2018 OEGセミナー

低銀はんだ実装の信頼性評価サービス
～多様化するはんだ種の接合部評価に向けて～

2018年10月25日

沖エンジニアリング株式会社
システム評価事業部　実装技術グループ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1．電子機器に使用されるはんだについて
2．評価内容の説明
3．評価事例
　3.1　初期状態でのはんだ接合状況比較
　3.2　信頼性試験によるはんだ接合部劣化評価
4．まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

目次

1．電子機器に使用されるはんだについて
2．評価内容の説明
3．評価事例
3.1　初期状態でのはんだ接合状況比較
3.2　信頼性試験によるはんだ接合部劣化評価
4．まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

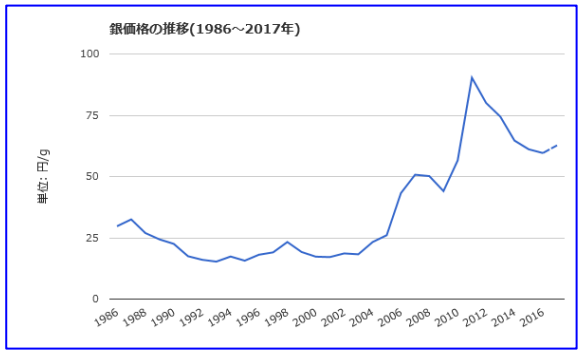
1.1　はじめに

ノートPC、スマートフォン等のモバイル機器、家電製品、自動車の制御機器等には実装基板が組み込まれており、基板と電子部品等を接合するために、主としてはんだが使用される。

2000年以前　Sn-Pb系のはんだ
2000年以降　欧州連合より発令されたWEEE/RoHS指令により
Sn-Ag-Cu系のはんだが主流になる

現在の電子製品などの組み立てに求められる姿勢

- 有害物質を含まない環境対策
- 安定したコストかつコスト抑制を重視したモノづくり



＜出展＞
田中貴金属　貴金属相場情報

Sn-Ag-Cu系はんだ ⇒ 貴金属である銀を使用
銀価格の相場変動がはんだの原材料費に直接反映

価格変動が少なく、低コスト化の要求に応えられる低Agはんだが着目される

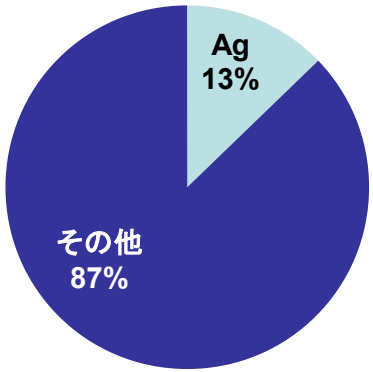
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

参考　はんだペースト価格に占めるAgの割合

それぞれのはんだペースト500gあたりの価格に対し、Ag含有量から
全体に対しAgの占める価格割合を算出。

従来はんだ

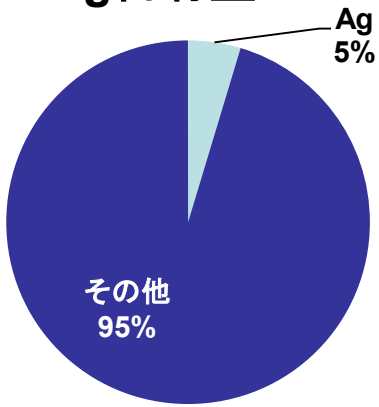
Ag含有量3%



¥6,900

低銀はんだA

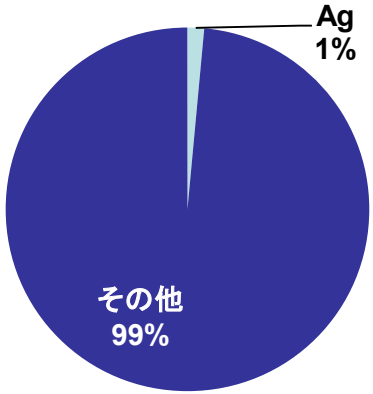
Ag含有量1%



¥6,300

低銀はんだB

Ag含有量0.3%



¥6,000

低銀はんだを使用することにより、Agの価格変動による影響を
小さくすることが可能

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

1.2　低銀はんだの問題点

・融点の上昇
　はんだが完全に溶ける温度が上がるため、リフロープロファイルによってははんだの未溶融が発生する懸念がある

・固相線温度-液相線温度の温度幅
　低銀はんだでは固相線温度-液相線温度の温度幅が増加するため、冷却ムラなどの影響により接合不良が発生する懸念がある

合金	Ag含有量（wt%）	固相線温度*1-液相線温度*2[℃]
従来はんだ	3.0	217-220　（⊿t=3℃）
低銀はんだA	1.0	211-222　（⊿t=11℃）
低銀はんだB	0.3	216-228　（⊿t=12℃）

*1 固相線温度：溶け始めの温度
*2 液相線温度：完全に溶ける温度

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

1.3　低銀はんだのメリット・デメリット

従来のPbフリーはんだ（Ag3.0%）と比較して・・・

メリット

- 低コスト化による優れたコストパフォーマンス
- 銀の価格高騰による材料費変動リスクの低減

デメリット（懸念点）

- はんだ融点上昇にともなうリフロー温度の上昇
- 熱疲労耐性の低下
- はんだ組成変更にともなう接合強度の変化

今回は、信頼性という観点から市場での使用を想定し、
従来はんだと低銀はんだにおける熱疲労耐久性に着目して評価を行った。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

目次

1．電子機器に使用されるはんだについて
2．評価内容の説明
3．評価事例
3.1　初期状態でのはんだ接合状況比較
3.2　信頼性試験によるはんだ接合部劣化評価
4．まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

2.1　評価フロー

評価材料選定

↓

評価基板作製

↓

初期状態確認

・外観観察
・断面観察
・接合強度

↓

温度サイクル試験
-40℃（30min）⇔ 125℃（30min）　1500cyc

↓　↑

試験後状態確認
500cyc,1000cyc,1500cyc

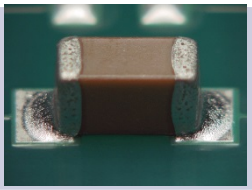
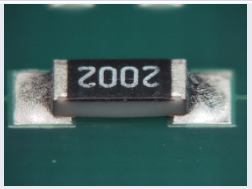
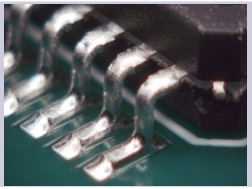
・外観観察
・断面観察
・接合強度

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

2.2　はんだ合金ペースト及び評価部品

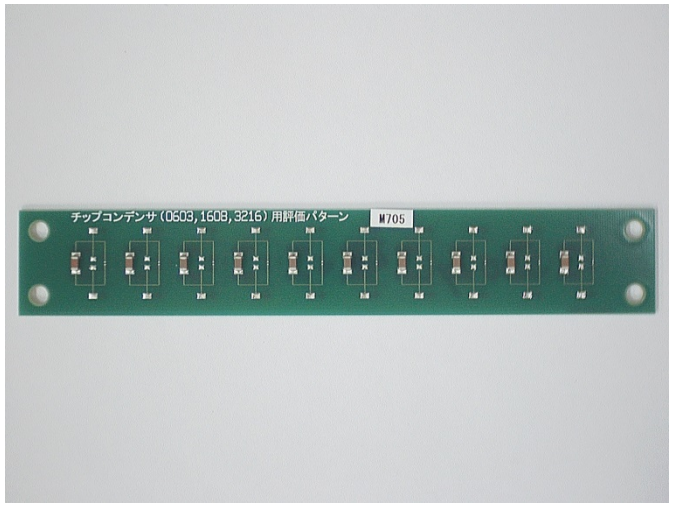
合金	Ag含有量（wt%）	固相線温度*1-液相線温度*2[℃]
従来はんだ	3.0	217-220　（⊿t=3℃）
低銀はんだA	1.0	211-222　（⊿t=11℃）
低銀はんだB	0.3	216-228　（⊿t=12℃）

*1 固相線温度：溶け始めの温度
*2 液相線温度：完全に溶ける温度

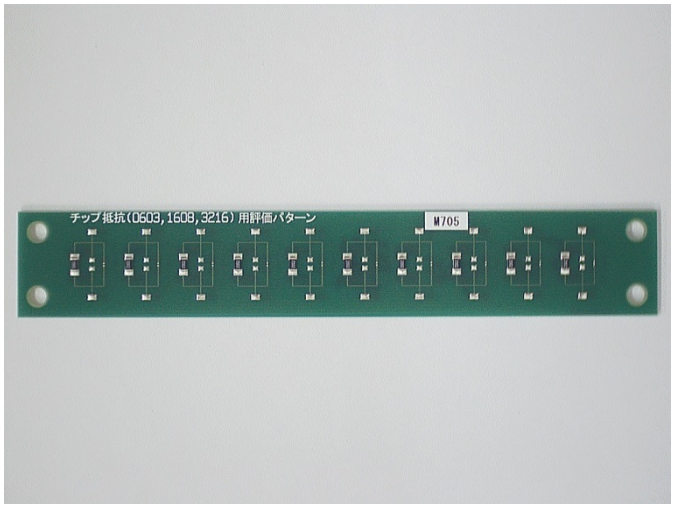
使用部品	サイズ	実装形態	試料外観
チップ コンデンサ	3216 （3.2×1.6mm）	SMD	
チップ抵抗	3216 （3.2×1.6mm）	SMD	
ICパッケージ	QFP（64pin）	SMD	

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

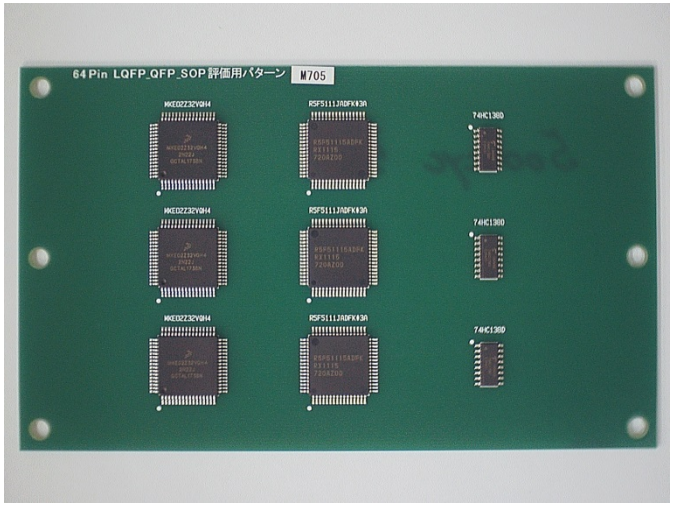
2.3　評価用実装基板



チップコンデンサ実装評価基板



チップ抵抗実装評価基板



QFP評価基板

実装条件	
はんだ印刷厚	100μm
リフロー条件	メーカー推奨条件
基材/厚み	FR-4/1.6mm

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

2.4　温度サイクル試験条件

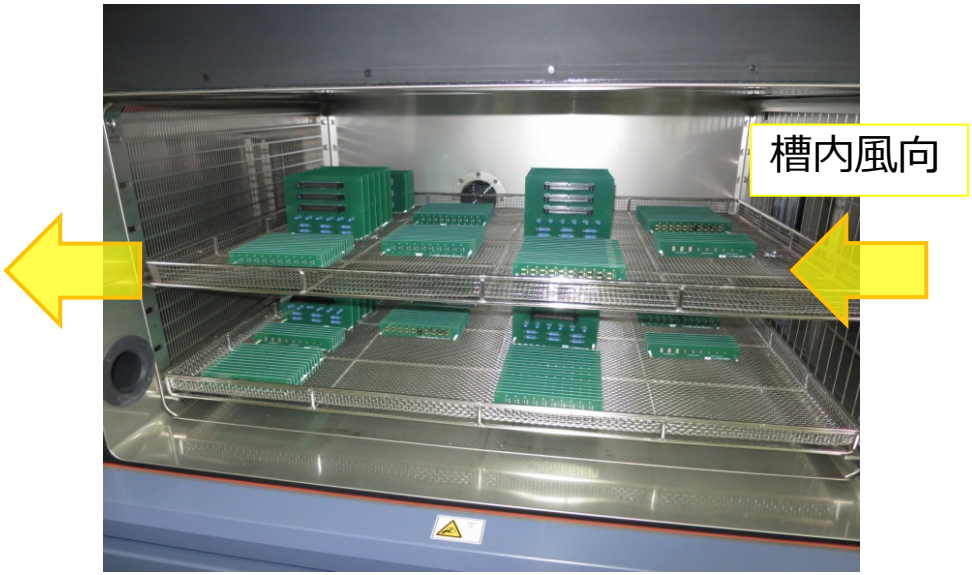
市場では、使用環境及び製品の動作による発熱により、電子部品-基板のはんだ接合部には熱的な応力が繰り返し発生する。はんだ接合部の劣化は主にこの繰り返し応力によりクラックが発生・進行することが原因であり、劣化環境を模擬した環境試験として温度サイクル試験がある。

-40℃（30min）⇔ 125℃（30min）　　移行時間含む

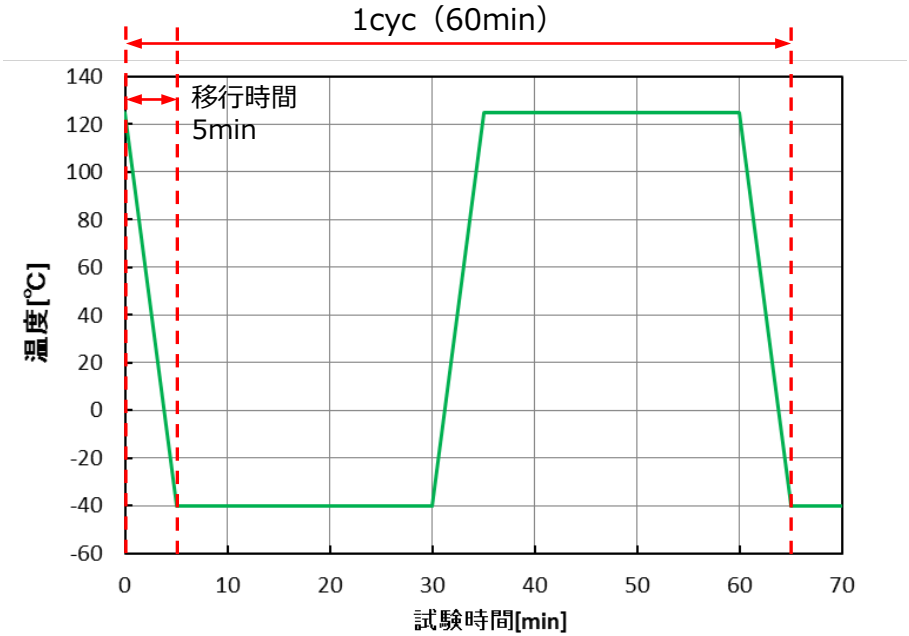
合計1500cyc

評価時点：初期、500cyc、1000cyc、1500cyc

JEITA ET-7409A
表面実装部品又はリード端子部品のはんだ接合部における接合耐久性試験方法 より選定



試料の設置状況



温度サイクル試験条件

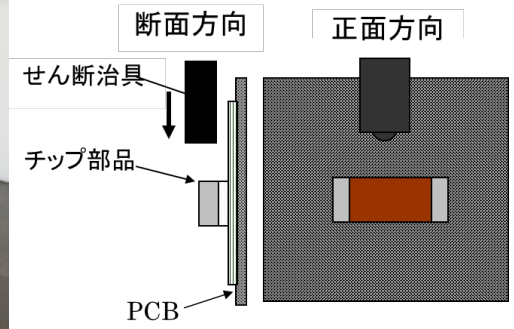
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

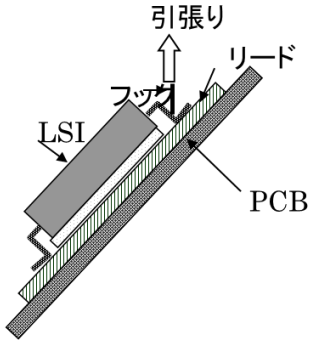
2.5　はんだ接合状態評価方法

はんだ接合状態の評価として、初期及び温度サイクル試験後の各時点において、外観観察、接合強度評価、断面観察を実施する。

- 外観観察・・・はんだ表面状態確認、クラック確認
- 断面観察・・・はんだクラック確認、組成分析
- 接合強度評価・・・せん断強度、45°プル強度、引張り強度

評価時点：初期、500cyc、1000cyc、1500cyc





せん断速度	10mm/min
せん断高さ	部品高さの1/4以下

＜参考＞JIS Z 3198-7

引張り速度	10mm/min
引張り角度	45°

＜参考＞JIS Z 3198-6

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

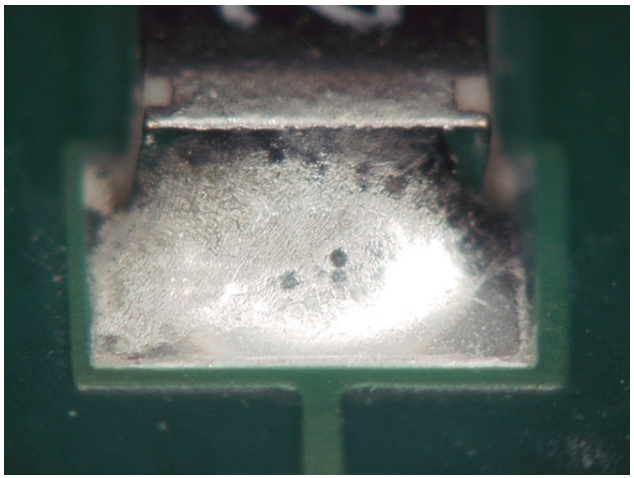
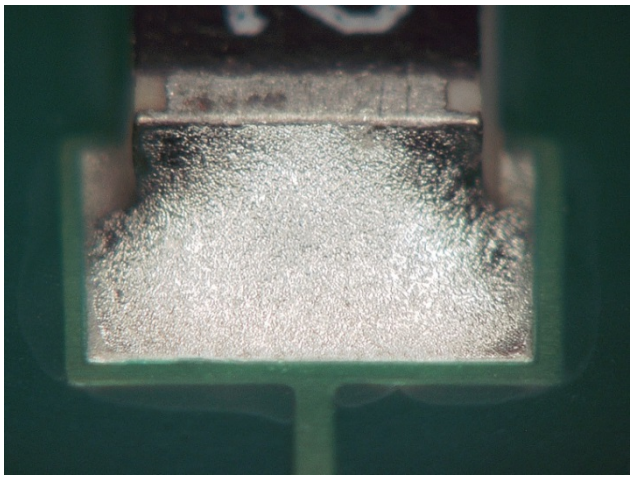
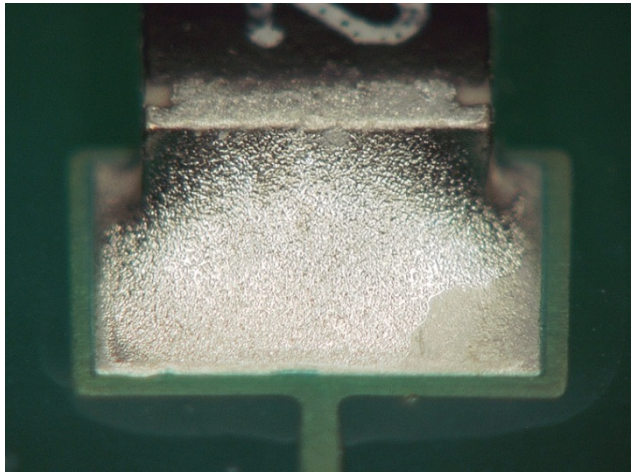
All rights reserved

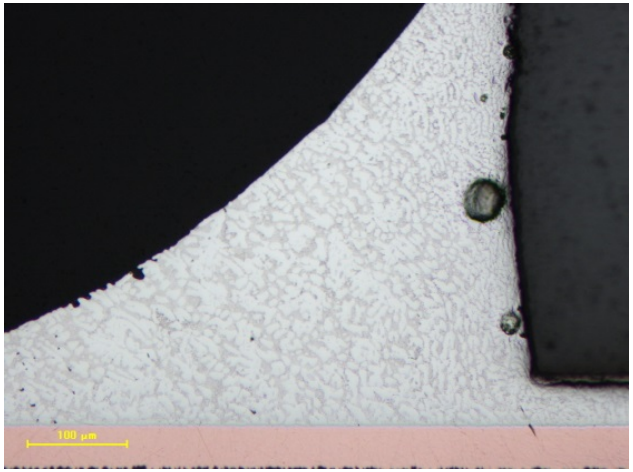
目次

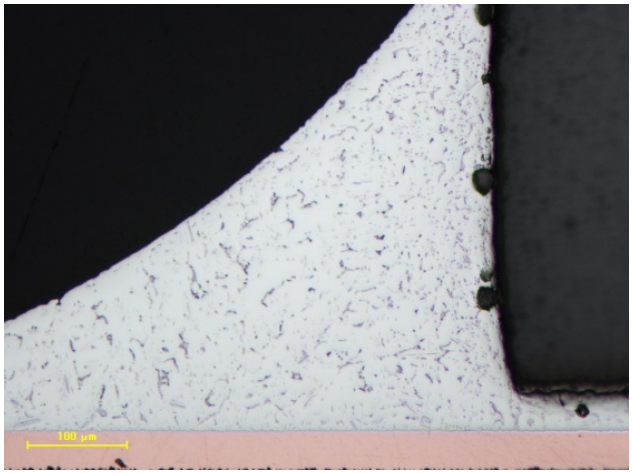
1．電子機器に使用されるはんだについて
2．評価内容の説明
3．評価事例
3.1　初期状態でのはんだ接合状況比較
3.2　信頼性試験によるはんだ接合部劣化評価
4．まとめ

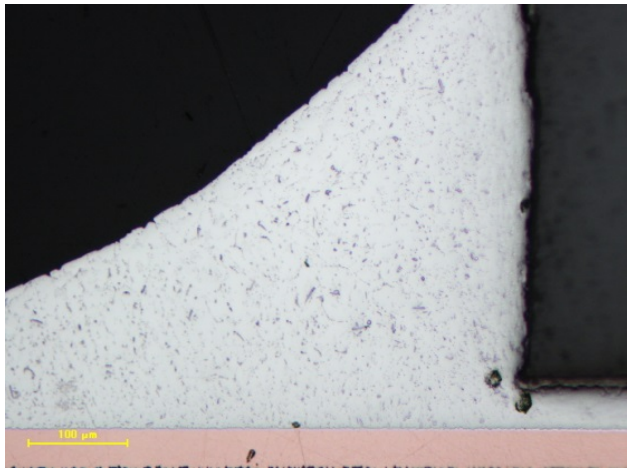
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.1.1　外観及び断面観察結果（初期）





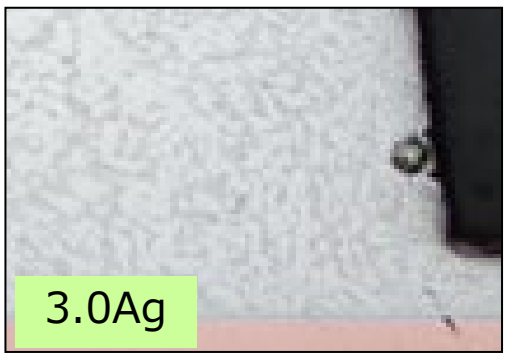


3.0Ag　　1.0Ag　　0.3Ag

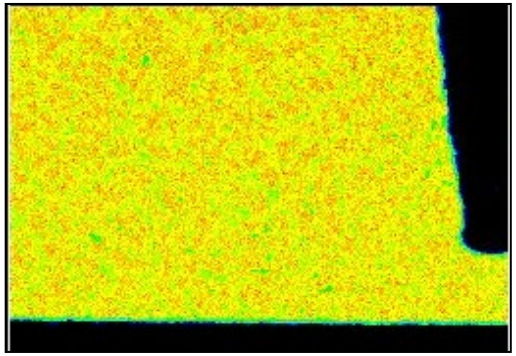
Ag含有量の違いにより、実装後の外観及び断面状況に差異が確認された。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

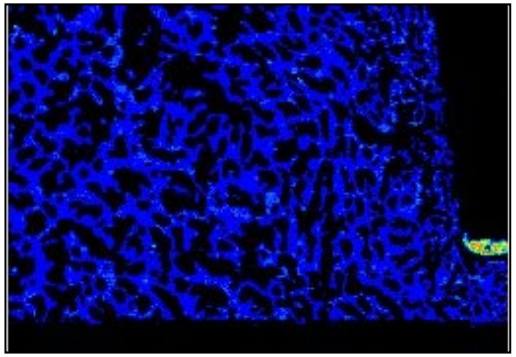
3.1.2　元素分析結果（初期）



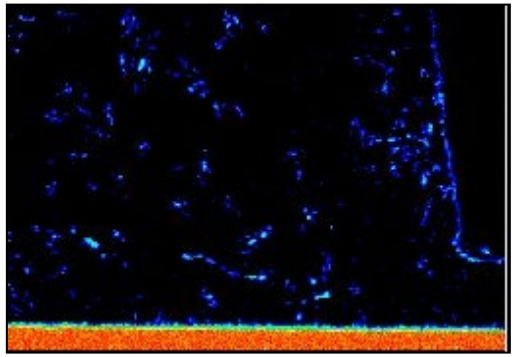
光学顕微鏡像



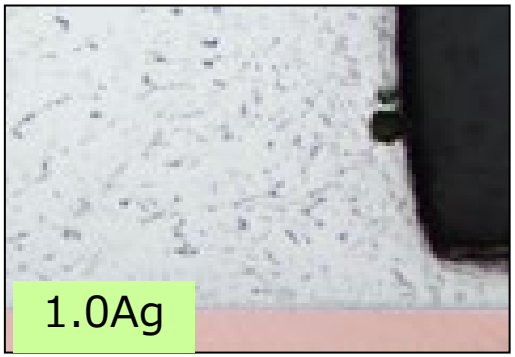
Sn



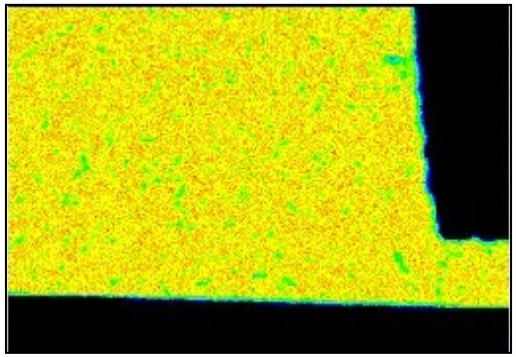
Ag



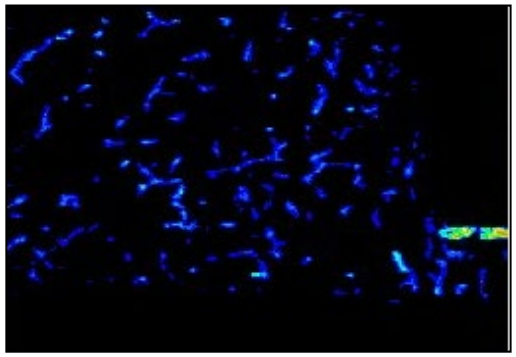
Cu



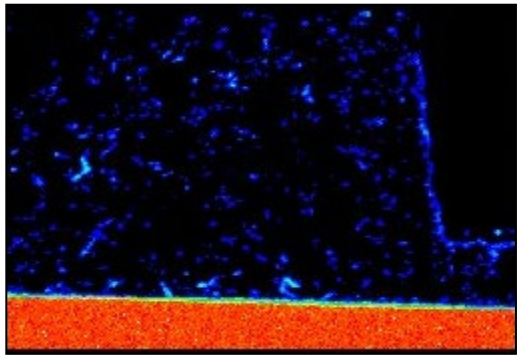
光学顕微鏡像



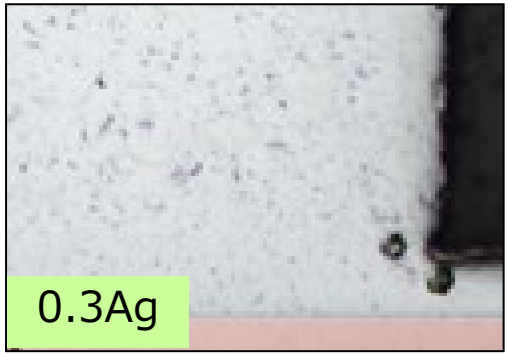
Sn



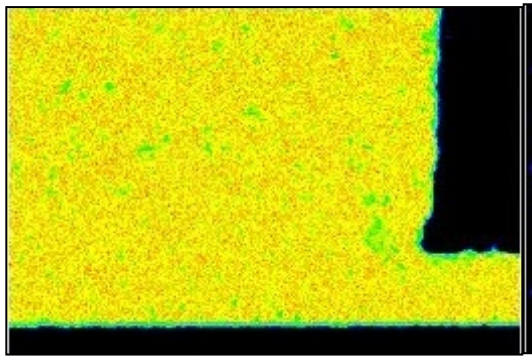
Ag



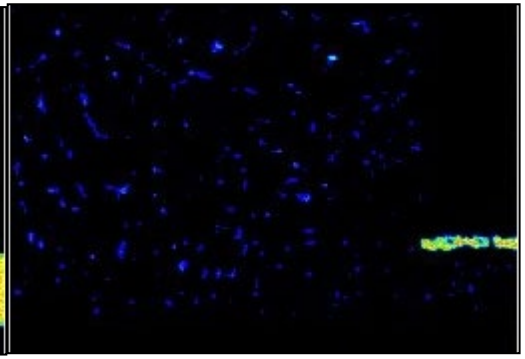
Cu



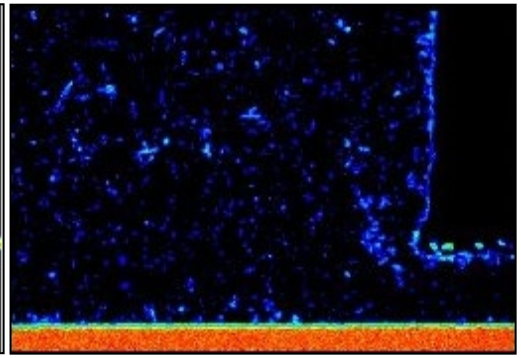
光学顕微鏡像



Sn



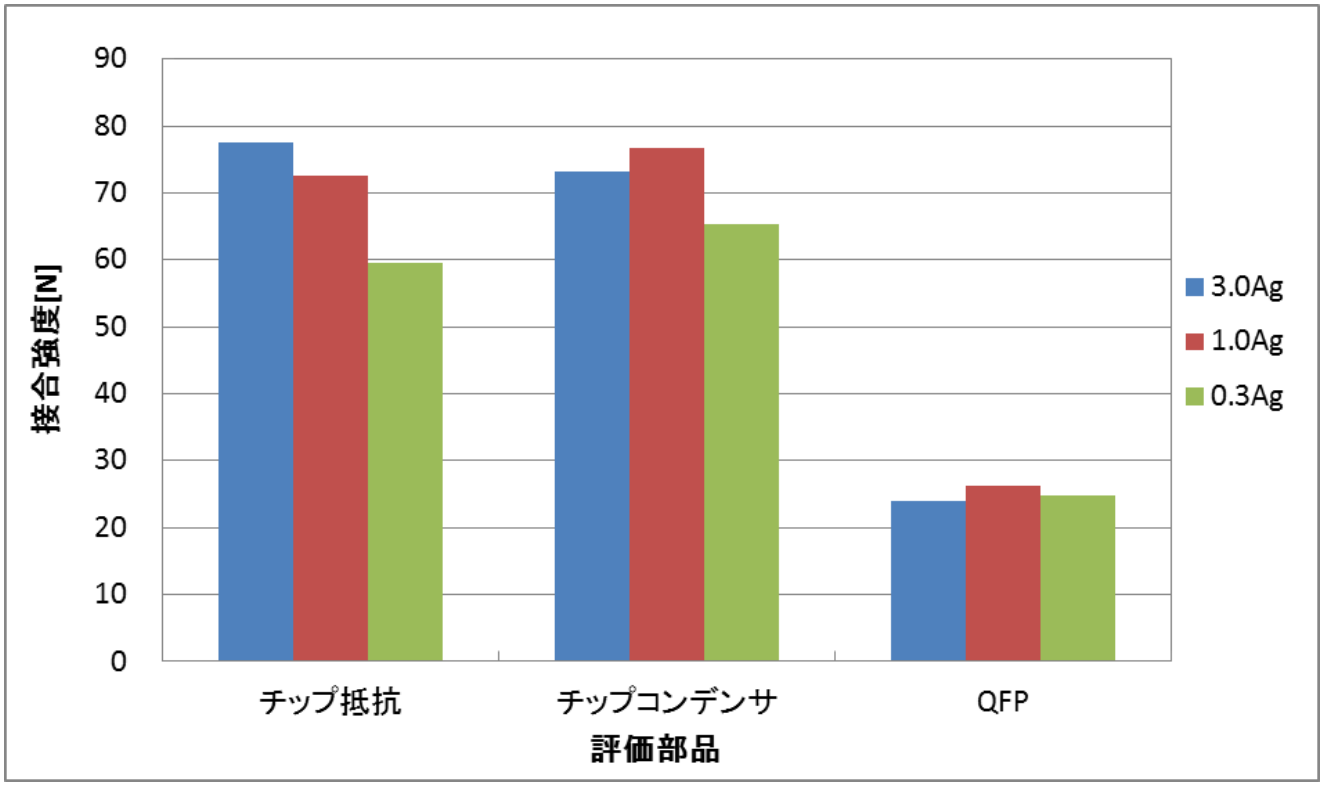
Ag



Cu

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.1.4　はんだ接合強度比較（初期）



部品種により接合強度に変化が確認された。
チップ抵抗、チップコンデンサにおいては
0.3Agの接合強度が少し低めとなっていることが確認された。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

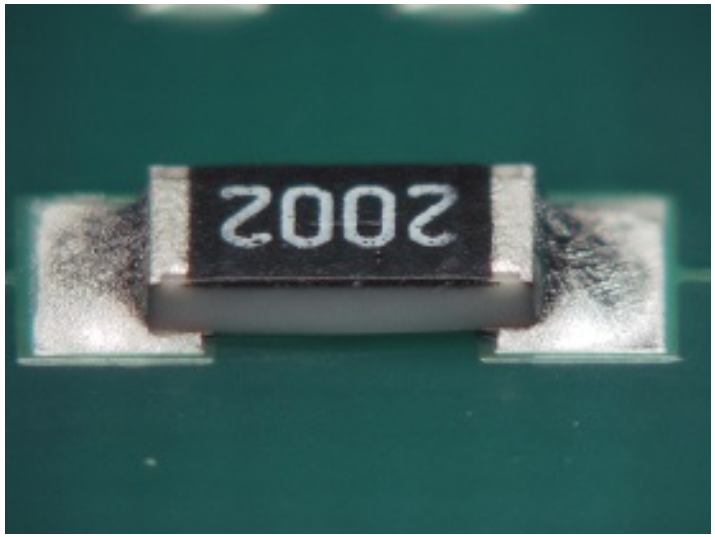
目次

1．電子機器に使用されるはんだについて
2．評価内容の説明
3．評価事例
3.1　初期状態でのはんだ接合状況比較
3.2　信頼性試験によるはんだ接合部劣化評価
4．まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

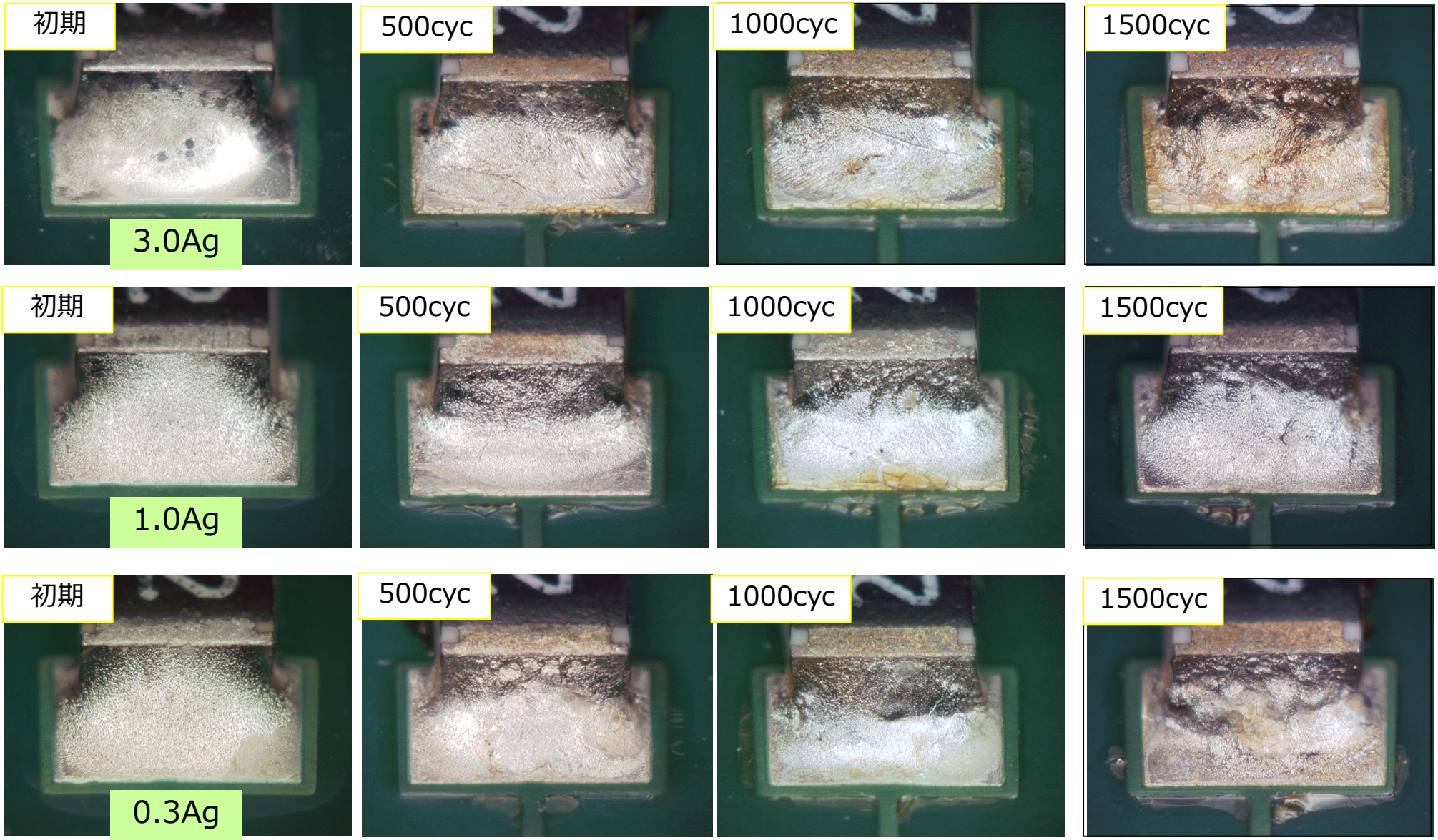
All rights reserved

チップ抵抗3216



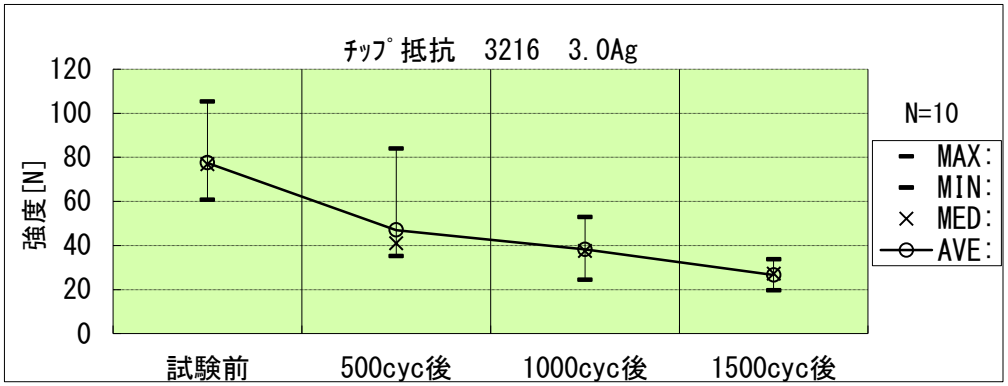
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

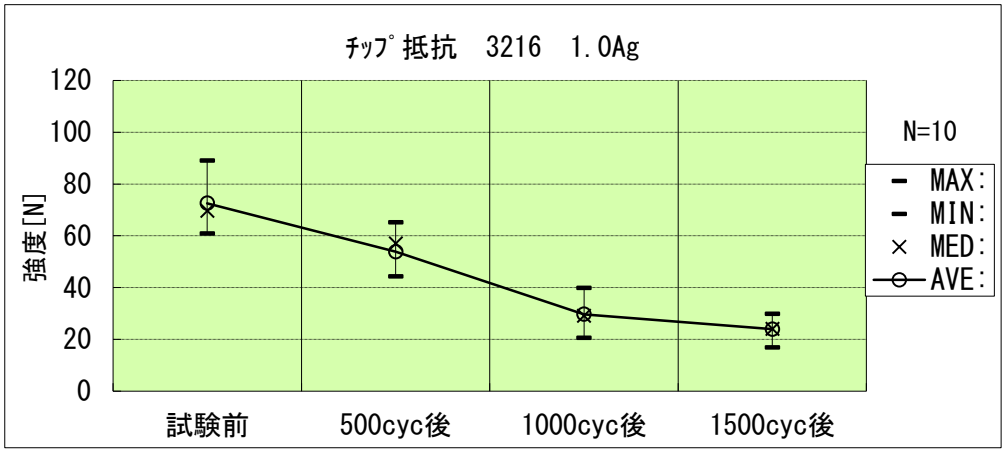
3.2.1　チップ抵抗3216　外観観察結果

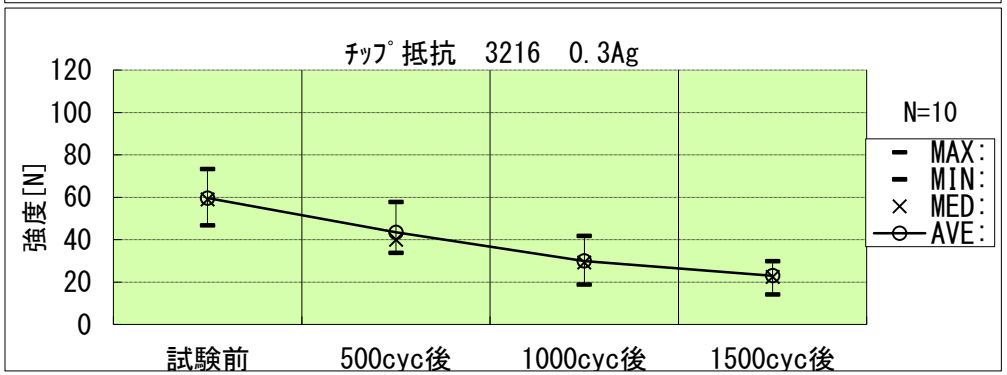


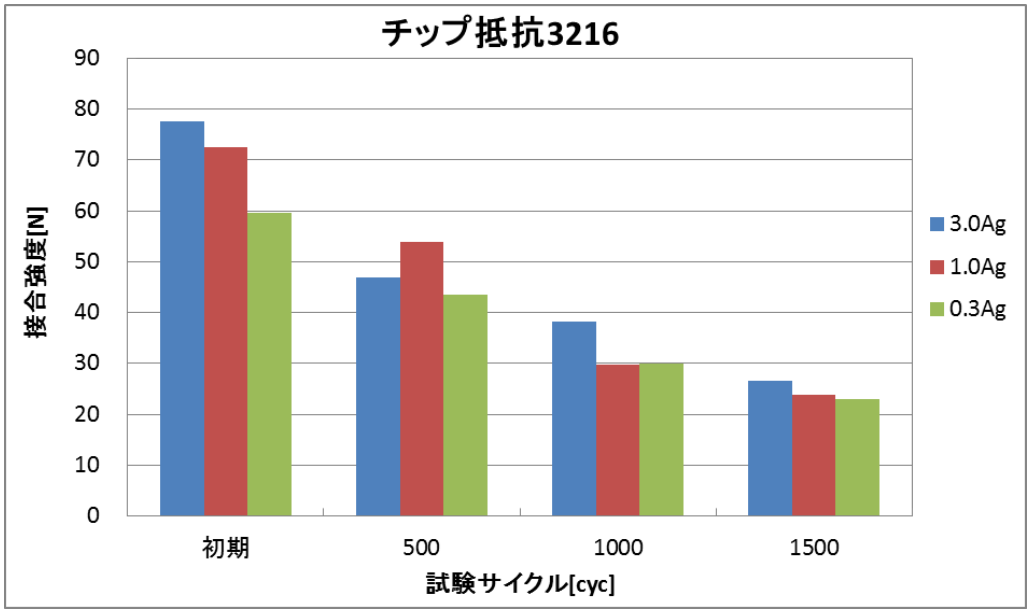
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.2.2　チップ抵抗3216　接合強度測定結果







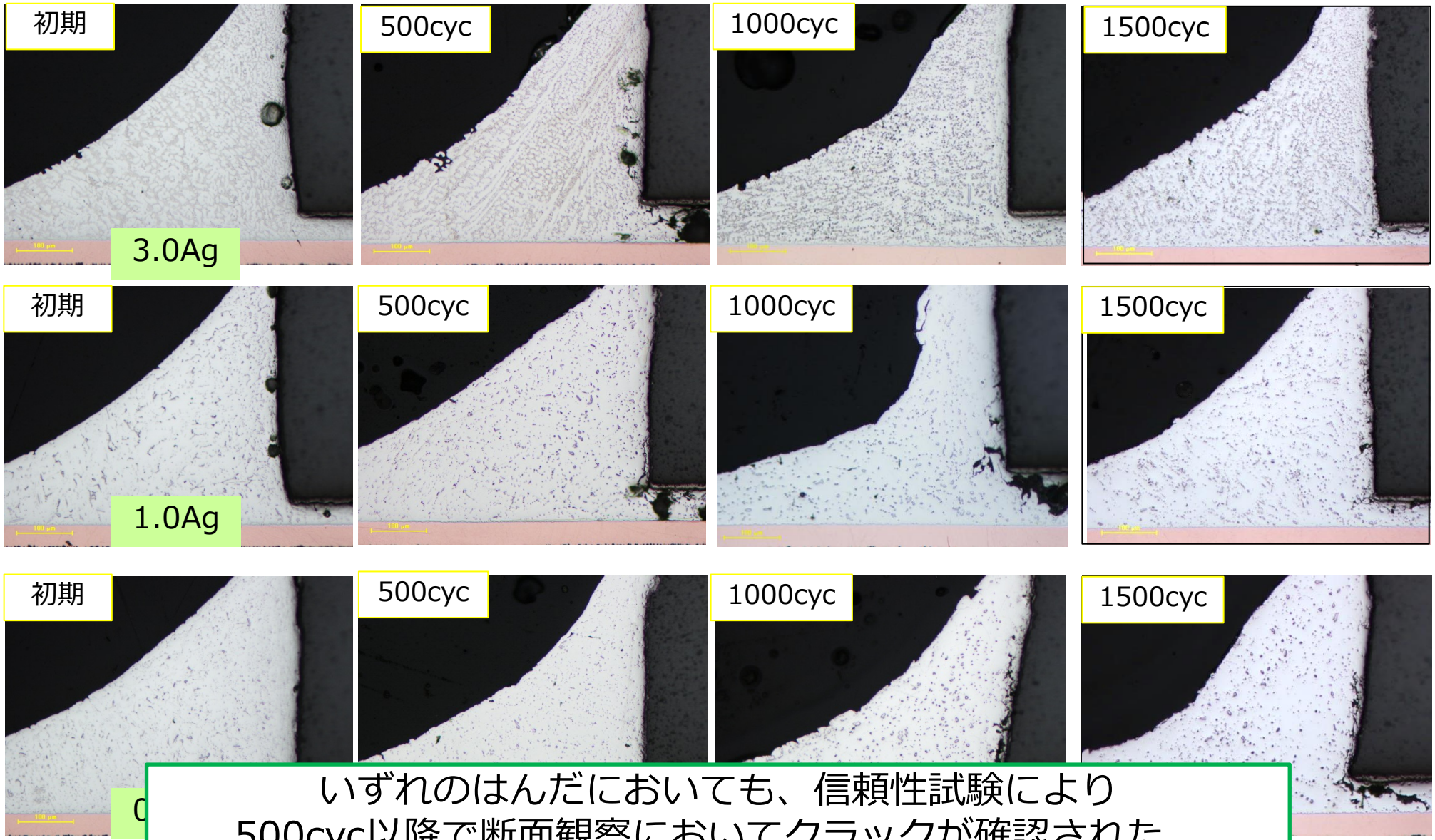


試験サイクル数の増加にともない、
接合強度が低下する傾向が確認された。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

All rights reserved

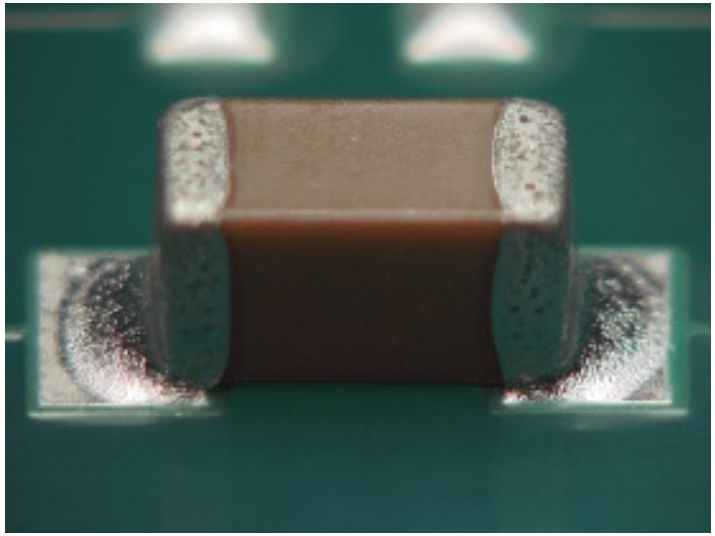
3.2.3　チップ抵抗3216　断面観察結果



いずれのはんだにおいても、信頼性試験により
500cyc以降で断面観察においてクラックが確認された。

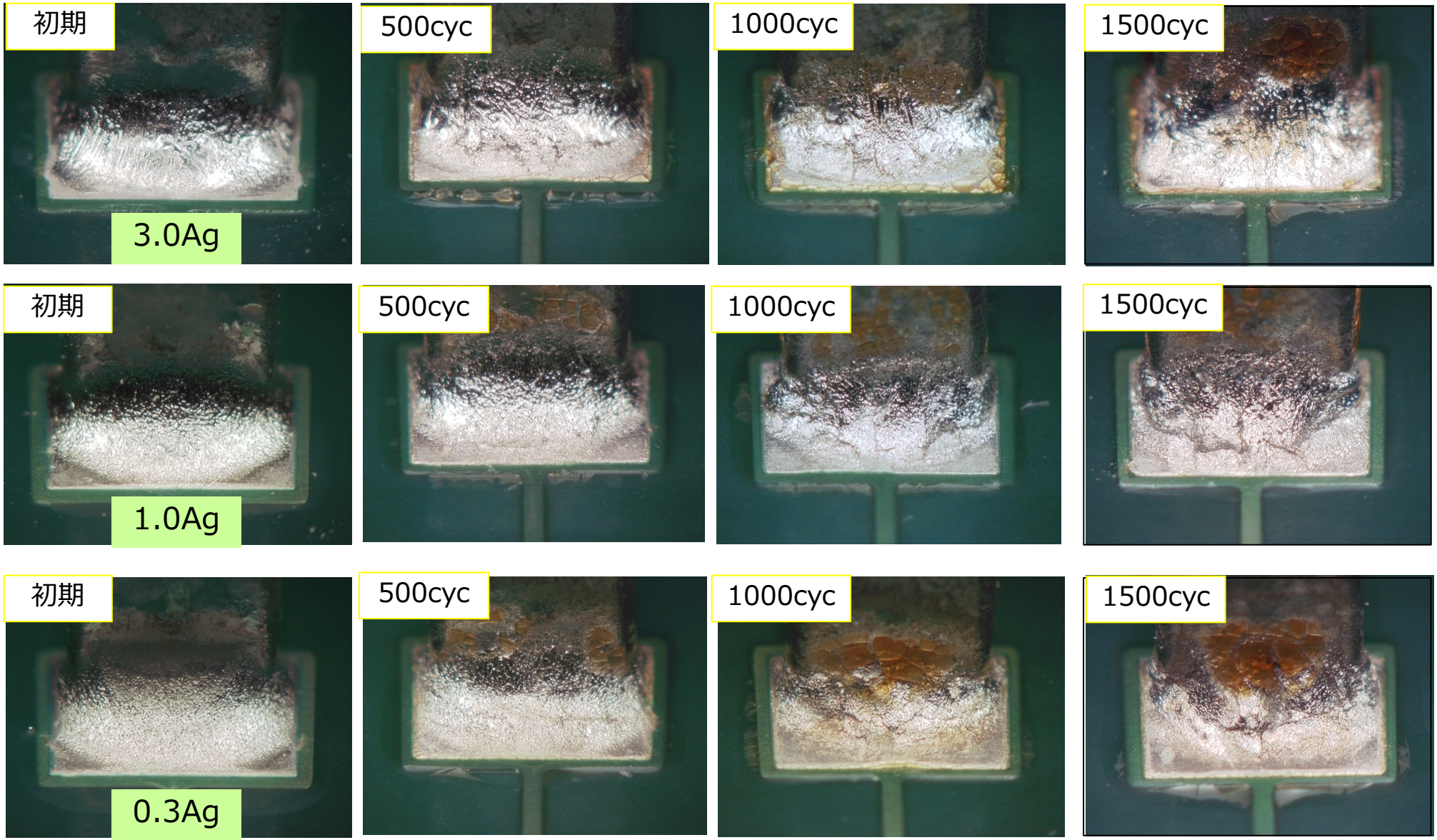
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

チップコンデンサ3216



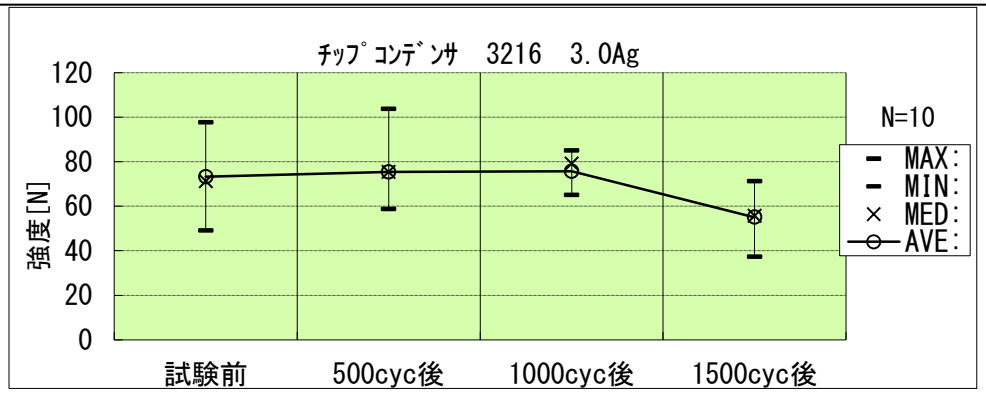
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

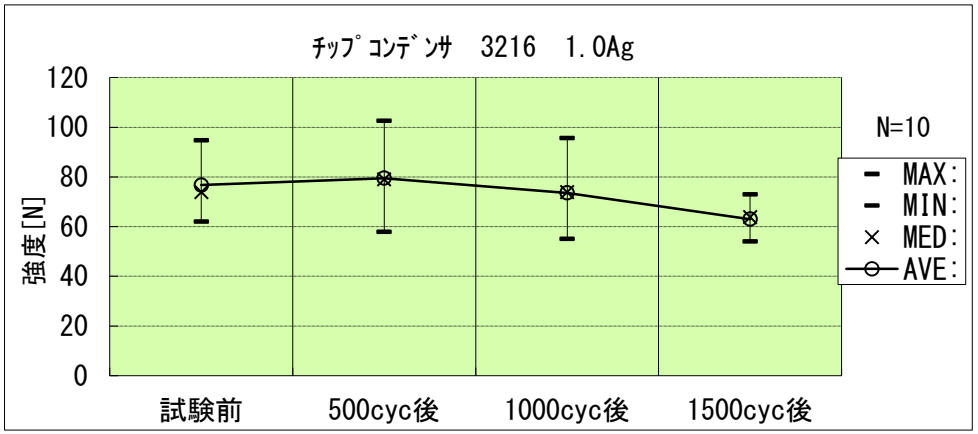
3.2.4　チップコンデンサ3216　外観観察結果

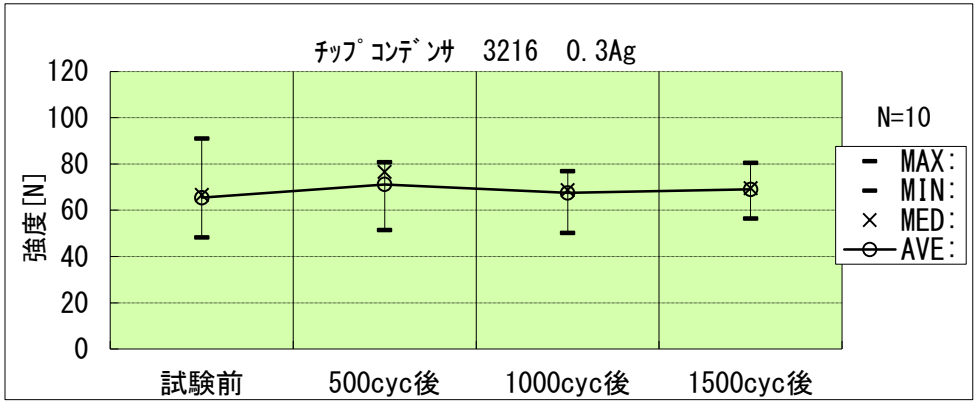


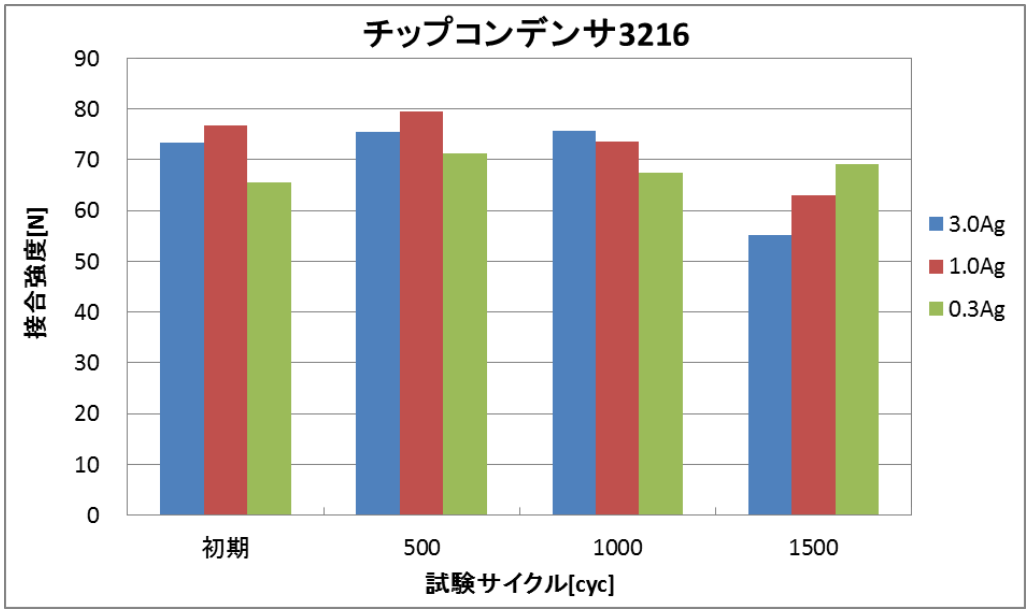
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.2.5　チップコンデンサ3216　接合強度測定結果





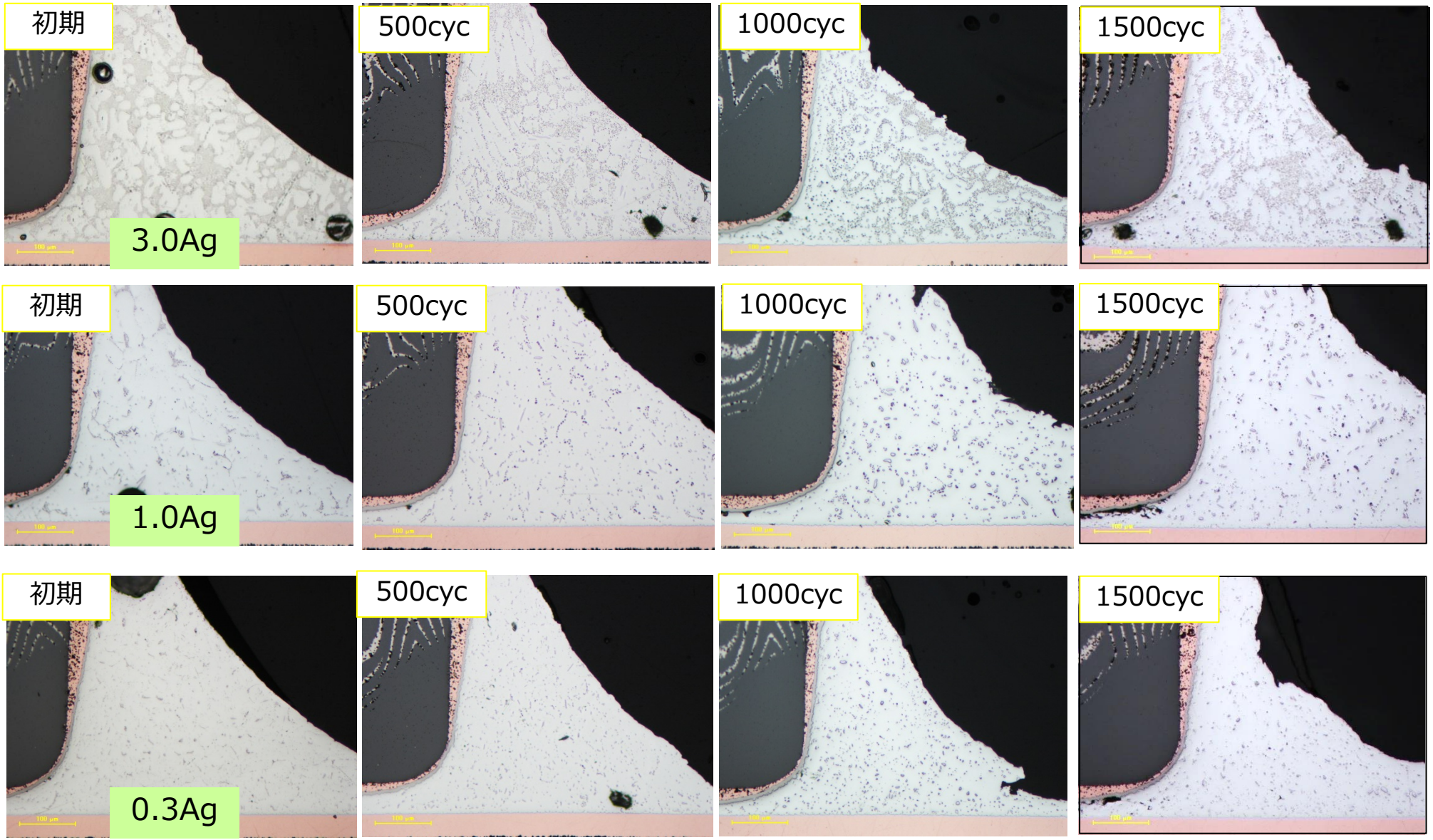




試験サイクル数の増加にともない、
3.0Ag及び1.0Agでは接合強度の低下が
確認された。

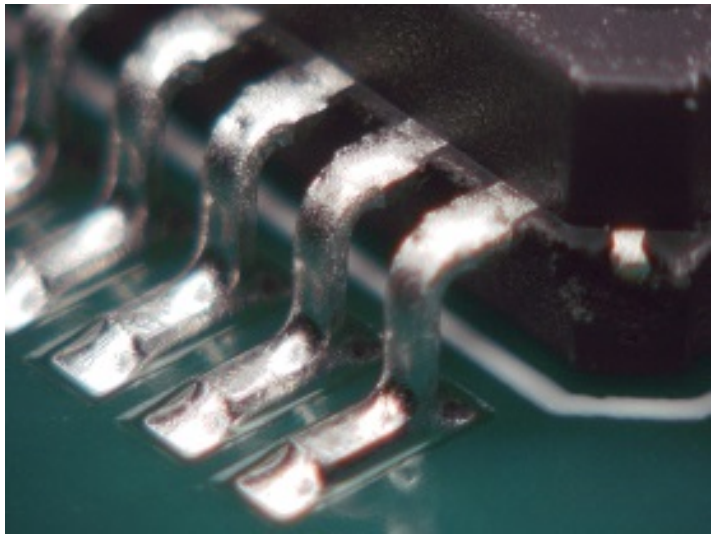
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.2.6　チップコンデンサ3216　断面観察結果



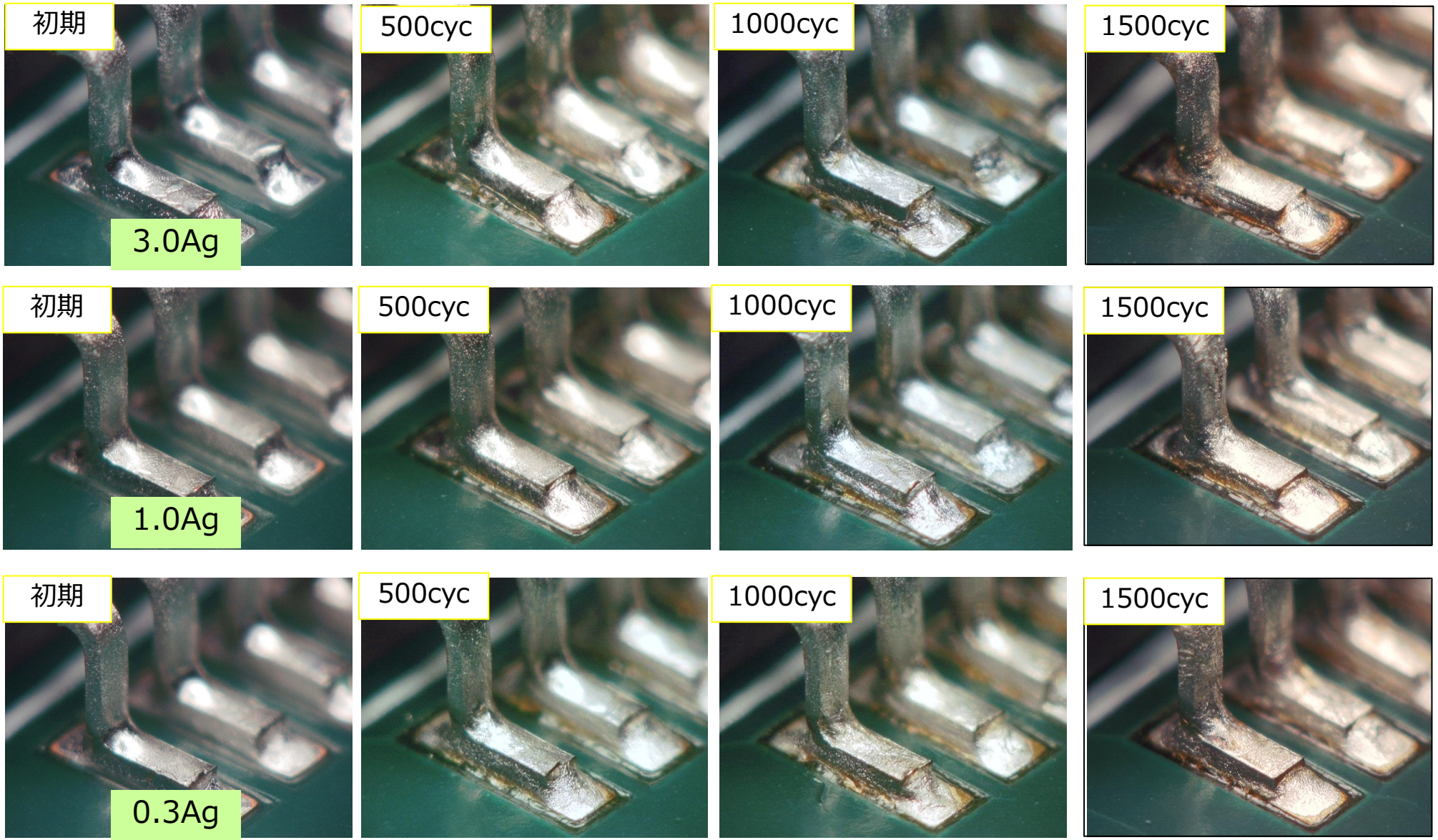
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

Ｑ Ｆ Ｐ



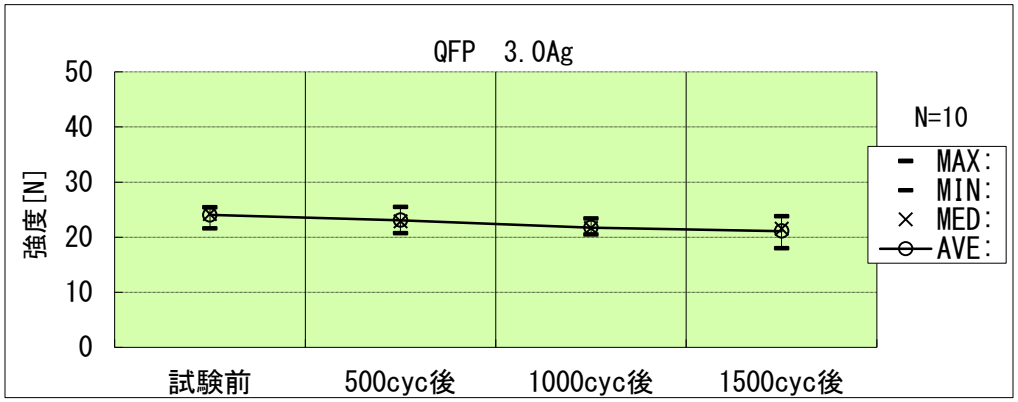
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

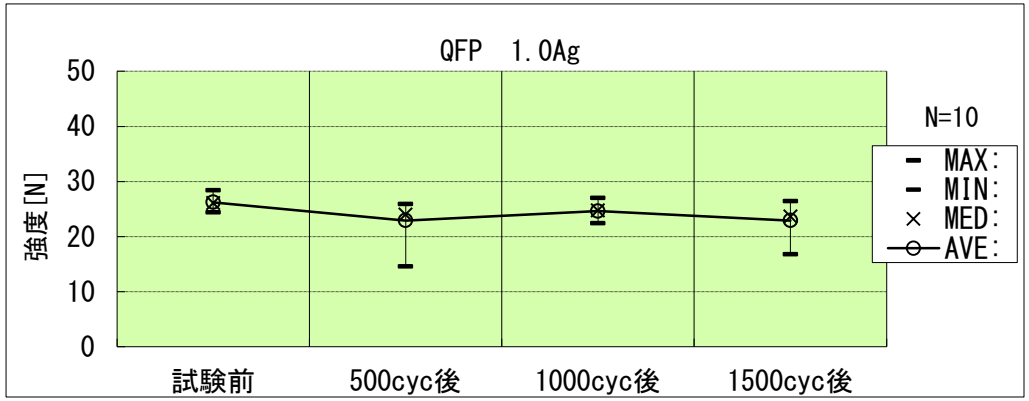
3.2.7　QFP　外観観察結果

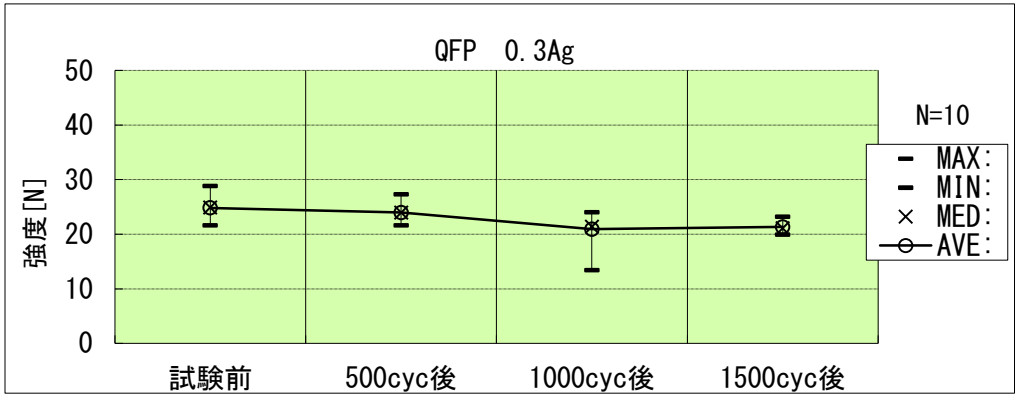


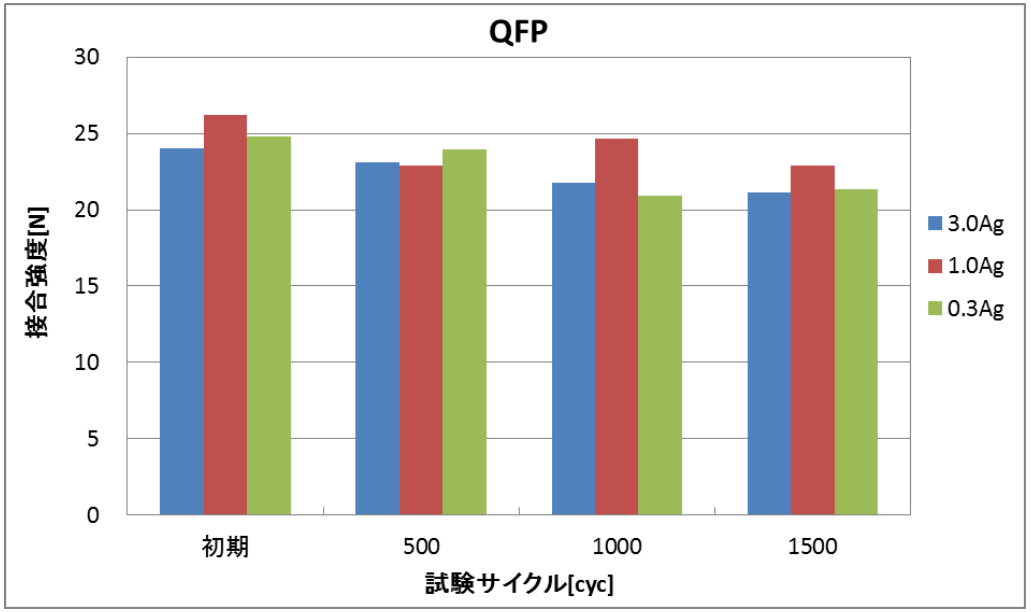
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.2.8　QFP　接合強度測定結果







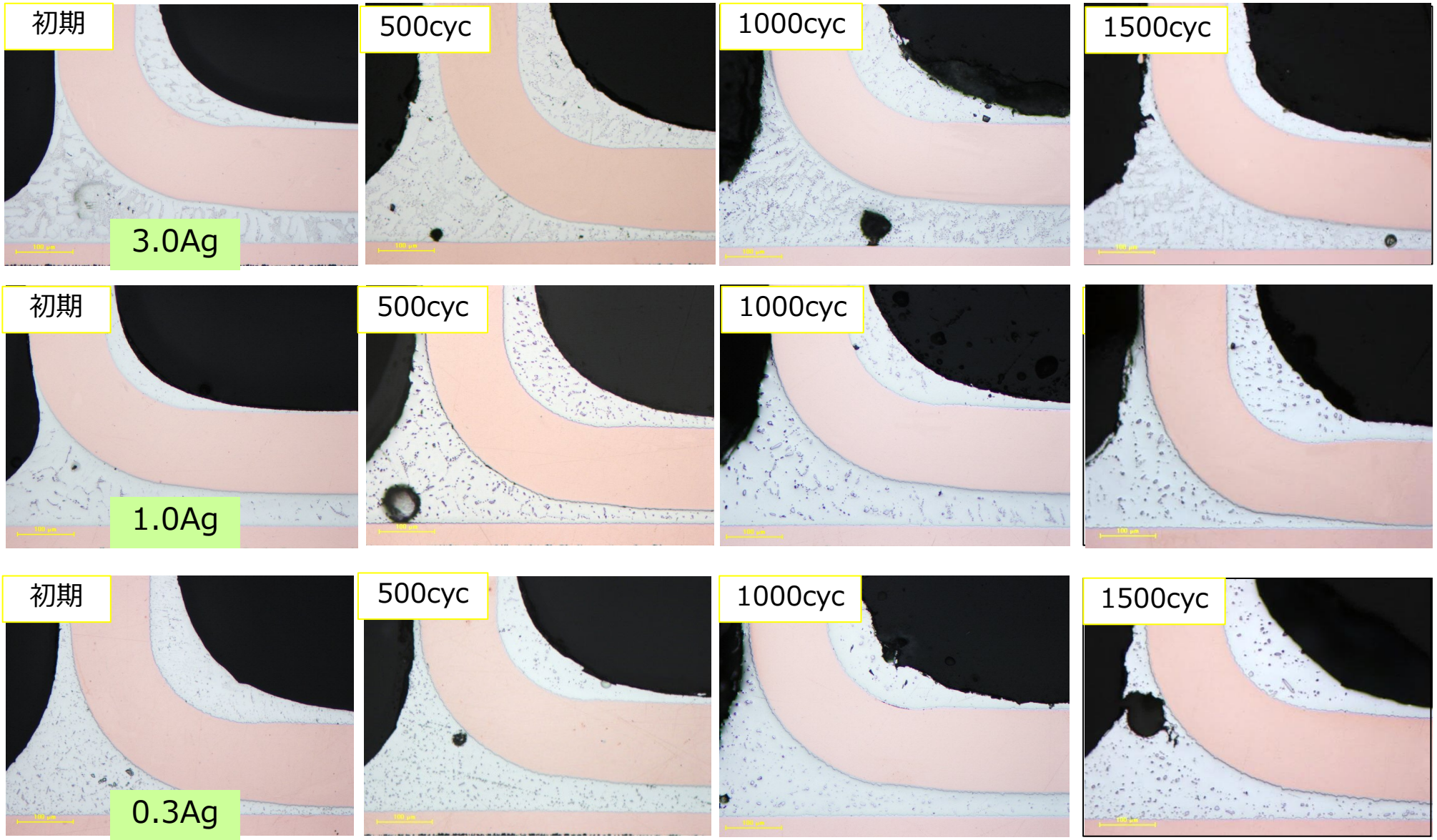


試験サイクル数の増加にともない、
接合強度にわずかな低下傾向が確認された。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

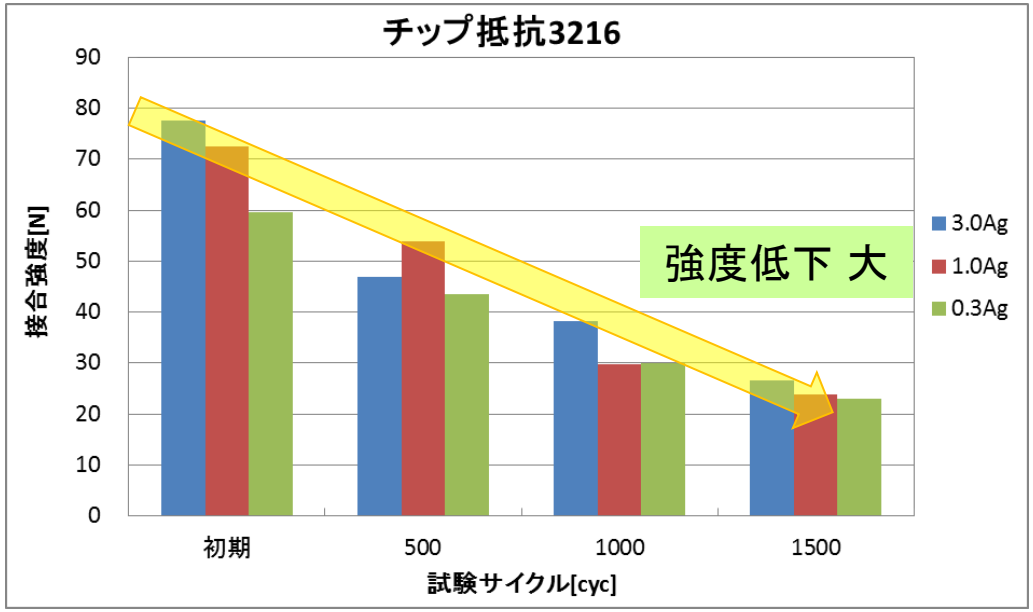
All rights reserved

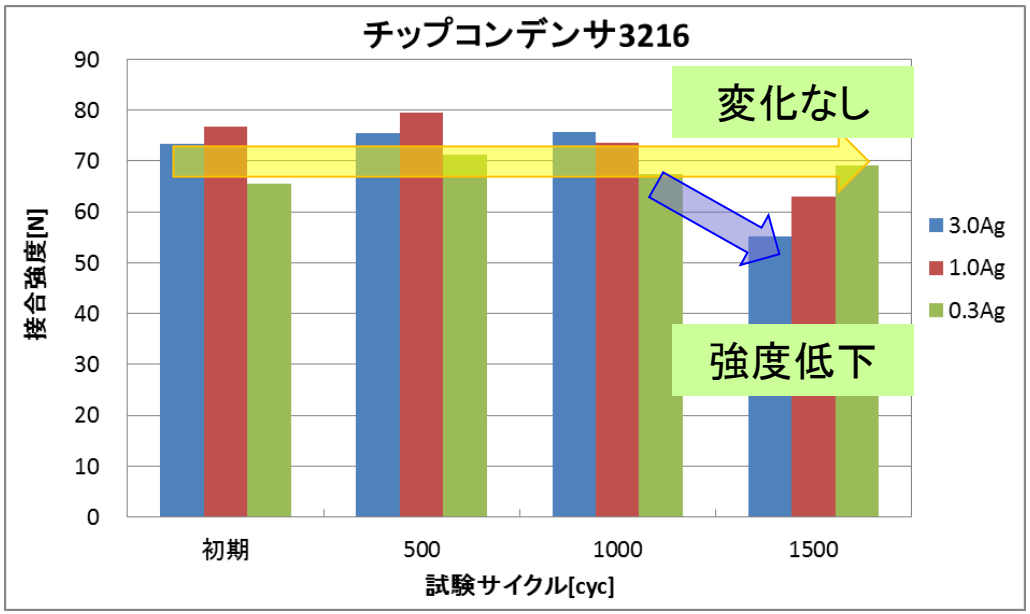
3.2.9　QFP　断面観察結果

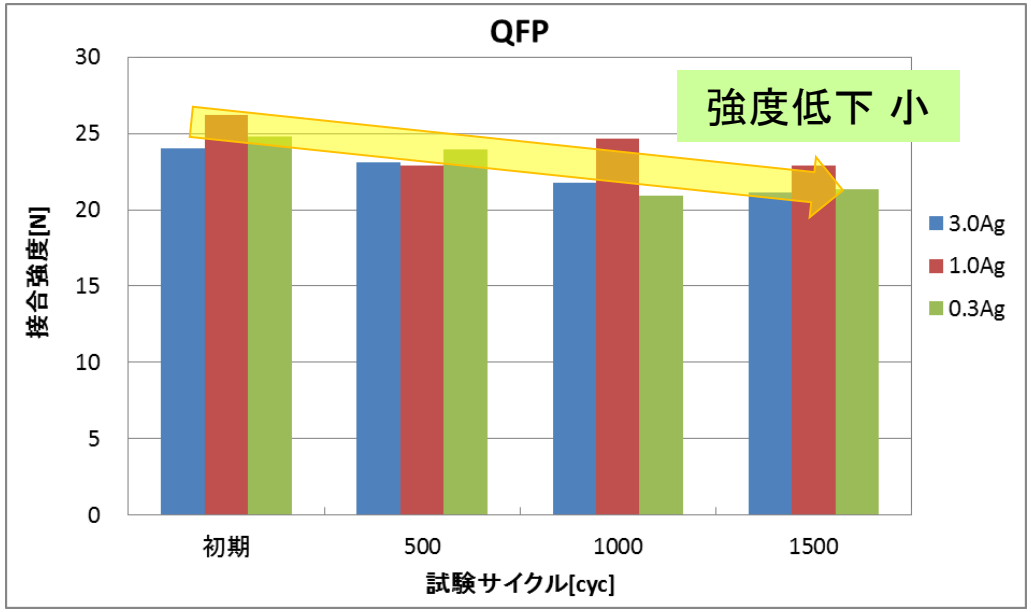


© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.2.10　信頼性試験結果比較





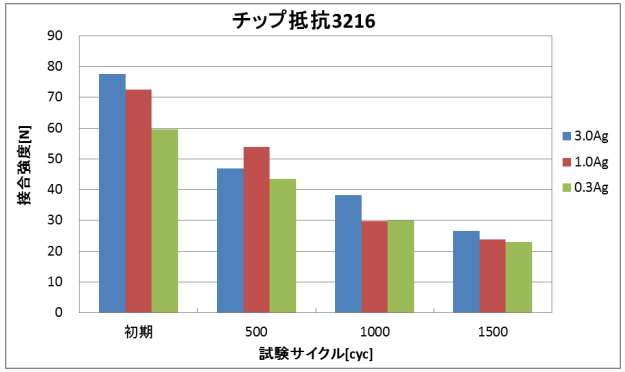


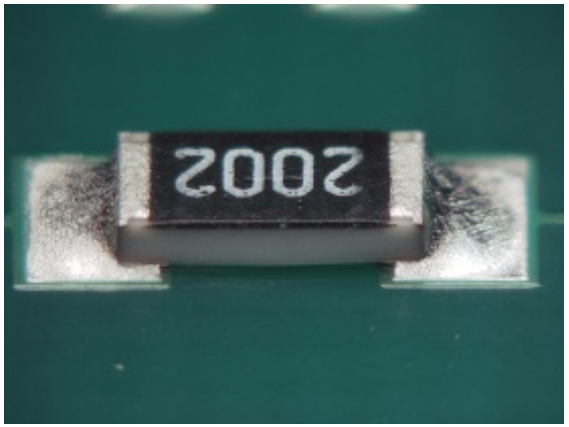
チップ抵抗：強度低下大
チップコンデンサ：3.0Ag、1.0Ag強度低下
QFP：強度低下小

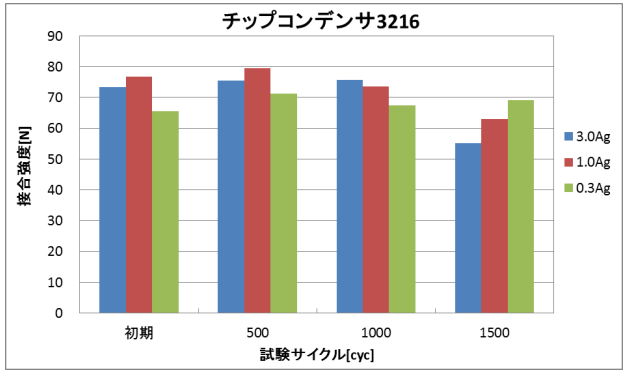
現在市販されている低銀はんだについて、
温度サイクル試験における信頼性は
従来はんだと大きな差はないと考えられる

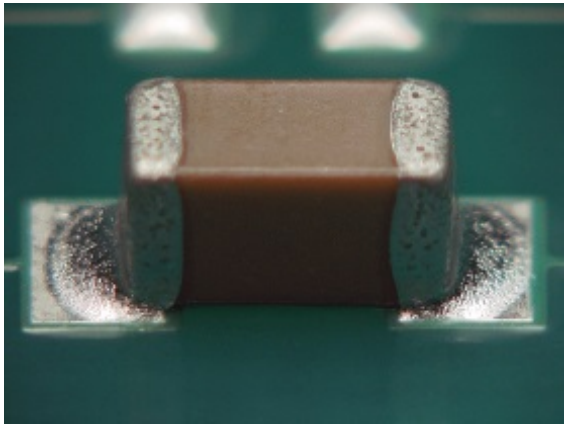
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

3.2.11　強度低下について









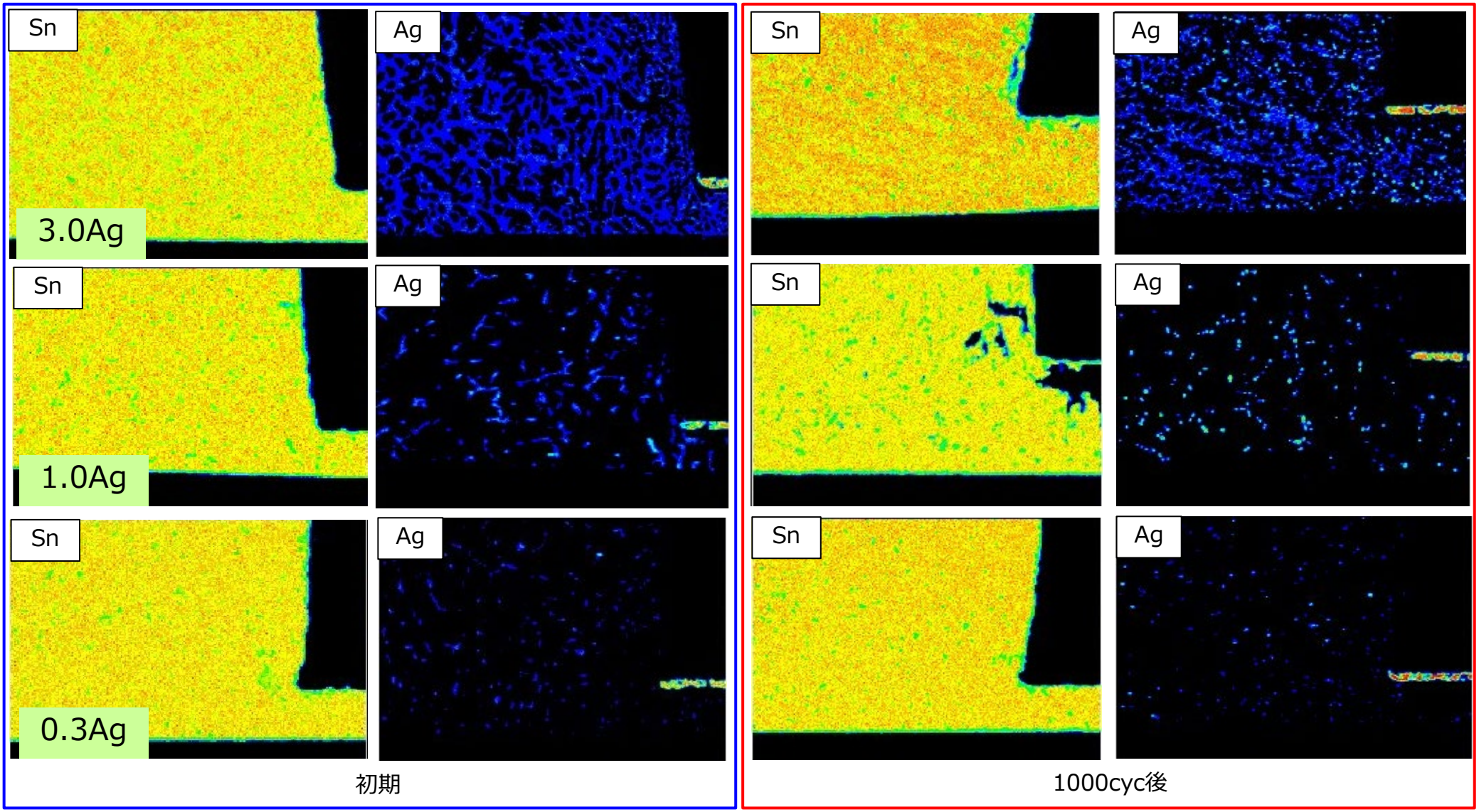
構成材料	熱膨張率 10^{-6}/℃
アルミナ系	6.8～7.3*1
チタン酸バリウム系	9.6*1
Sn-Ag-Cu系はんだ	21*2
FR-4基板	21*3

*1：<出展>京セラ　セラミックス特性表
*2：<出展>廣杉計器　ガラスエポキシの材料性質
*3：<出展>富士通　鉛フリーはんだのアセンブリ技術

部品による接合強度低下の差異については、以下の影響が大きいと考えられる。
・熱膨張率の差異（部品の材料）
・電極形状の差異（側面の電極の有無）

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.　沖エンジニアリング株式会社　All rights reserved

3.2.12　信頼性試験前後　組成分析結果（初期-1000cyc後）



3.0Agでは、信頼性試験前後でSn及びAgの分布に変化が確認された。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

目次

1．電子機器に使用されるはんだについて
2．評価内容の説明
3．評価事例
3.1　初期状態でのはんだ接合状況比較
3.2　信頼性試験によるはんだ接合部劣化評価
4．まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.
沖エンジニアリング株式会社
All rights reserved

まとめ

鉛フリーはんだ（3.0Ag）及び低銀はんだ（1.0Ag、0.3Ag）を用いて
各種電子部品を実装し、温度サイクル試験によるはんだ接合強度及び断面観察により
はんだ種変更による信頼性への影響を確認した。

- はんだ組成の違い
  - 低銀はんだでは，Agの含有量により外観・断面状態で差異が確認された。
  - 元素分析結果より、Agの含有量ごとの元素分布に差異が確認された。

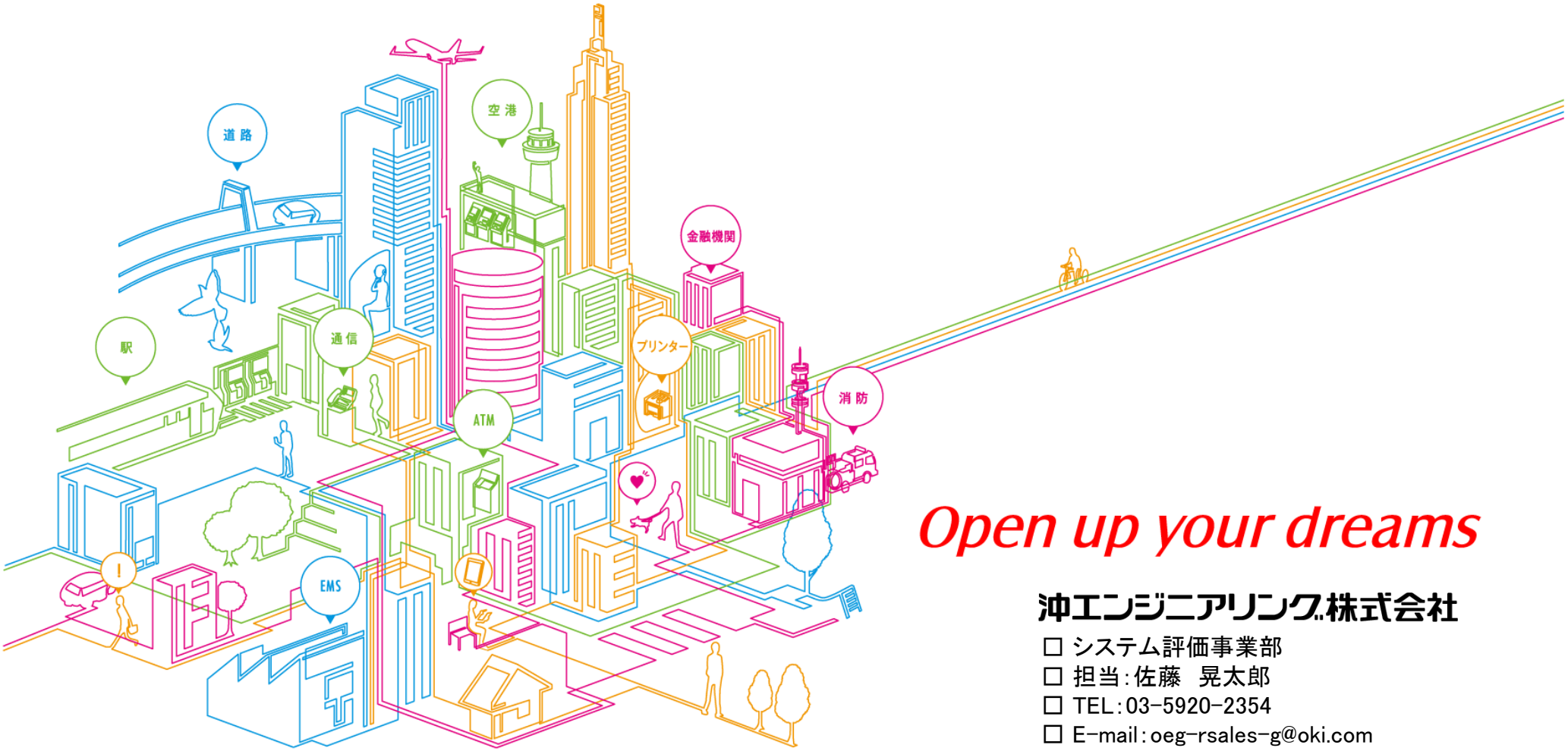
- 温度サイクル試験による耐久性
  - 合計1500cycの温度サイクル試験を実施した結果、従来はんだと低銀はんだでは，信頼性上で明らかな差異は確認されなかった。
  - 元素分析結果から、Ag含有量が多いほどSn及びAgの濃度分布の変化が大きい傾向が確認された。

但し実装の良否はペースト印刷時の各種パラメータ、実装プロファイル、
基板のパターン設計等によって変化するため、はんだ変更時には信頼性試験を
実施し、問題がないことを確認することが望ましい。

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

All rights reserved

ご清聴いただき、ありがとうございました



Open up your dreams

沖エンジニアリング株式会社
□ システム評価事業部
□ 担当：佐藤　晃太郎
□ TEL：03-5920-2354
□ E-mail：oeg-rsales-g@oki.com
□ URL：http://www.oeg.co.jp/