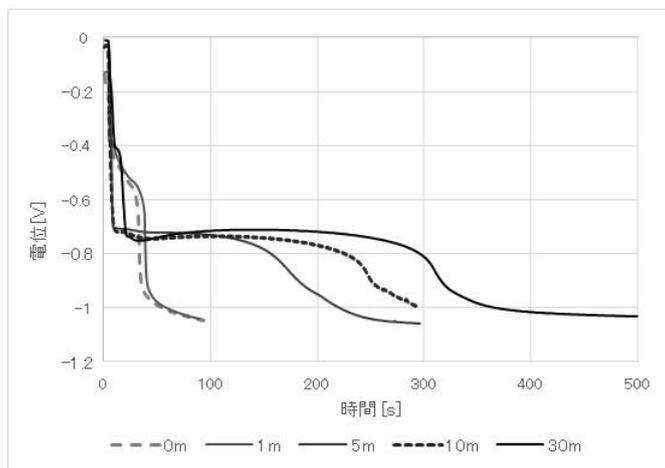


図2 加熱銅板の SERA 法測定結果

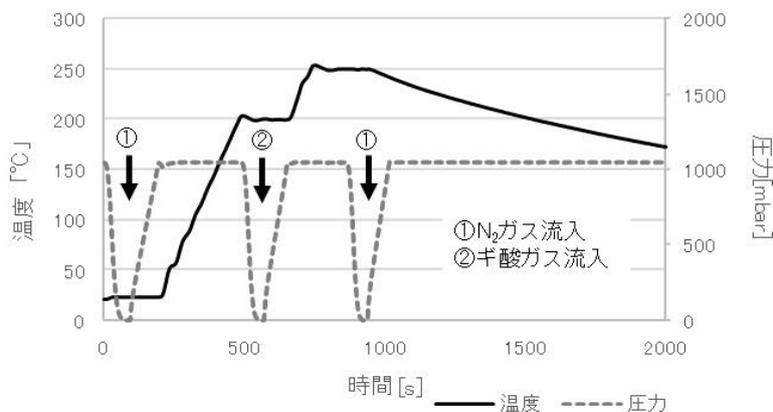
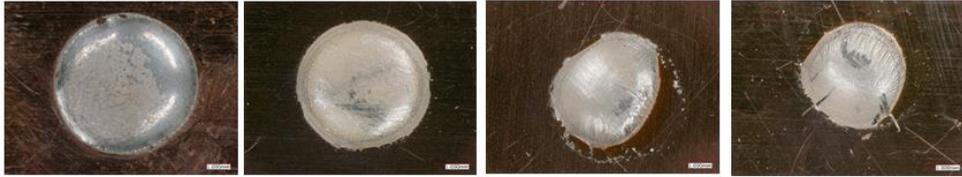


図3 リフロープロファイル（黒色実線）と圧力（灰色破線）

はんだペレット搭載状態



リフロー後



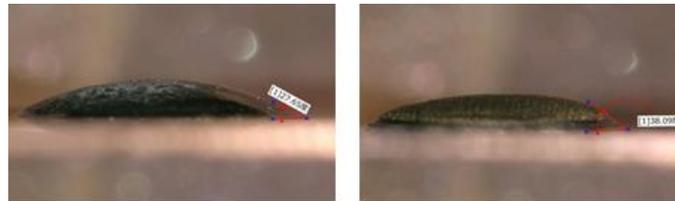
銅板酸化時間0分

1分

5分

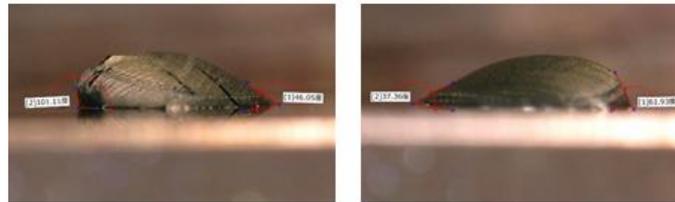
10分

図4 リフロー後のはんだ外観(上面)



銅板酸化時間0分

1分



5分

10分

図5 リフロー後のはんだ外観(側面)

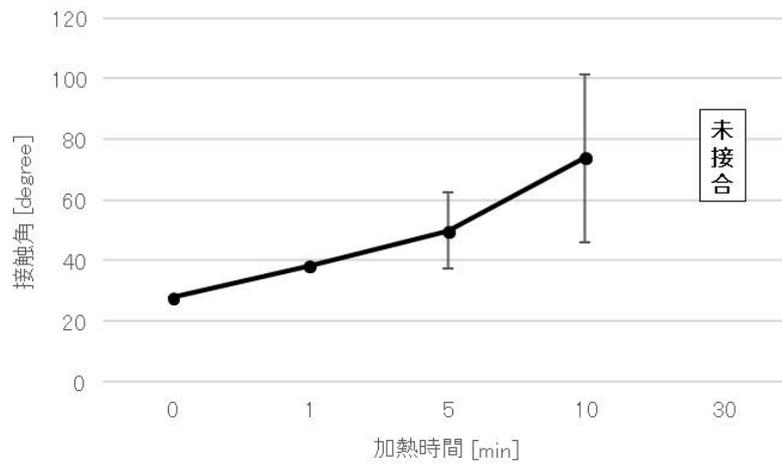


図6 銅板加熱時間による接触角の変化

今回のギ酸還元条件では酸化膜が完全に除去しきれていない部分があるため、はんだのぬれが悪くなったと考えられる。十分にはんだ付けできた未加熱と 1 分加熱した銅板に関しては酸化膜厚がそれぞれ 1.1nm と 1.2nm であり、おおよそ自然酸化に近い膜厚のときのみギ酸還元ではんだ付けが出来る。

はんだ未着となった 30 分加熱銅板のリフロー後を観察すると、全体の色は未加熱銅板と大差なく、薄茶色の酸化膜がない銅色を呈している。(図 7) 30 分の写真上下 (リフロー前後) で比較すると色の違いは明白で、ギ酸還元により酸化膜が除去されたと推察される。ただし、はんだペレットが搭載された箇所はリング状に色の濃い部分が残っている。全体が還元されているのだから、酸化膜が厚くてもギ酸還元で接合できる可能性があるとも考えられるが、はんだの搭載方法や加熱、還元条件設定の難しさも予想された。

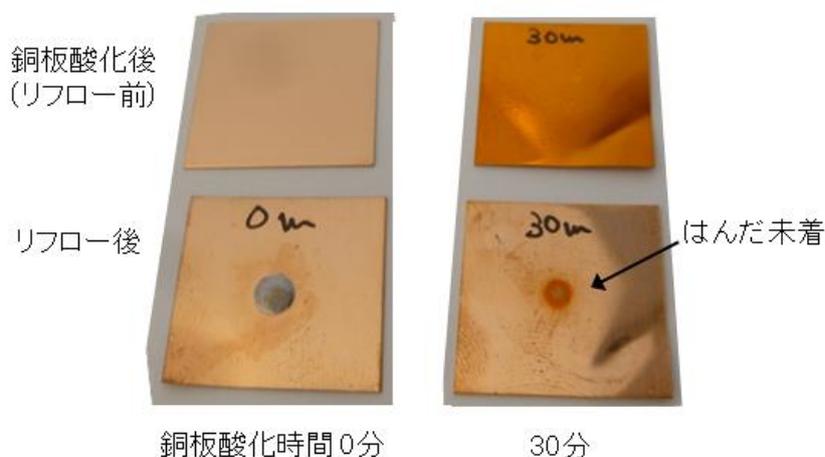
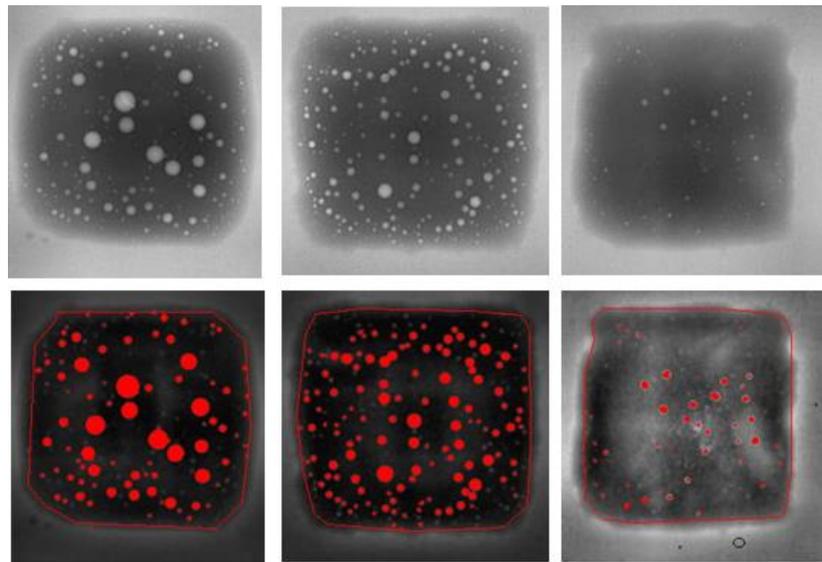


図 7 銅板酸化時間の比較

2. 真空、加圧リフローによるはんだボイド

銅板にマスク厚 $150\mu\text{m}$ 、 1.5mm 開口でソルダーペーストを印刷。その後「標準大気」「加圧」「真空」の条件でリフローしボイド発生状態を比較した。X線透視によるはんだボイド観察写真を図 8 に、画像解析により計測したボイド面積と個数のヒストグラムを図 9 に示す。なお、X線観察はエクスロン社製 cheetah を、画像解析ソフトは西華デジタルイメージ社製 Scandium を用いた。

図 8 下段の写真赤枠を母数にボイド率を算出した結果、標準リフローと加圧のボイド率は、各々 10.2%、9.0% で大差はない。図 9 より加圧することで 0.0075mm^2 以上の大径ボイドが減少し 0.0075mm^2 までの細かなボイドが増加していることがわかる。真空リフローでは発生数も少なく (ボイド率 1.4%) 大径ボイドは観察されなかった。真空リフローは予想された結果ではあったが、今回は部品を搭載していないので、引き続きこの確認をすすめている。



標準大気リフロー

加圧リフロー

真空リフロー

下段は画像解析ソフト Scandium によるボイド面積測定

図 8 X線観察によるボイド状態比較

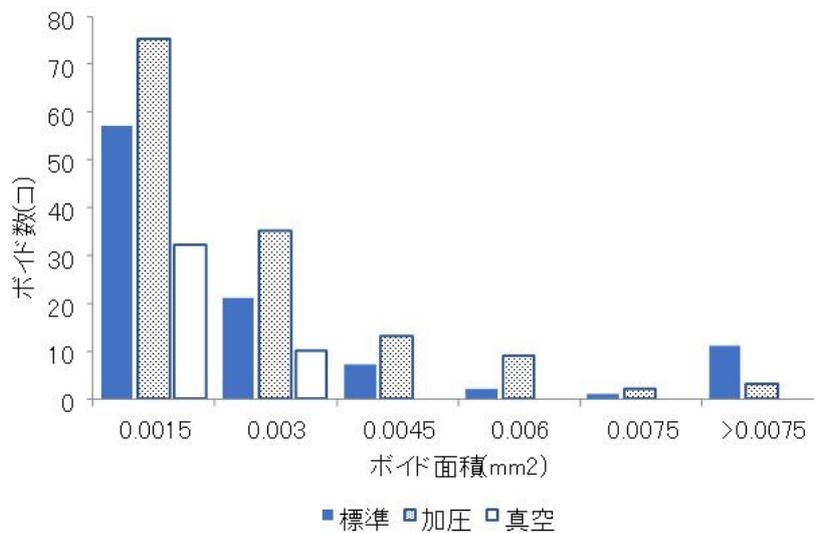


図 9 リフロー方式によるボイド発生数の違い

3. 使用装置

①酸化膜測定

酸化膜の測定はSERA法（連続電気化学還元法）で行った。（図 10）一般的に使用されるAES（オージェ電子分光法）、XPS（X線光電子分光分析）は、測定時間が長く、多数の試料を測定するのには向かない。一方、SERA法は、試験片形状、寸法の制約、価数

の切り分けなどに問題もあるが、簡易な方法で価格も安く多数の試料測定には適している。最適条件の検討、n 増し 等で多数の測定をしたい場合は有効な試験方法と考えている。

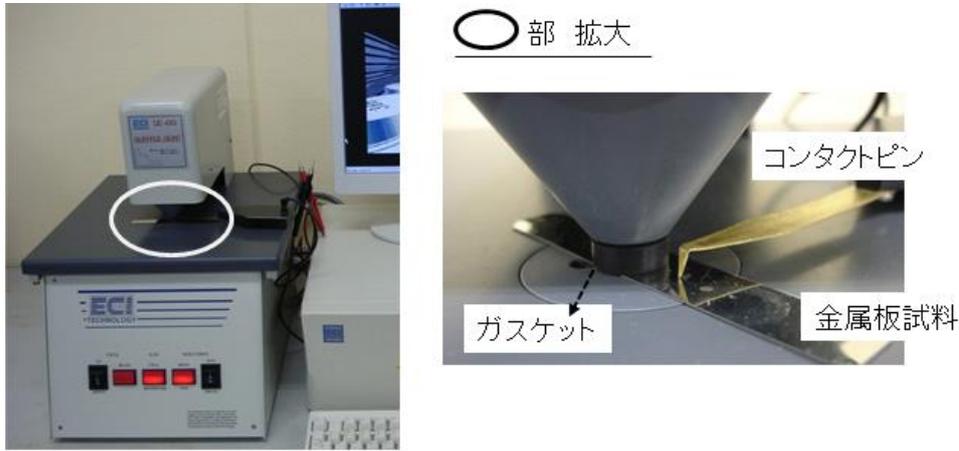


図 10 SERA 法(連続電気化学還元法)

②リフロー装置

本稿で使用した還元，減圧，加圧に対応した加熱装置の外観と手持ちの他加熱炉の比較を図 11 に示す。一般的な部品実装の再現では 8 ゾーンの搬送型を、部品の品質評価で見かける極端な昇温速度を要求されるような場合は、通常バッチ式など試験内容や用途により使い分けている。なお 本装置は接合，接着だけではなく「高温加熱」「真空」「還元」「減圧」などの試験品の前処理に用いられる場合もある。

引き続き、「高温」「ガス還元」「真空」「加圧」が要求される試験に対応するとともに、当社の開発、再現試験、メカニズム解析にこれらの装置を活用し新たな知見を蓄積していきたい。

- 各種条件での加熱可能
 - ・高温: 室温~650°C
 - ・還元: 干酸および 水素 還元
 - ・減圧: 5mbar~大気圧
 - ・加圧: 大気圧~4bar

リフロー (加熱) 装置外観

■所有リフロー装置比較

	バッチ式 RDT-250C	8ゾーン搬送型 SNR-825	バッチ式 減圧・還元対応 VSU-2823p
最高温度	320°C	280°C	650°C
温度分布	△	◎	△
N ₂ 対応	当社仕様は不可	○	○
還元ガス対応	不可	不可	○ (干酸 / 水素)
減圧対応	不可	不可	○ 5mbar~大気
加圧対応	不可	不可	○ 大気圧~4bar
プロファイル 自由度	○	△ 搬送速度依存	◎
加熱方式	熱風+赤外	熱風+赤外	赤外



シンアパックス製: VSU-2823p

図 11 加熱炉