2018 OEGセミナー

故障解析の新時代

～ 最新の非破壊解析 ～

2018年10月25日

沖エンジニアリング株式会社
信頼性解析事業部
原　美帆

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

1.はじめに（故障解析について）

■ 故障解析とは

- 製品の故障状況を把握し、電気的・物理的方法で回路を絞りこみ、部品（基板・接続）を特定し、観察・分析を行い、故障情報とともに故障原因を究明する技術
- 故障解析には高い専門性が必要（①考察力、②設備、③それらを正しく運用する力）
- 技術革新（微細化・高密度化・高集積化）に伴い、さらに高い専門性が必要

■ OKIエンジニアリングの故障解析　（年間1500件程度実施）

対象

- モジュール・システム、実装基板から部品・材料まで
- 市場故障品や開発品、工程内検査での不具合品など

実施内容

- 故障モード、故障要素の検出から故障メカニズム推定までの故障解析

故障モード	：故障の状態の形式分類（開放，短絡，特性劣化など）
故障要素	：対象に内在する故障の原因となる欠点，異常などの状態または場所（異物、クラック、変質など）
故障メカニズム	：故障を起こさせる過程

- 個別解析ツールによる調査（電気特性検査のみやＸ線観察のみ）

■ 非破壊解析の重要性

故障品は故障原因究明、品質改善のための”貴重”な試料

⇒求められている解析は、現状を保持したまま故障原因を究明すること

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

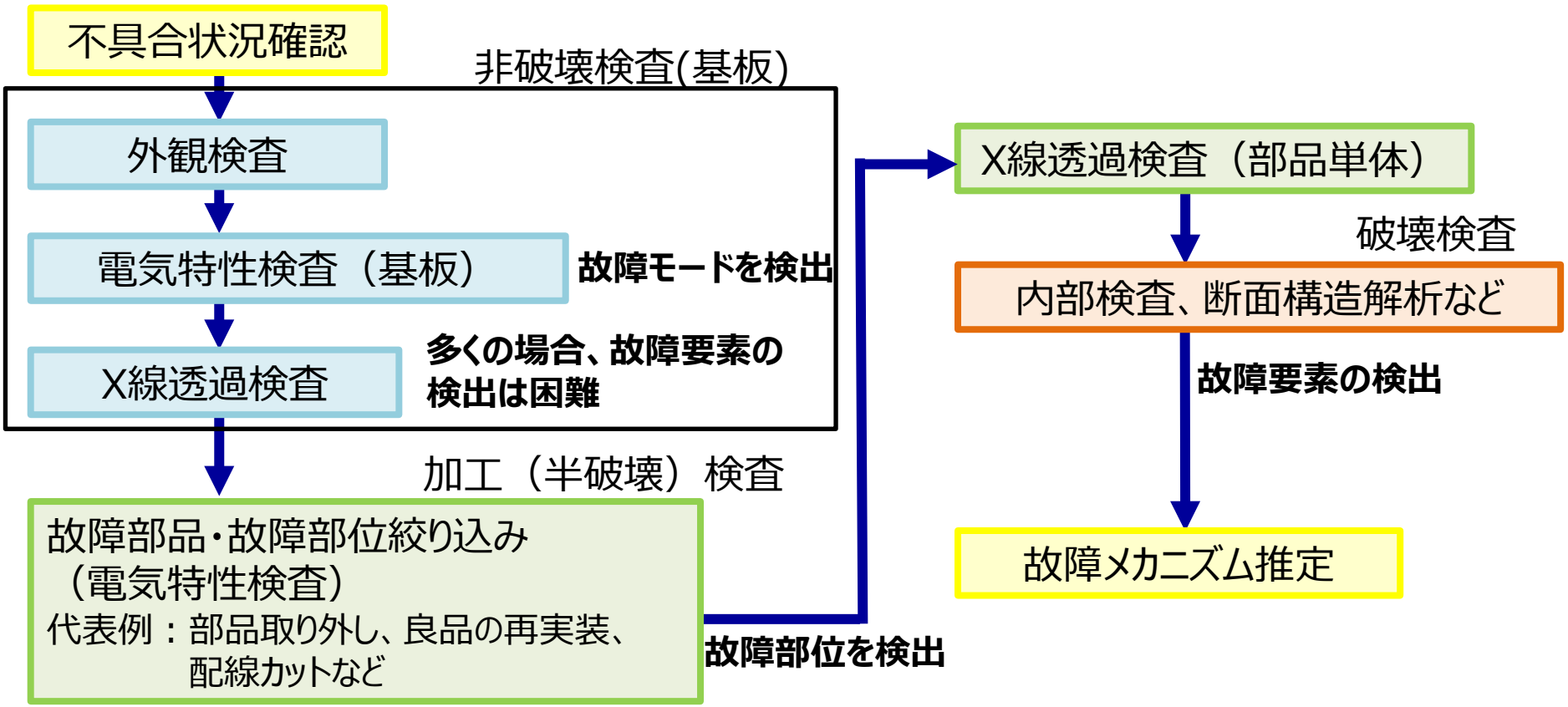
6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

2.従来の故障解析とその問題点

従来は、段階的に加工しながら故障部位を絞り込み、破壊検査で故障要素を検出
問題点①：加工中に故障モードの不再現や故障要素が消失するリスク有
問題点②：製品の微細化・高密度化に伴い、故障部位の絞り込みが困難

システム基板の故障解析フロー例（従来）



懸念事項：システム基板や電子部品の微細化・高密度化に伴い、加工が困難、多大な時間も必要

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

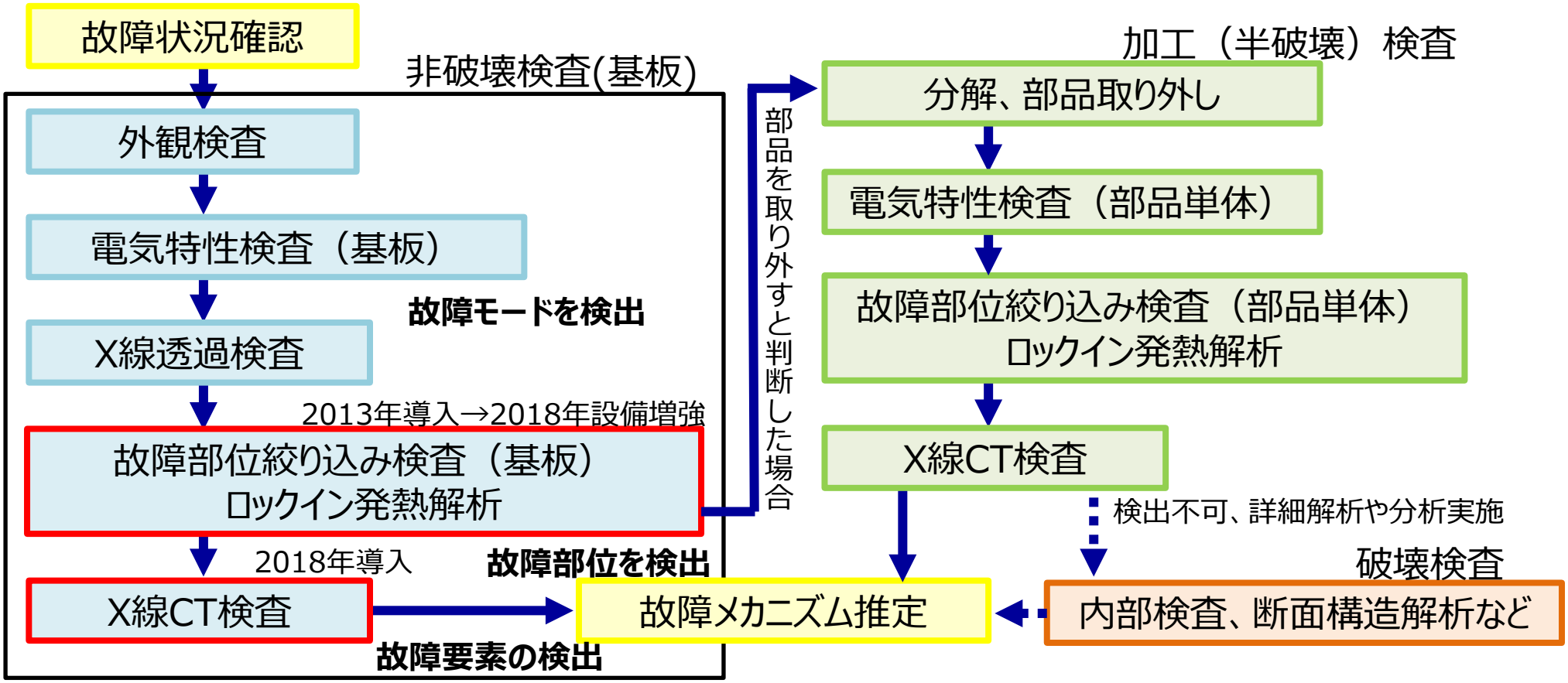
6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

3.最新の故障解析とそのメリット（その1）

ロックイン発熱解析で故障部位を絞り込み、Ｘ線ＣＴ検査で故障部位を拡大観察（約7～8割可）
メリット①：故障原因が消失するリスクが低減
メリット②：故障の状態によっては非破壊で故障要素の検出まで可能（約3～4割程度）
メリット③：製品の微細化･高密度化に対応可能な手法

システム基板の故障解析フロー例（最新）



© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

3.最新の故障解析とそのメリット（その2）

メリット④：最新の非破壊解析により、故障要素が検出できた場合、最短1日で解析が完了

（従来）

故障状況確認

↓

非破壊検査(基板)

外観、電気特性、X線透過検査（基板）

↓

故障モードを検出

加工（半破壊）検査

故障部品・故障部位絞り込み
（電気的特性検査）
代表例：部品取り外し、良品の再実装、
配線カットなど

↓

故障部位を検出

X線透過検査（部品単体）

↓

破壊検査

破壊検査
内部検査、断面構造解析など

↓

故障要素の検出

故障メカニズム推定

Total1～2週間程度

（最新）

故障状況確認

↓

非破壊検査(基板)

外観、電気特性、X線透過検査（基板）

↓

故障モードを検出

故障部位絞り込み検査
（ロックイン発熱解析）

↓

故障部位を検出

X線CT検査

↓

故障要素の検出

故障メカニズム推定

非破壊で可能
最短1日で可能

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

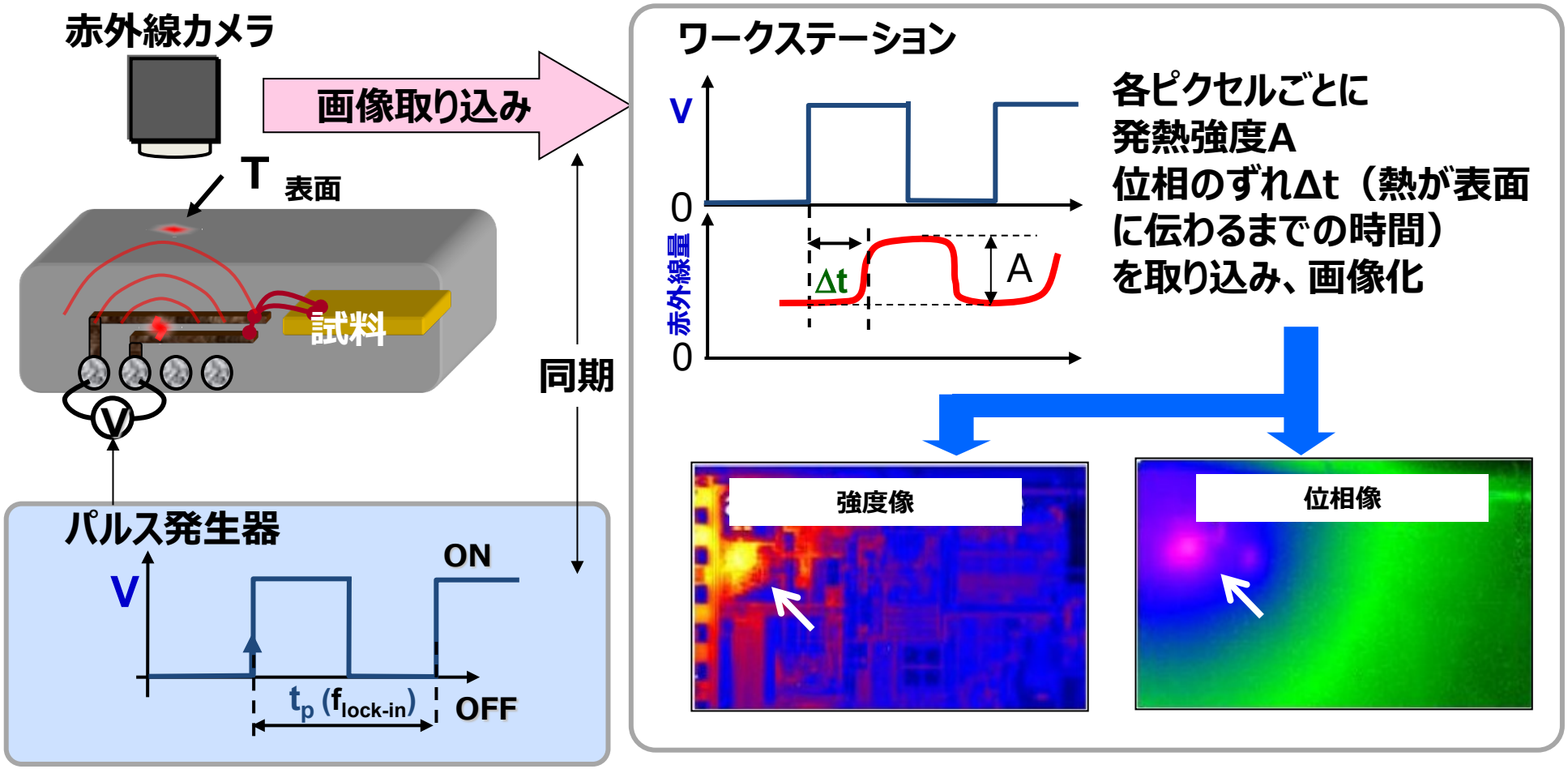
6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

4.1 ロックイン発熱解析装置（原理）

原理

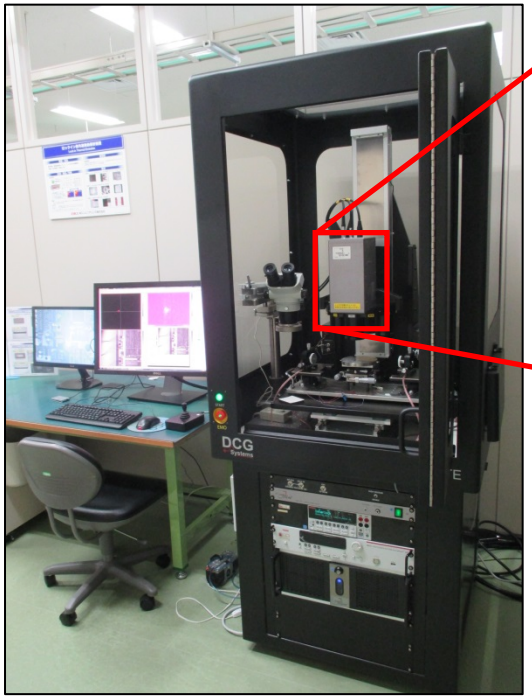
ロックイン方式を採用した発熱解析により、発熱を高感度で検出
⇒封止樹脂や基板内部からの発熱を検知（深さ数mmまで）



© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

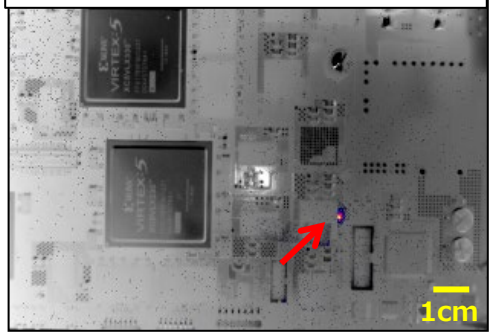
4.1 ロックイン発熱解析装置（特徴）

ロックイン発熱解析の特徴

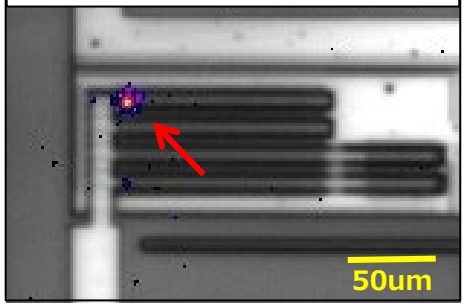


・装置　Lock-In Thermal Emission (LIT)
ELITE（日本FEI社製）

Wideレンズ(実装基板)



×10レンズ(ICチップ)



広範囲　：LSIチップのように小さなものから、基板のように大きなものまで1視野で可能
最大視野サイズ　190mmx150mm　（ステージサイズ=550mmx370mm）
レンズ種類　wide、 x1、 x5、x10

ハイパワー：±3000V電源の追加改造により、パワーデバイスも対応

非破壊　：熱さえ伝われば、故障は表面に出ている必要がないため、非破壊で評価可能
検出深さ　～数mm

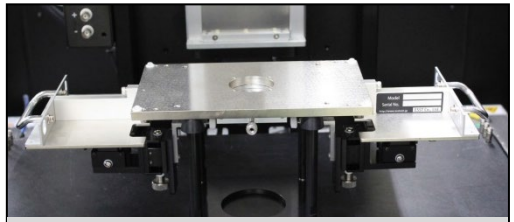
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

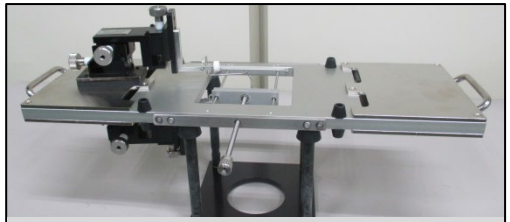
4.1 ロックイン発熱解析装置（治具開発と対象検体）

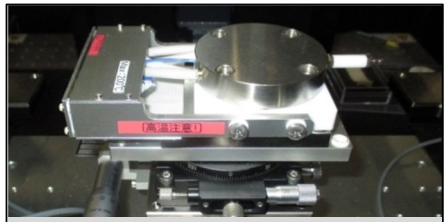
多品種の部品に対応させるために、OEGで治具を開発
⇒実装部品から部品・材料まで非破壊で短時間に解析可能

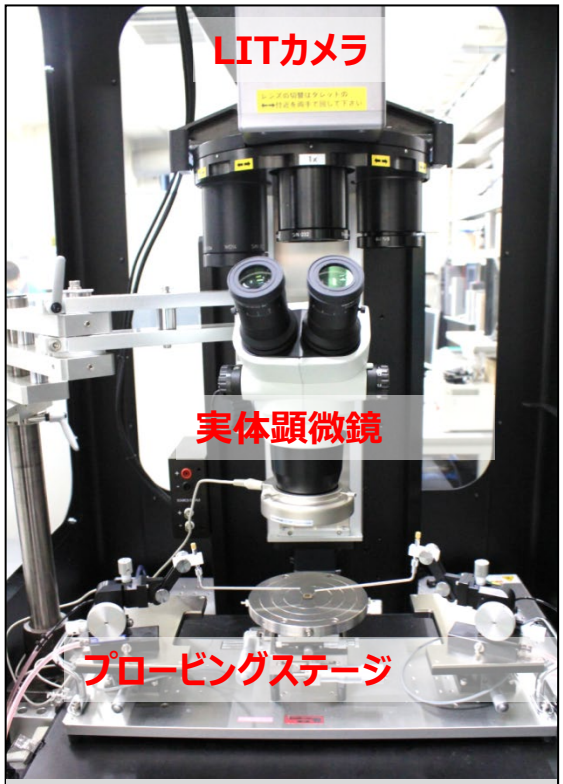
■ OEGの治具開発

- プロービングシステム
  装置内に実体顕微鏡と小型プローブを搭載
- 裏面プロービング治具（BGA、QFNパッケージに対応）
- 両面プロービング治具
- 多面解析用治具（セラミックコンデンサなどの小型部品）
- 高温チャック（～200℃、～2インチ）


裏面プロービング治具


両面プロービング治具

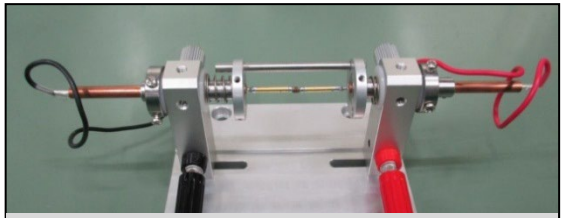

高温チャック



プロービングシステム

■ 対象検体

- 実装部品から部品・材料まで
- 対象となる故障モード
  ショート・リーク不良、抵抗異常
  オープン不良などは不得意ではあるが、良品との比較等で対応


多面解析用治具

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

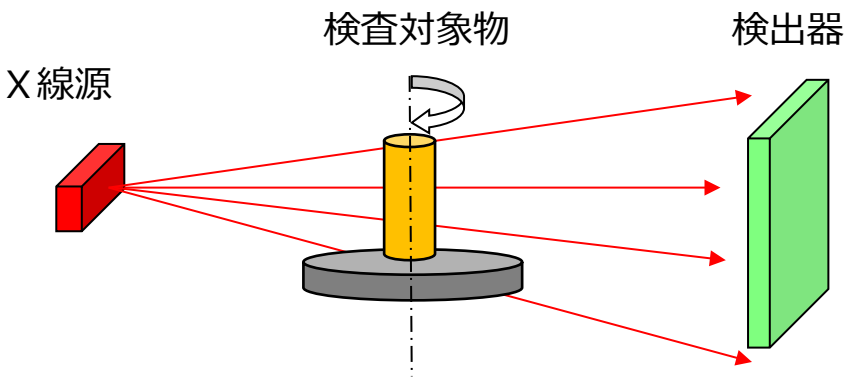
6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

4.2　X線CT検査装置（装置の原理、特徴）

原理と特徴

マイクロフォーカスX線CTシステム：
対象物を回転させながらX線で撮影し、再構成処理を行うことにより、物体の内部構造を3次元的に観察
⇒　材料内部の破壊や劣化を非破壊で評価可能



・装置　inspeXio SMX-225CT FPD HR（島津製作所社製）

X線検出器	**：フラットパネル検出器　→高分解能（最大入力解像度 約1400万画素） 高階調（検出器階調 65536階調）**
管電圧	**：～225kV（高出力パワー）**
焦点寸法	**：4um**
搭載可能ワークサイズ	**：最大撮影領域 Φ400mm H300mm**
試料重量可能サイズ	**：～12kg**
撮影時間	**：最短10分～（従来当社保有設備30分）**

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

4.2 X線CT検査装置（対象検体）

■ 対象検体

- 360°どの方向からもX線が透過する部品、材料
- 得意な解析

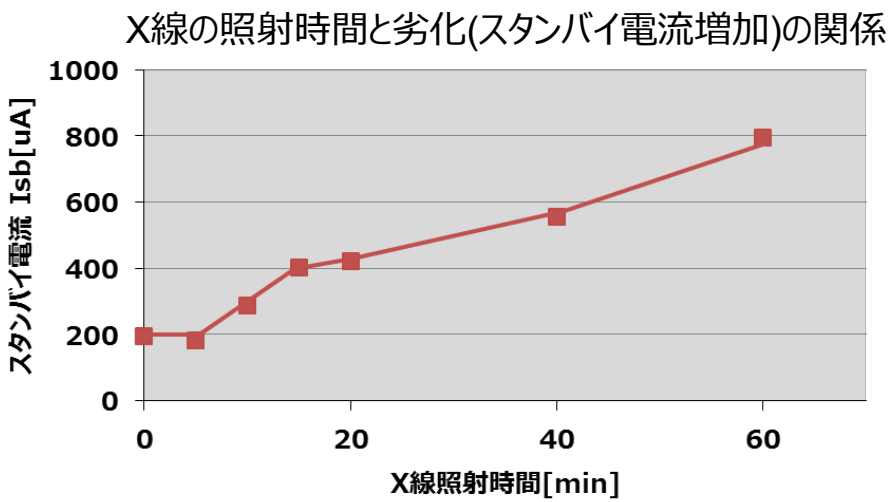
  透過率の高い材料に覆われた金属材料の観察

  （パッケージ内部の構造異常、実装基板の配線異常など）

✓ 使用にあたって配慮が必要な検体もあり

例）LSI素子などは許容以上のX線の照射により変質・劣化

⇒安易な利用はせず、ノウハウ・知識の蓄積が必要



使用部品：SRAM

照射条件：管電圧225kV、管電流300uA

線源からの距離15.5mm

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

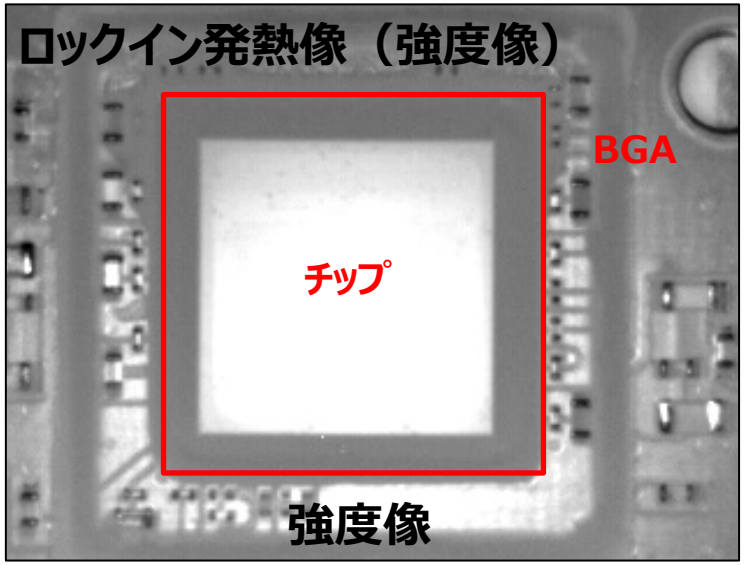
6. まとめ

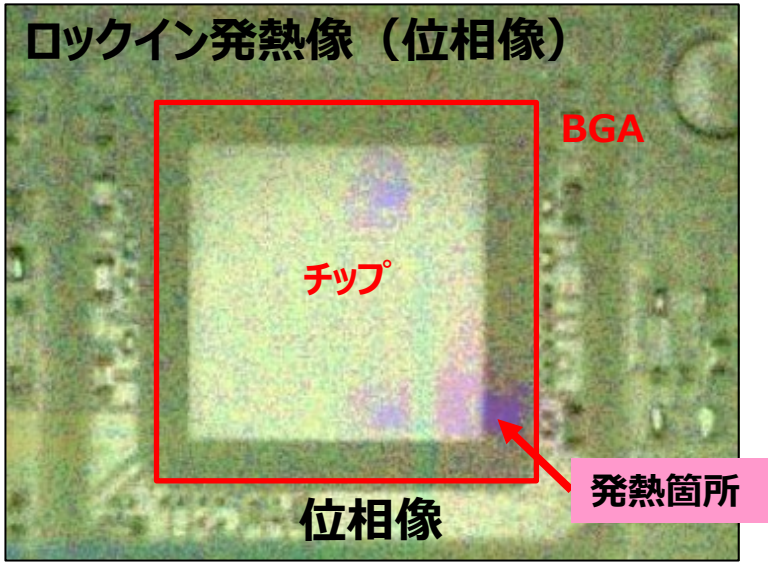
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

5.最新の非破壊検査の適用事例（1）

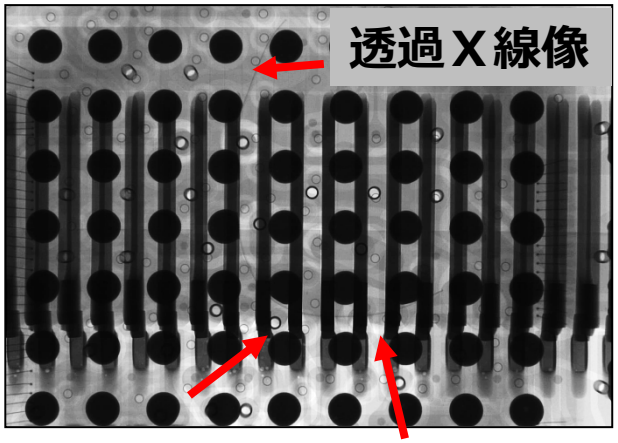
（1）カメラモジュールの故障解析

故障モード: カメラモジュールに内蔵された基板で、電源電流異常(リーク)を確認
故障部位：ロックイン発熱像(位相像)でBGAパッケージ部分に発熱を検出





カメラモジュール



糸状の異物のような陰影が観察されたが、何れの層であるかの詳細は不明

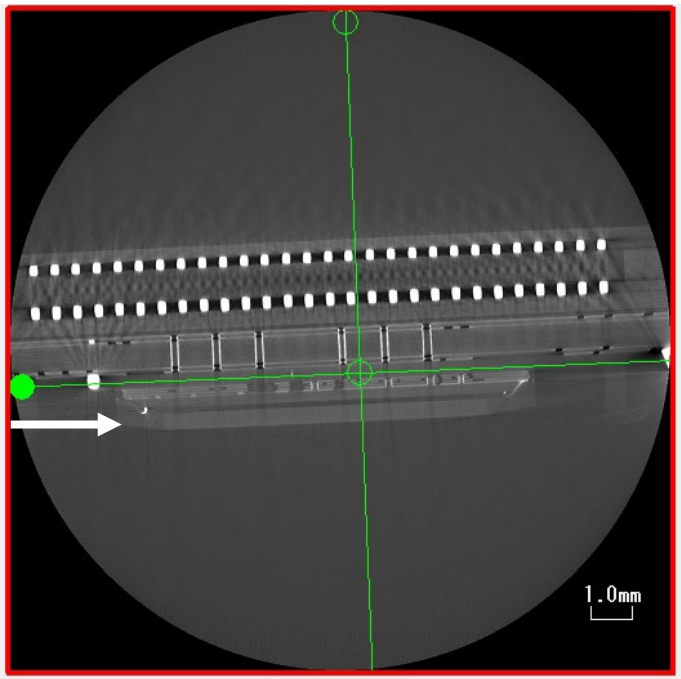
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

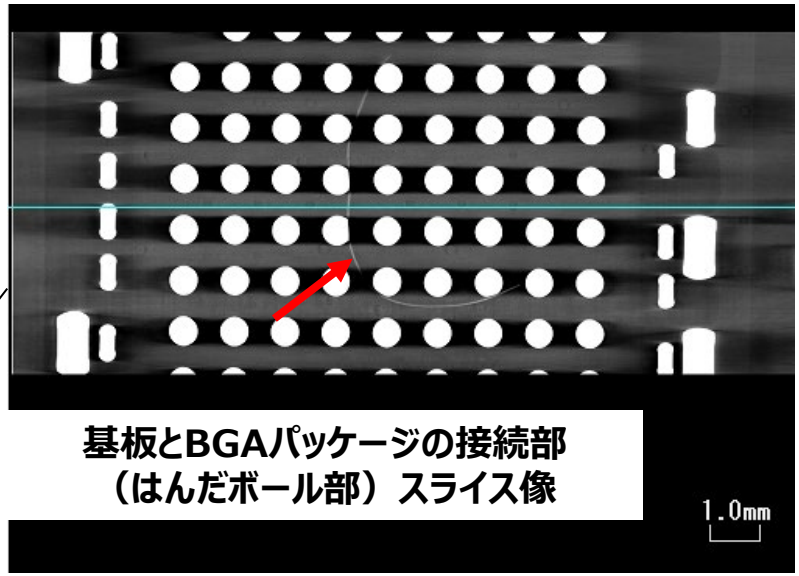
5.最新の非破壊検査の適用事例（1）

（1）カメラモジュールの故障解析

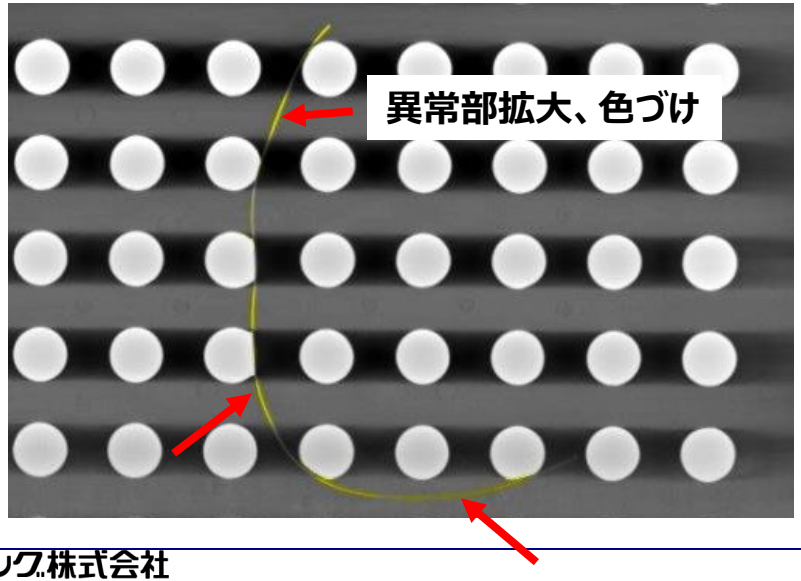
糸状異物ははんだボール部の異物と判定

X線CT検査像（MPR像）

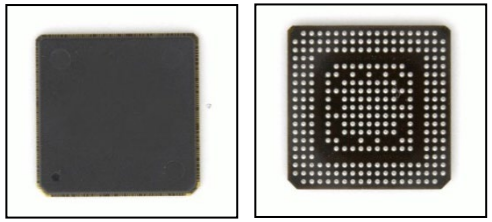




基板とBGAパッケージの接続部（はんだボール部）スライス像



BGAパッケージ（例）



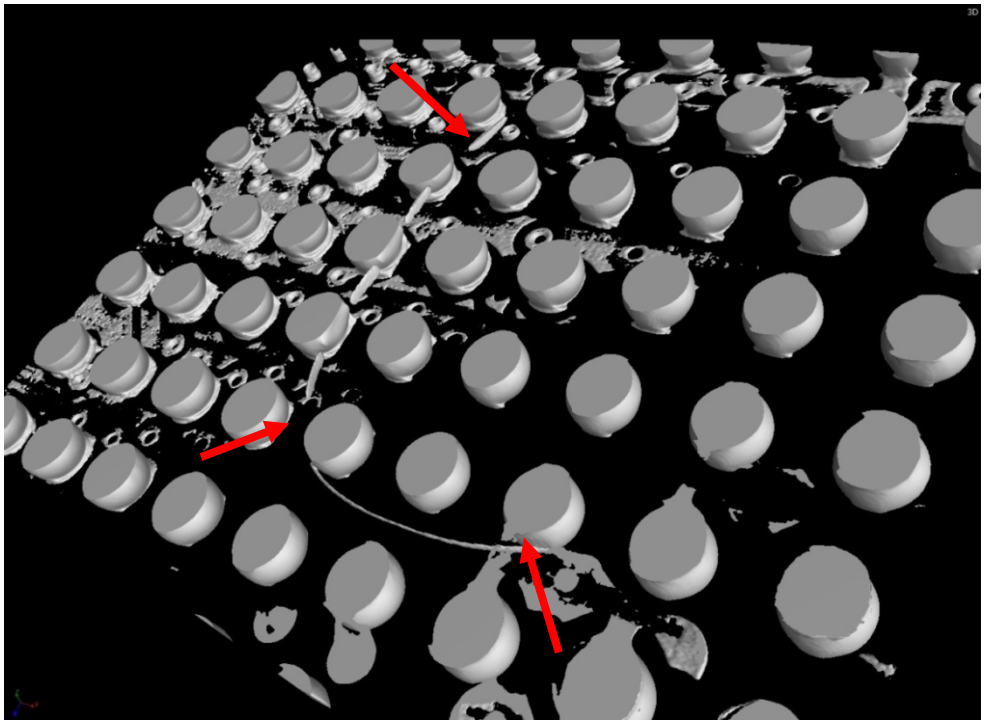
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

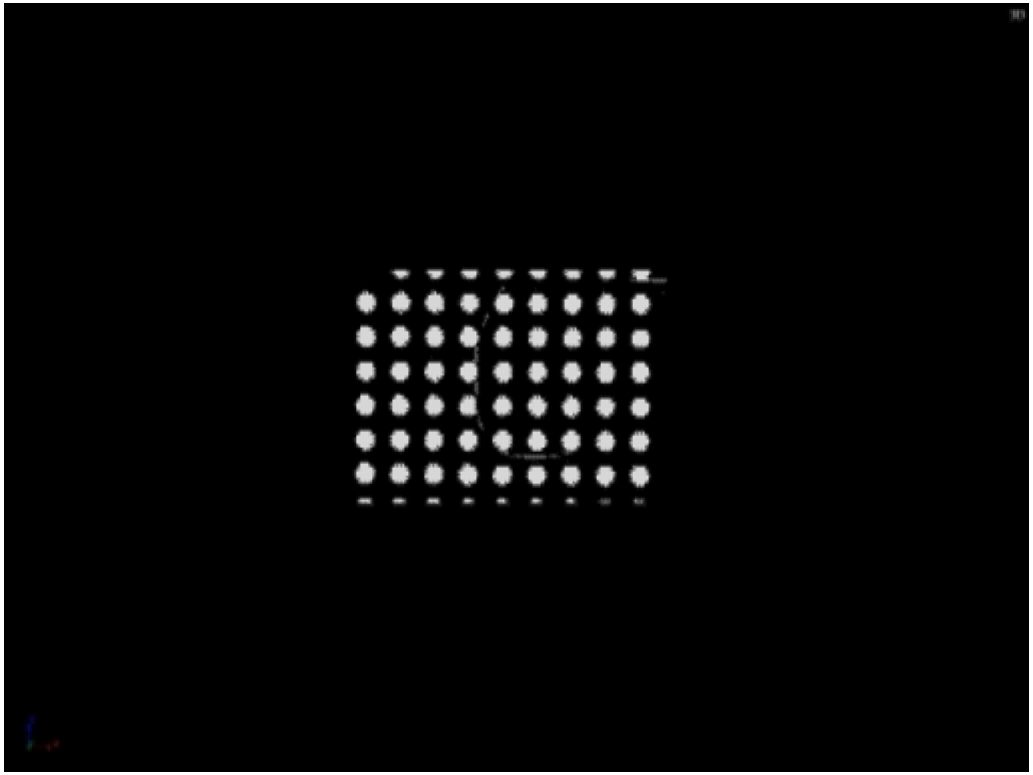
5.最新の非破壊検査の適用事例（1）

（1）カメラモジュールの故障解析

故障要素　　：はんだボール部の糸状の異物と判定
故障メカニズム　：製造工程（基板実装工程）で金属異物が付着したものと推定
　　付着した金属異物は形状からリード線のカスなどと推定
⇒非破壊解析により解析を完了（所要時間：2時間程度）

X線CT検査像（VR像）





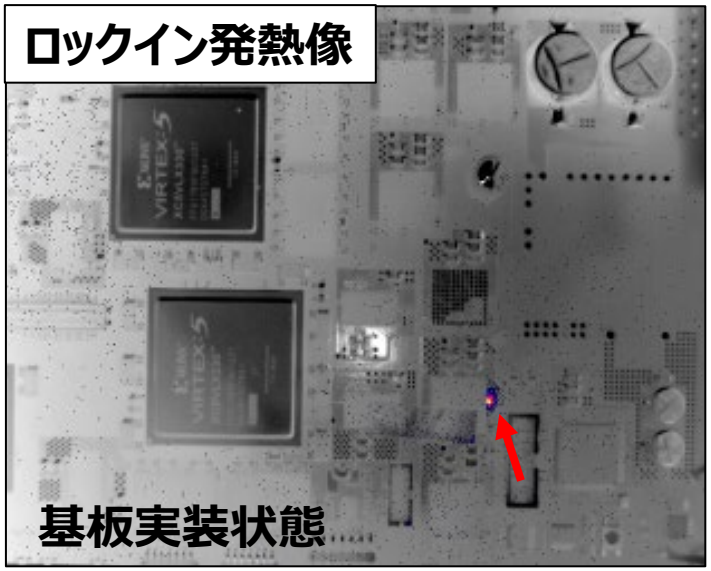
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

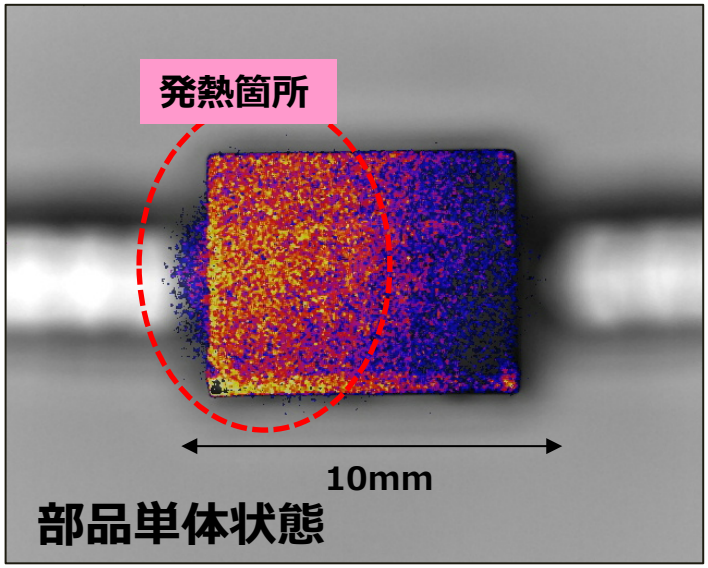
5.最新の非破壊検査の適用事例（2）

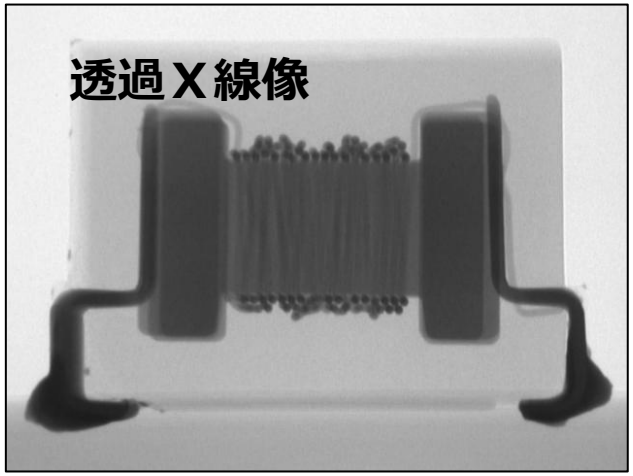
（2）実装基板の故障解析1

面実装型コイル部で発熱を検出

部品単体状態で高抵抗特性を確認（故障モード）
ロックイン発熱解析で発熱を検出（故障部位）







異常は確認されない

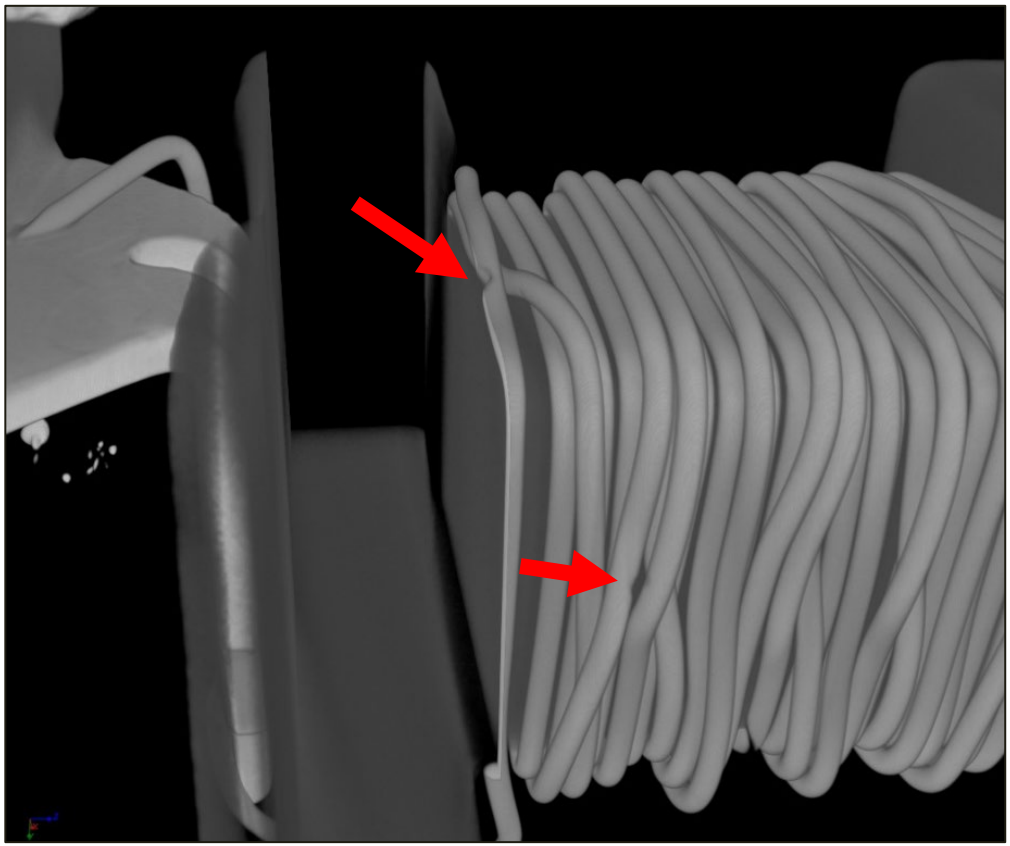
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

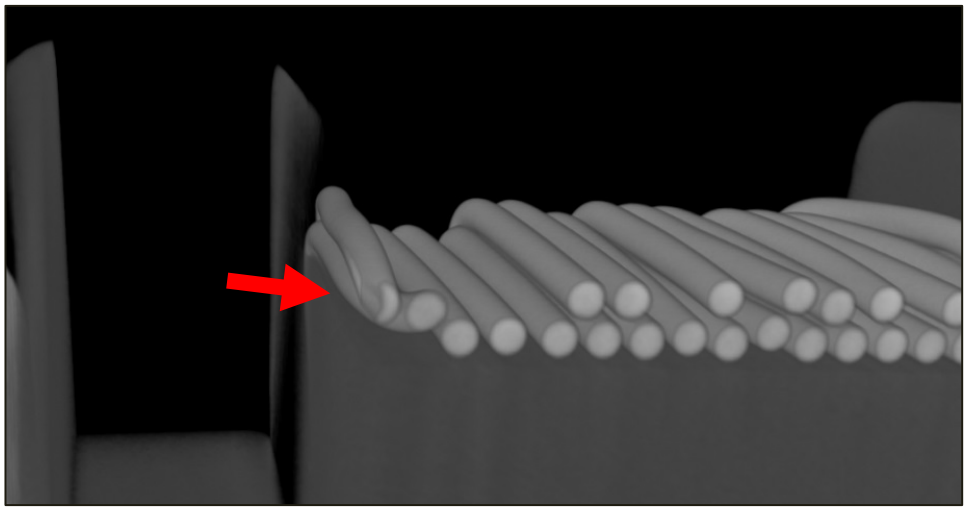
5.最新の非破壊検査の適用事例（2）

（2）実装基板の故障解析1

故障要素　　：コイルの部分的な細り（変質）と判定
故障メカニズム　　：コイル製造工程での異常（コイルの巻き線工程時のキズなど）と推定
⇒非破壊解析により解析を完了（所要時間：2時間程度）

X線CT検査像（VR像）





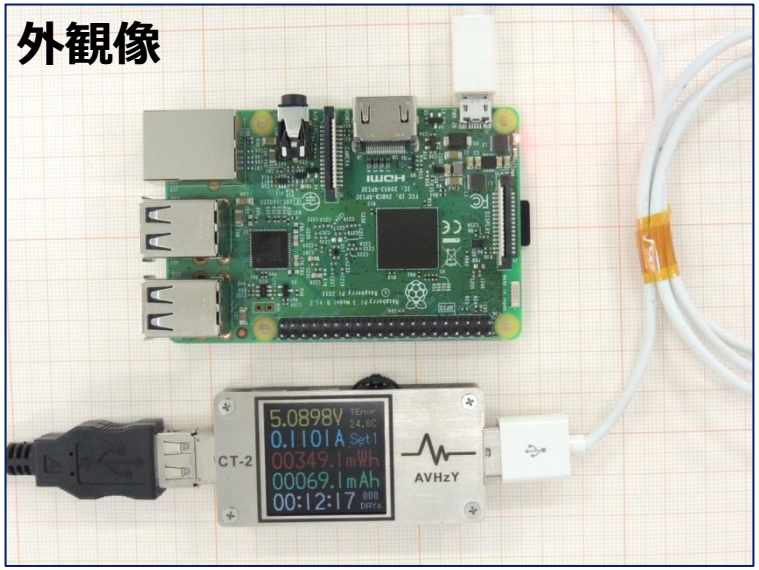
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

5.最新の非破壊検査の適用事例（3）

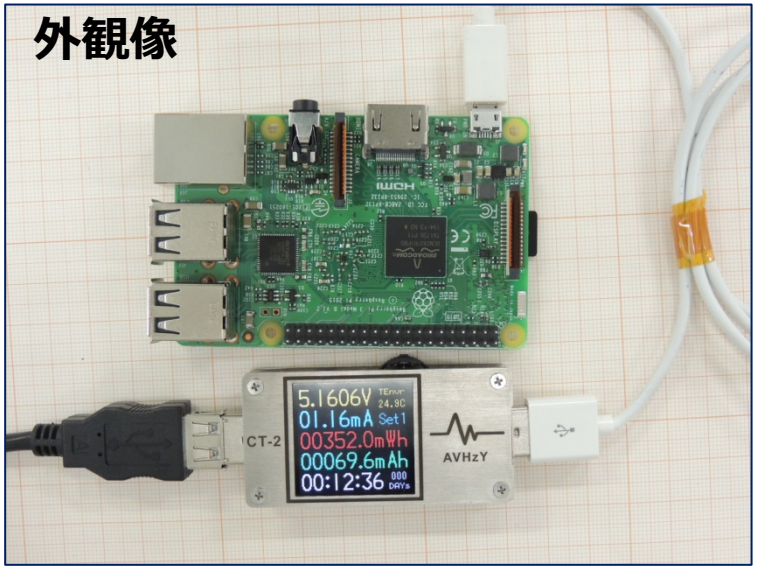
（3）実装基板(ラズベリーパイ)の解析 「最新の非破壊解析」検証実験

ラズベリーパイ（Raspberry Pi）
：イギリスのラズベリーパイ財団によって開発されたARMプロセッサ搭載のシングルボードコンピューター

意図的に故障を発生させて、「最新の非破壊解析」を実施
（解析担当者は故障発生方法の情報がない状態で解析を実施）
得られた情報より故障要素を判定し、故障メカニズムを推定、検証



故障品A
起動(5V)時の電流値110mA
（正常品は220mA）



故障品B
起動(5V)時の電流値1mA
（正常品は220mA）

故障品A、B共に電流値の低下を確認（故障モード）

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

5.最新の非破壊検査の適用事例（3）

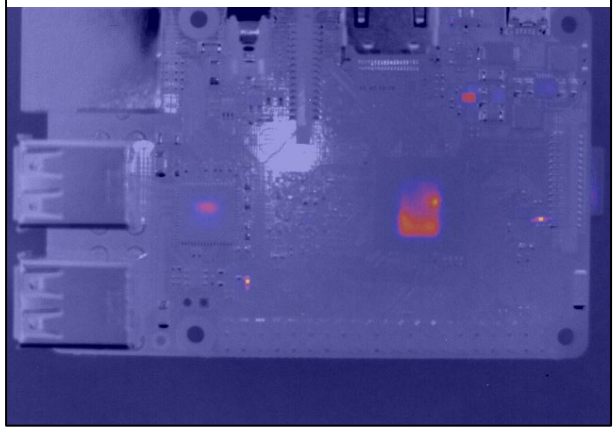
（3）実装基板(ラズベリーパイ)の解析 「最新の非破壊解析」検証実験

故障品Aの解析

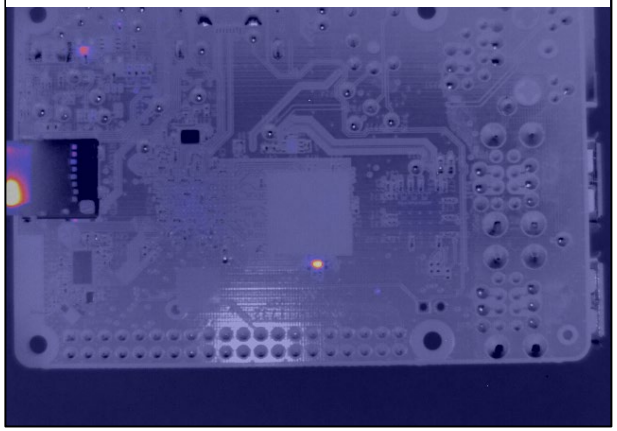
パルス無しの発熱像で良品との差異を確認
LAN9514が正常動作していないと推測(故障部位)

ロックイン発熱像（強度像）

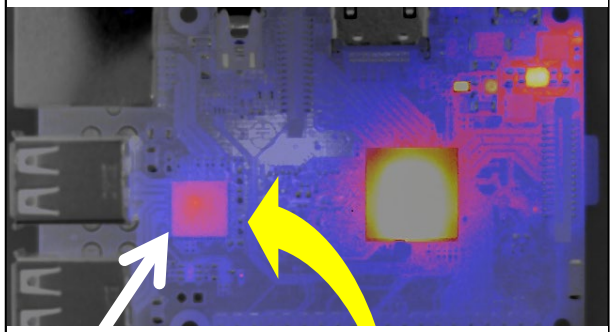
故障品A 表面 パルス有



故障品A 裏面 パルス有



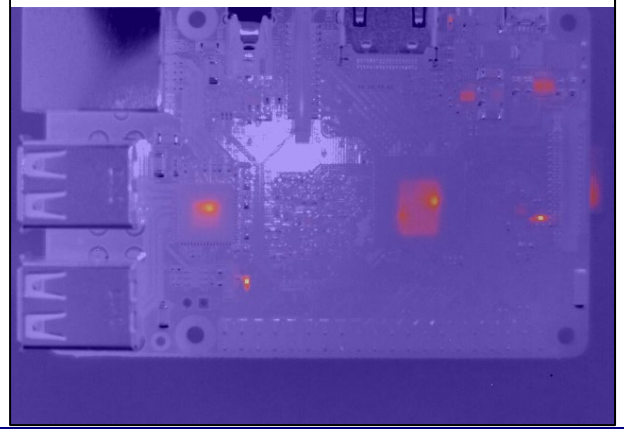
故障品A 表面 パルス無



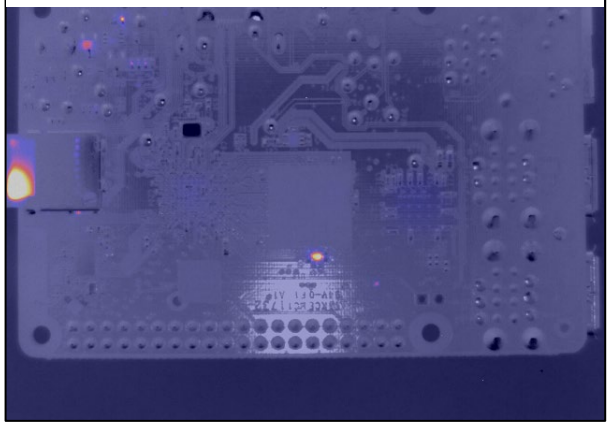
LAN9514
（USB,LANインターフェース）

発熱の差異を確認

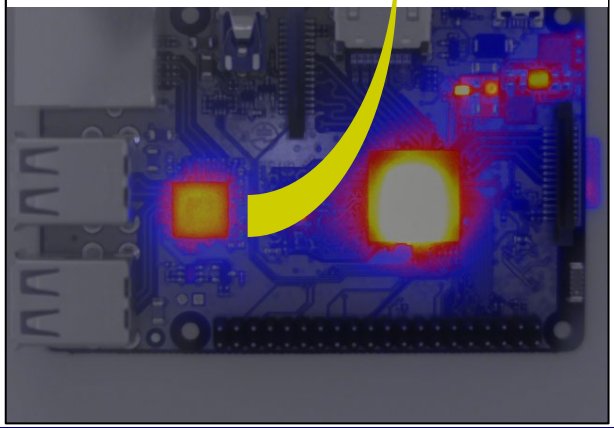
良品 表面 パルス有



良品 裏面 パルス有



良品 表面 パルス無



© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

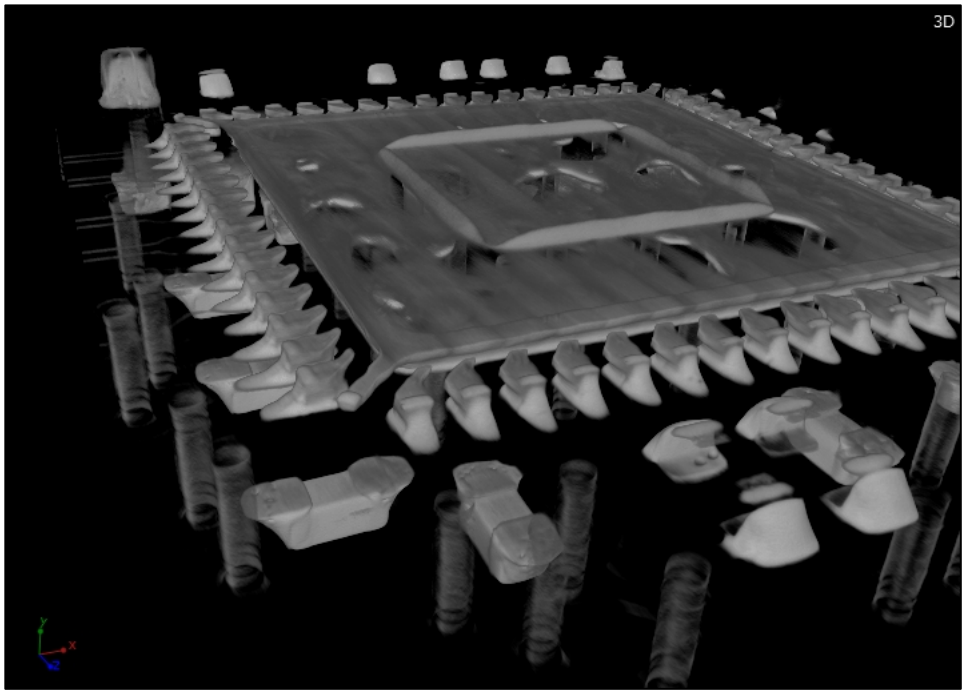
5.最新の非破壊検査の適用事例（3）

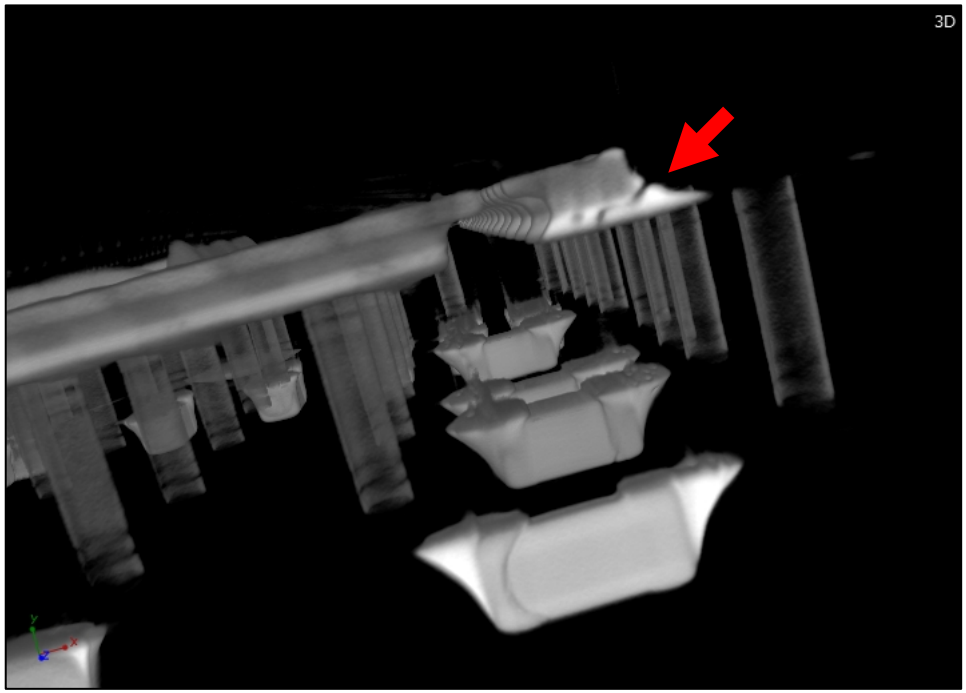
（3）実装基板(ラズベリーパイ)の解析 「最新の非破壊解析」検証実験

故障品Aの解析

故障部位(LAN9514)周辺部のX線CT検査像

QFNパッケージのはんだ部にクラックを確認（故障要素）





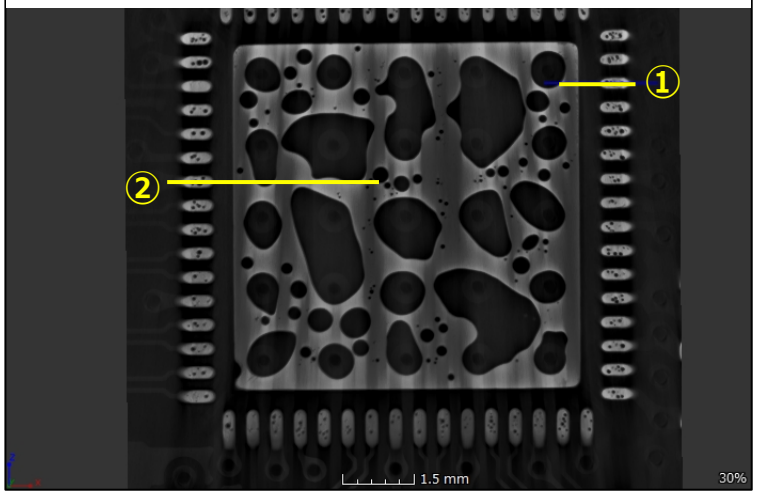
© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

5.最新の非破壊検査の適用事例（3）

（3）実装基板(ラズベリーパイ)の解析 「最新の非破壊解析」検証実験

故障品Aの解析　　**故障部位(LAN9514)周辺部のX線CT検査像**

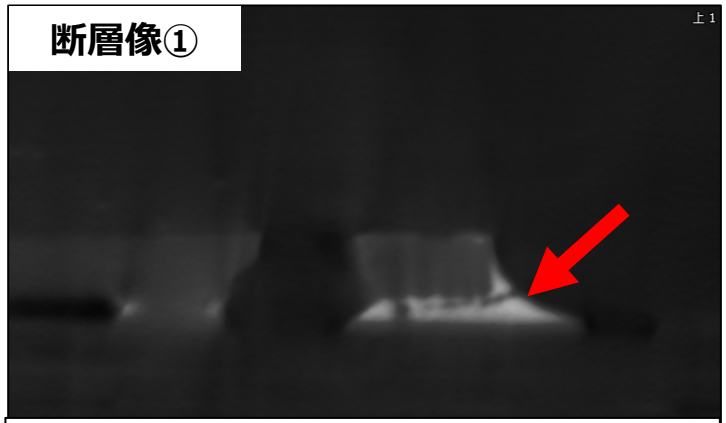
基板との接続部スライス画像



故障要素　　：QFNパッケージのはんだ部のクラック
故障メカニズム：熱ストレスによるものと推定
⇒非破壊解析により解析を完了
（所要時間：2時間程度）

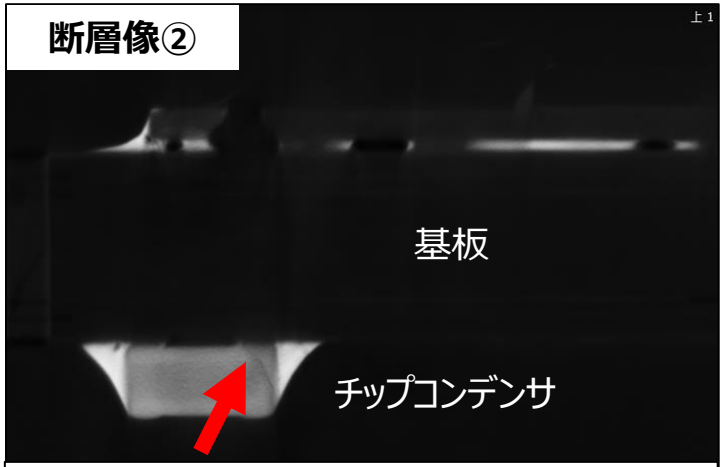
故障発生方法：温度サイクル試験による破壊品
⇒ 故障メカニズムと一致

断層像①



QFNパッケージのはんだ部にクラックを確認
（故障要素）

断層像②



LAN9514

チップコンデンサのクラックも確認

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

5.最新の非破壊検査の適用事例（3）

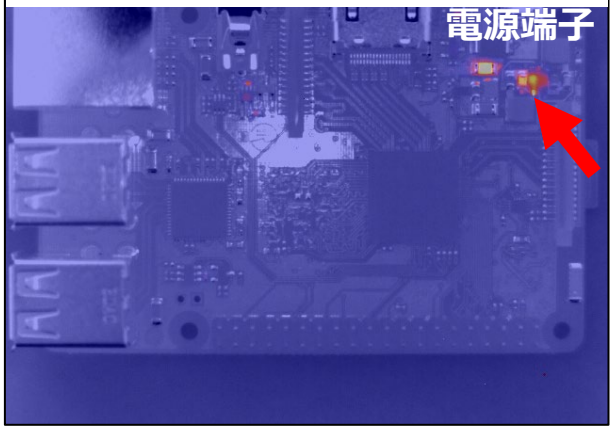
（3）実装基板(ラズベリーパイ)の解析 「最新の非破壊解析」検証実験

故障品Bの解析

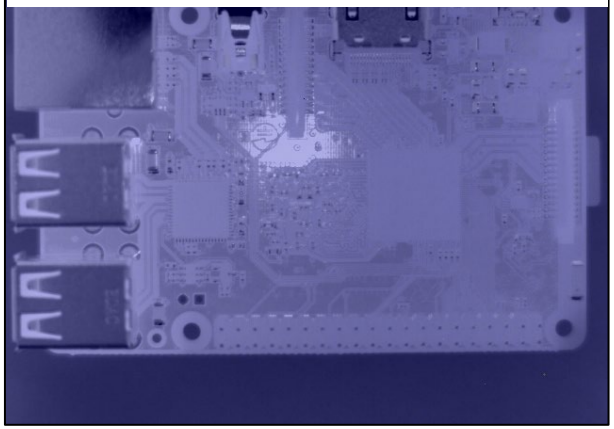
電源端子近傍の部品（矢印部分）のみ発熱（良品と差異あり）
この先には電力供給されていないものと判断（故障部位）

ロックイン発熱像（強度像）

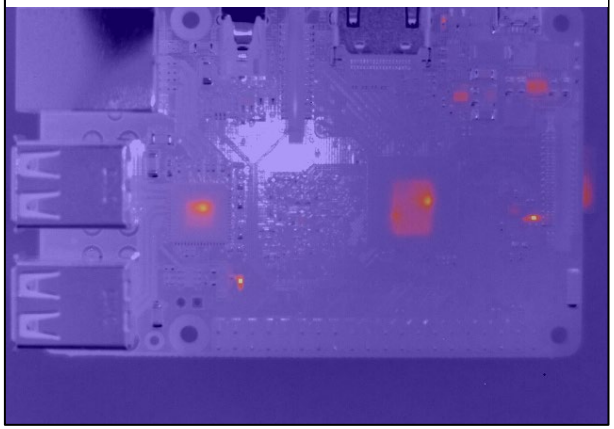
故障品B 表面 パルス有



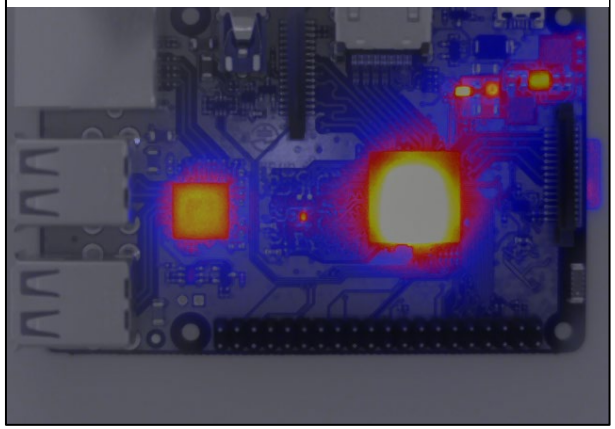
故障品B 表面 パルス無



良品 表面 パルス有



良品 表面 パルス無



© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

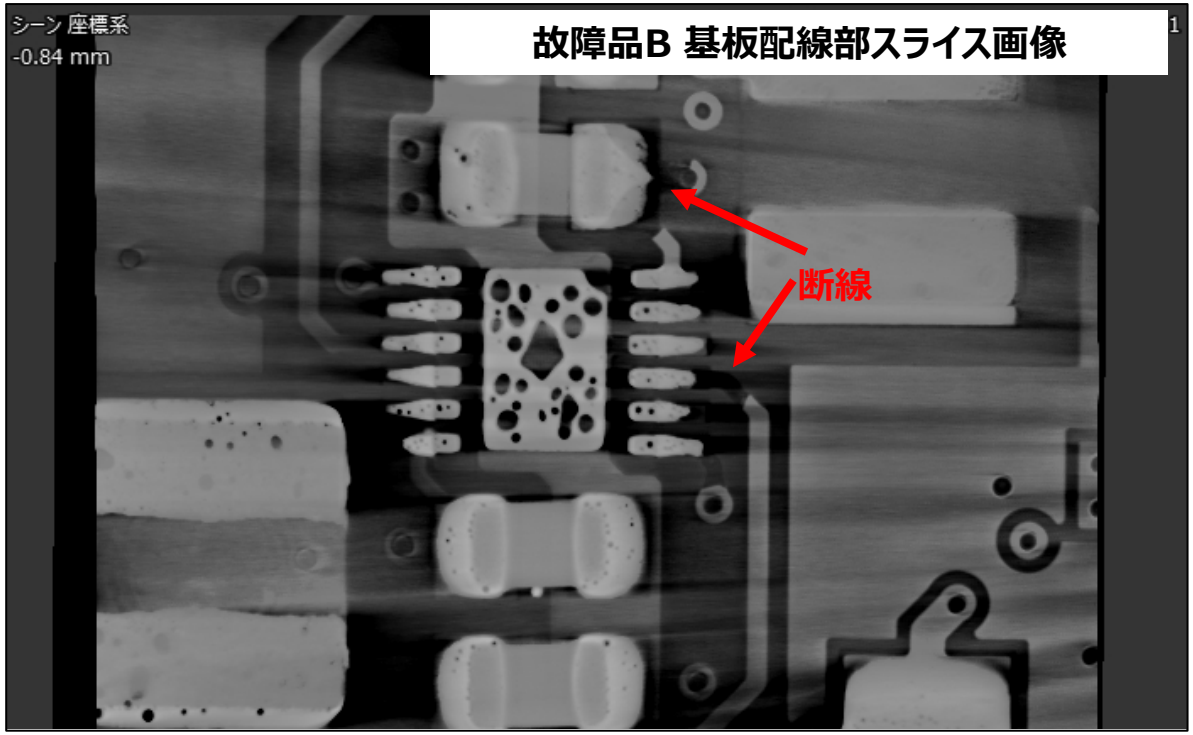
5.最新の非破壊検査の適用事例（3）

（3）実装基板(ラズベリーパイ)の解析 「最新の非破壊解析」検証実験

故障品Bの解析

故障部位周辺部のX線CT検査像

故障要素　　：基板配線の断線
故障メカニズム　　：腐食等によるメタルの溶解消失と推定
⇒非破壊解析により解析を完了（所要時間：2時間程度）



故障発生方法：リン酸による腐食発生品　⇒ 故障メカニズムと一致

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. はじめに（故障解析について）

2. 従来の故障解析とその問題点

3. 最新の故障解析とそのメリット

4. 非破壊検査装置の原理・特徴

4.1 ロックイン発熱解析装置

4.2 X線CT検査装置

5. 最新の非破壊解析の適用事例

6. まとめ

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

6.まとめ

■ **最新の非破壊検査を活用した故障解析フローを確立、検証し、サービスとして展開した**

1）故障部位の絞り込み　：ロックイン発熱解析の適用

2）故障部位の観察　　：X線CT検査の適用

■ **このフローにより、非破壊で故障部位を特定、故障部位の拡大観察を行うことが可能となった（約7～8割）**

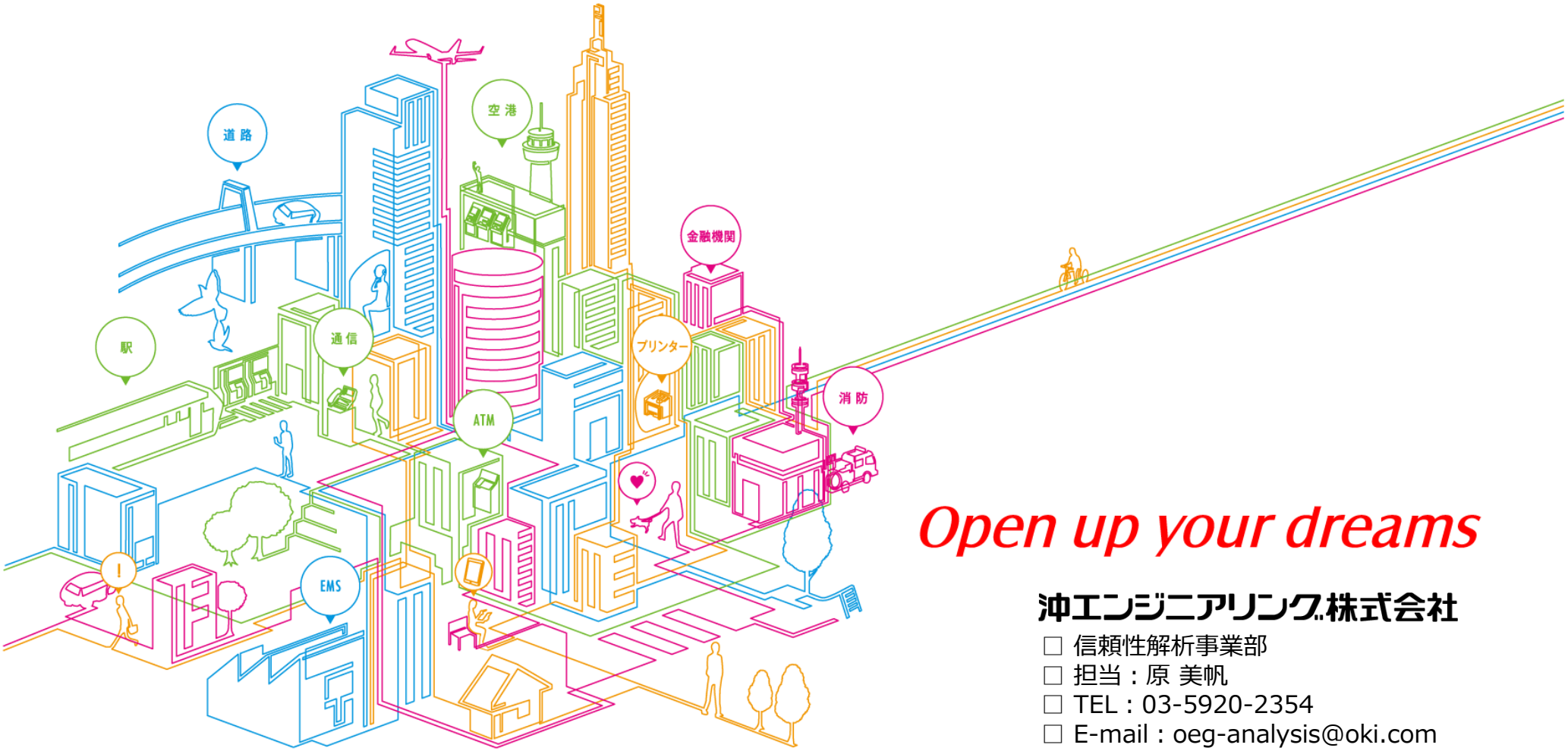
⇒故障の状態によっては、故障要素を非破壊検査のみで検出も可能（約3～4割）

⇒検出できた場合は、非破壊検査のみで故障メカニズムの推定まで実施可能（最短1日）

OEGでは、市場動向を踏まえた技術的知識およびノウハウと、ロックイン発熱解析装置、X線CT検査装置に代表される故障解析ツール、豊富な各種分析・観察ツールを駆使し、お客様の「困った」を解決するために、今後も取り組んでまいります

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.

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
□ 信頼性解析事業部
□ 担当：原 美帆
□ TEL：03-5920-2354
□ E-mail：oeg-analysis@oki.com
□ URL：http://www.oeg.co.jp/

© Copyright 2018 Oki Engineering Co., Ltd.