2020 OEGセミナー

# 目的別良品解析の提案

## ～目的に応じた解析によるコスト削減と納期短縮～

2020年11月6日

沖エンジニアリング株式会社
信頼性解析事業部
立山　博丈

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 目次

1. 良品解析

1.1 良品解析とLSIプロセス診断について
1.2 LSIプロセス診断の検査内容
1.3 LSIプロセス診断の利用ニーズの変遷
1.4 目的別良品解析とは

2. 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

3. まとめ

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 目次

1. 良品解析

1.1 良品解析とLSIプロセス診断について
1.2 LSIプロセス診断の検査内容
1.3 LSIプロセス診断の利用ニーズの変遷
1.4 目的別良品解析とは

2. 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

3. まとめ

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 1.1 良品解析とLSIプロセス診断について

## ■良品解析（※MIL規格などに準拠した解析）

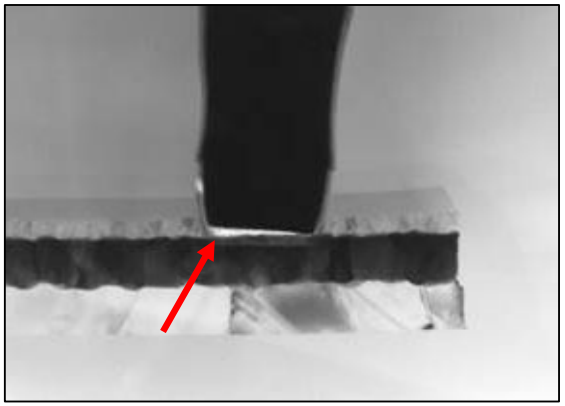
- 正常に動作する電子部品を物理解析し、欠陥や不具合構造を検出、規格に合わないものを除外する
- 規格によるOK（適合）/NG(不適合)

★製造プロセスの進化（微細プロセス化）が激しい部品では検査手法や判定基準が追従できない

**発展**

## ■LSIプロセス診断（OEG独自の判定基準）

- 約40年実施してきた故障解析のデータベース（故障の発生しやすい箇所等）をもとにLSIに特化させた検査手法/判定基準
- 10項目（詳細な）検査にて欠陥を抽出
- LSIの製造プロセスの進化に合わせ、随時基準を更新し、欠陥に対し定量評価（点数評価）
- 将来、故障に至る危険性を推定し、問題解決のための処方を提供



断面TEM検査例：プラグの接続不良

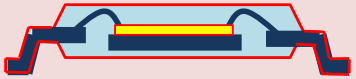
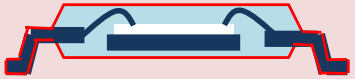
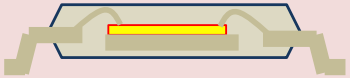
検査結果
コンタクトの一部が接触しているため、テストでは合格となるが、温度変化や通電（稼働時間）で、不具合となる可能性がある

※MIL（MIL規格）：アメリカ国防総省が米軍の物資調達のために制定した規格

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 1.2 LSIプロセス診断の検査内容

**LSIプロセス診断の基本的な内容は、3種類に分類されたメニューをご提供**

| 名称 | | LSIプロセス診断 | アセンブリプロセス良品解析 | ウェハプロセス良品解析 |
|---|---|---|---|---|
| 目的・コンセプト | | IC全体を広く詳細に解析 | パッケージ構造に着目した解析 | チップ構造に着目した解析 |
| | |  |  |  |
| 検査項目 | | | | |
| アセンブリプロセス | ①外観検査 | ○ | ○ | – |
| | ②X線検査[透過、CT] | ○ | ○ | – |
| | ③超音波探査 | ○ | ○ | – |
| | ④パッケージ断面検査 | ○ | ○ | – |
| | ⑤内部検査 | ○ | ○ | – |
| | ⑥クレータリング検査 | ○ | ○ | – |
| ウェハプロセス | ⑦チップ表面検査 | ○ | ○ | ○ |
| | ⑧断面SEM検査 | ○ | – | ○ |
| | ⑨断面TEM検査 | ○ | – | ○ |
| | ⑩エッチバック検査 | ○ | – | ○ |
| 総合診断（判定） | | ○ | ○（※：総合点は参考値） | ○（※：総合点は参考値） |
| 解析期間 | | 2ヵ月 | 3週間 | 3週間 |

○：実施項目
－：検査対象外

アセンブリプロセス：チップをICパッケージに実装する工程にて検査を実施①～⑥

ウェハプロセス：トランジスタや配線を半導体ウェハ上に多数形成して電気回路を作る前工程にて検査を実施⑦～⑩

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 1.3 LSIプロセス診断の利用ニーズの変遷

## LSIプロセス診断をご依頼いただく、お客様の目的・ご要望

- 新規採用にともなう品質確認
- 部品選択時（例：同機能部品）の比較検討
- 正確なデバイス構造の把握・構造観点からの品質確認
- 効果的な信頼性試験を実施するため事前情報収集　など

**総合解析**
**ご提案**
**LSIプロセス診断**
**アセンブリプロセス診断**
**ウェハプロセス診断**

## 近年、新規採用以外でのご利用のニーズが高まっている

- ICの製造工場変更にともなう品質確認
- パッケージやワイヤー材の変更による品質確認
- サイレントチェンジ品の品質確認　など

**目的に応じて検査項目を最少にセレクション**
**ご提案**
**目的別良品解析**

**目的別良品解析**
**事象に応じて目的に即した解析をご提案**

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 1.4 目的別良品解析とは

LSIプロセス診断の検査項目一覧 → チェックリストを用いて検査項目を選別 → 目的に応じた良品解析のリストを作成

| LSIプロセス診断の検査項目一覧 |
|---|
| ①外観検査 |
| ②X線検査 [透過、CT] |
| ③超音波探査 |
| ④パッケージ断面検査 |
| ⑤内部検査 |
| ⑥クレータリング検査 |
| ⑦チップ表面検査 |
| ⑧断面SEM検査 |
| ⑨断面TEM検査 |
| ⑩エッチバック検査 |
| 総合診断（判定） |

チェックリスト
（例：ワイヤー変更）

| 確認項目 | 懸念 | 検査項目 | 実施 |
|---|---|---|---|
| 製品外観は正常か | 腐食、マイグレーション、割れ、ふくらみ、変形、メッキ状態など | 外観検査 | × |
| 内部組立構造の確認 | 組立構造、樹脂中ボイド、異物の有無、チップの取付状態、クラック、ワイヤーボンディングの不具合 | X線検査 | ○ |
| ワイヤーボンディングの接続状態確認 | 合金層の形成状態、ボールボンドの形状、スプラッシュの発生状況、クレータリングの有無 | パッケージ断面 | ○ |
| | | | |
| 十分なプル強度を有しているか | プル強度の低下 | ワイヤープル強度測定 | ○ |

目的別良品解析の解析リスト

- プロセス変更
- 工場変更
- 真贋判定
- サイレントチェンジ品
- ワイヤー変更
  - ②X線検査
  - ④パッケージ断面
  - ・・・

チェックリストを用いてお客様のニーズ（目的）に合った検査をLSIプロセス診断の検査項目から選別することで、低コスト、短納期で解析が可能

リスト項目からの抽出により評価に必要な検査項目を無駄なく選定、的確な評価が可能となる

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 目次

1. 良品解析

1.1 良品解析とLSIプロセス診断について
1.2 LSIプロセス診断の検査内容
1.3 LSIプロセス診断の利用ニーズの変遷
1.4 目的別良品解析とは

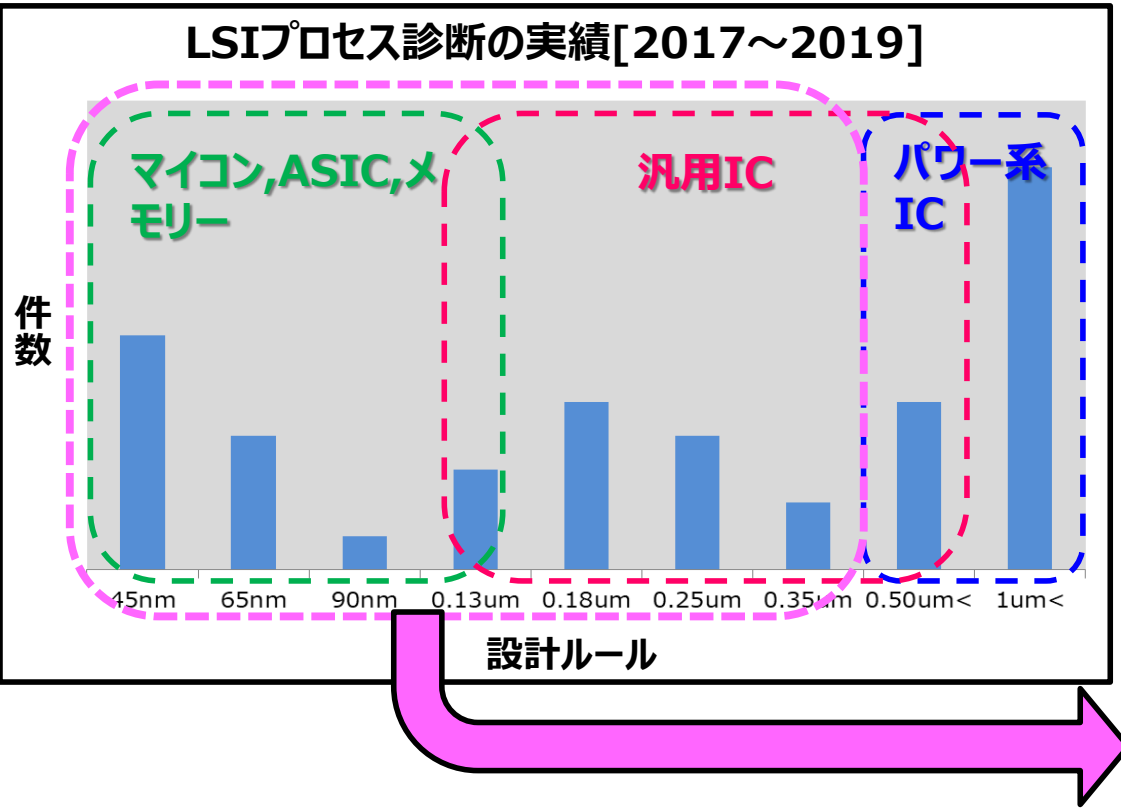
2. 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

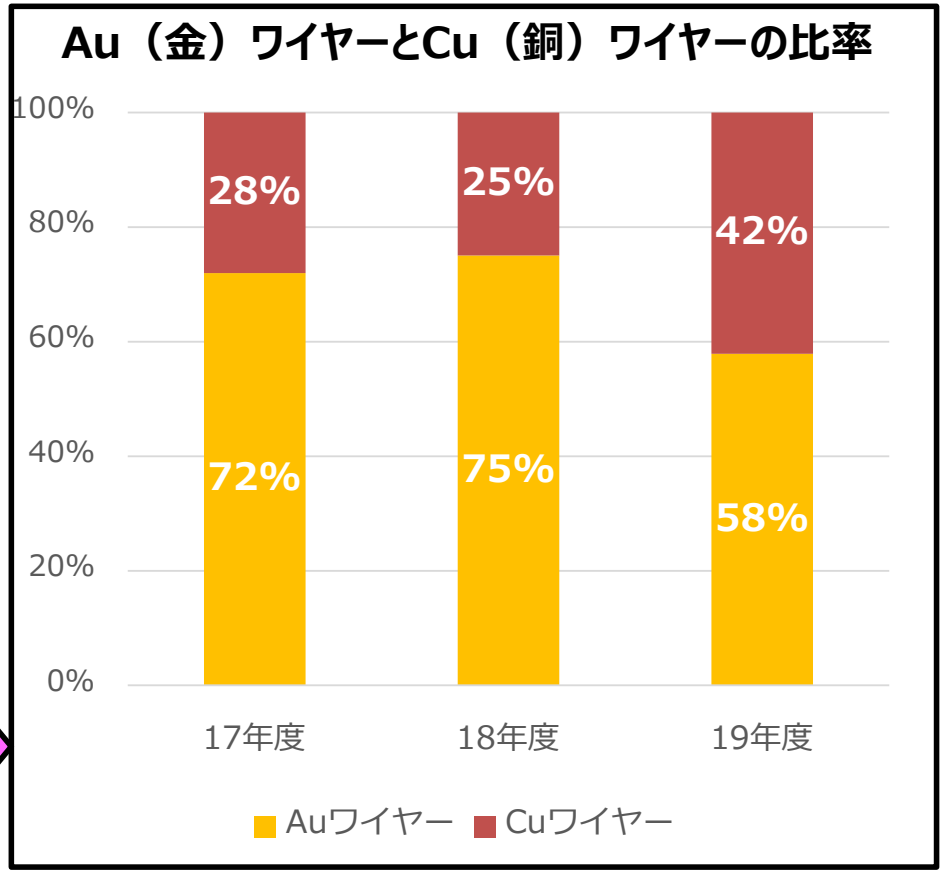
3. まとめ

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.1 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## Cu（銅）ワイヤーの解析依頼が増加（LSIプロセス診断実績）




- 金価格高騰に伴いＣｕワイヤーへの変更が求められている
- Ｃｕワイヤリングの技術が進歩、変更が加速している

目的別良品解析の事例として、AuワイヤーからCuワイヤーへ変更したICについての解析例を示します

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.2 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## ご依頼の目的

既存使用ICでメーカーからワイヤー材質（ＡｕからＣｕ）の変更アナウンスを受けたメーカーからは従来と同等の品質を維持しているとのデータが示されたがユーザーサイドでも品質の確認を実施したい

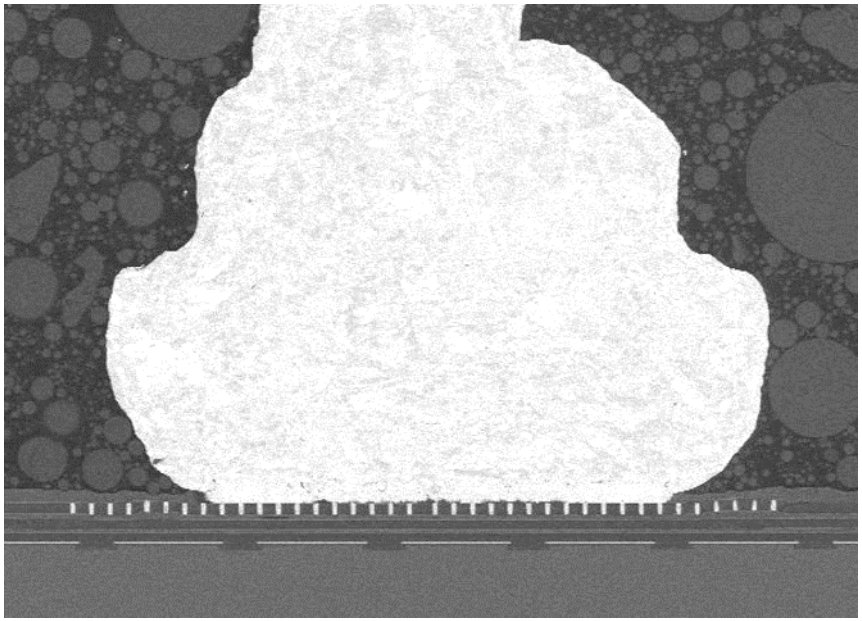
| 確認項目 | 懸念 | 検査項目 | 実施 |
|---|---|---|---|
| 製品外観は正常か | 腐食、マイグレーション、割れ、ふくらみ、変形、メッキ状態など | 外観検査 | × |
| | | | |
| 内部組立構造の確認 | 組立構造、樹脂中ボイド、異物の有無、チップの取付状態、クラック、ワイヤーボンディングの不具合 | X線検査 | ○ |
| | | | |
| ワイヤーボンディングの接続状態確認 | 合金層の形成状態、ボールボンドの形状、スプラッシュの発生状況、クレータリングの有無 | パッケージ断面 | ○ |
| | | | |
| | | | |
| 十分なプル強度を有しているか | プル強度の低下 | ワイヤープル強度測定 | ○ |
| | | | |

チェックリストからCuワイヤーに着目した検査を選別する

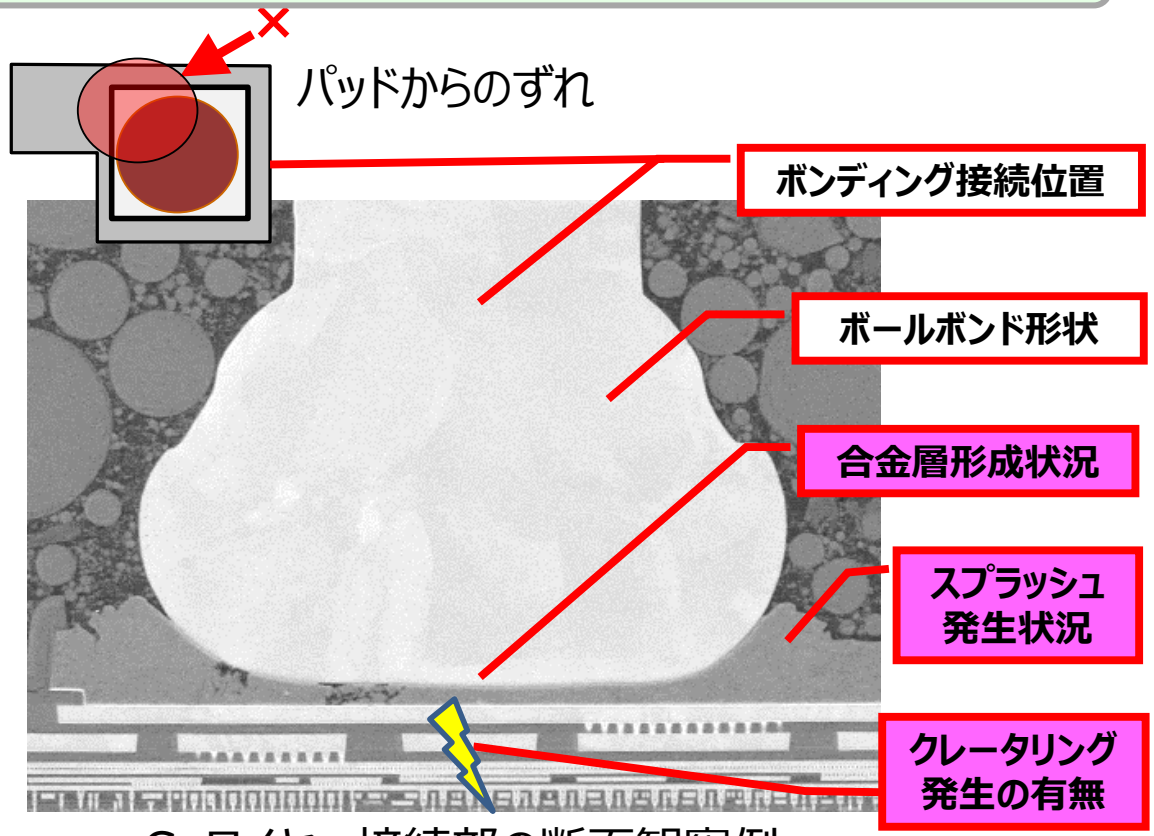
© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.3 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## AuワイヤーからCuワイヤーへ変更した場合の解析ポイント例（着眼点の最適化）



Auワイヤー接続部の断面観察例




Cuワイヤー接続部の断面観察例

- **Auと比較してCuは硬い性質を持ち、酸化もしやすいためボンディング条件も異なる。特に酸化による合金層の形成不良やボンデイング圧過多によるスプラッシュ、クレータリング発生の有無に関しては、注意が必要となる**

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.4 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## アセンブリプロセス良品解析とCuワイヤーに着目した良品解析の比較

| 名称 | アセンブリプロセス良品解析 | | Cuワイヤーに着目した良品解析 | |
|---|---|---|---|---|
| コンセプト | パッケージ構造に着目した解析 | | AuワイヤーからCuワイヤーへの変更に着目した解析 | |
| 検査項目 | 実施項目 | 検査部位 | 実施項目 | Cuワイヤーに着目した検査部位/検査部位 |
| ①外観検査 | ○ | 3/3 | – | |
| ②X線検査 [透過、CT] | ○ | 5/5 | ○ | 1/5 |
| ③超音波探査 | ○ | 5/5 | – | |
| ④パッケージ断面検査 | ○ | 6/6 | ○ | 2/6 |
| ⑤内部検査 | ○ | 5/5 | ○ | 2/5 |
| ⑥クレータリング検査 | ○ | 1/1 | ○ | 1/1 |
| ※ワイヤープル強度測定 | – | | △ | 1/1 |
| ⑦チップ表面検査 | ○ | 3/3 | ○ | 3/3 |
| ⑧断面SEM検査 | – | | – | |
| ⑨断面TEM検査 | – | | – | |
| ⑩エッチバック検査 | – | | – | |
| 全検査部位 | 28/28 | | 10/21 | |
| 総合診断（判定） | ○（※：総合点は参考値） | | ○（※：総合点は参考値） | |
| 解析期間 | 3週間 | | 1.5週間 | |

○：実施項目
△：オプション
ー：検査対象外

検査項目の削除と各検査項目で対象部位が絞られることで、コストと納期を削減

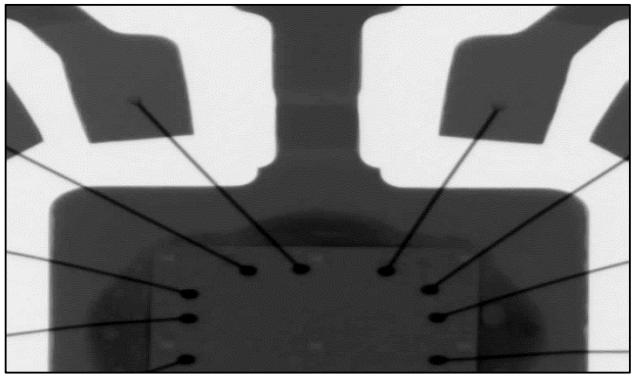
アセンブリプロセス良品解析と比較して、Cuワイヤー品に着目した解析（追加オプションを含む）を行うことで**コスト約40%削減、納期約50%短縮**が可能

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

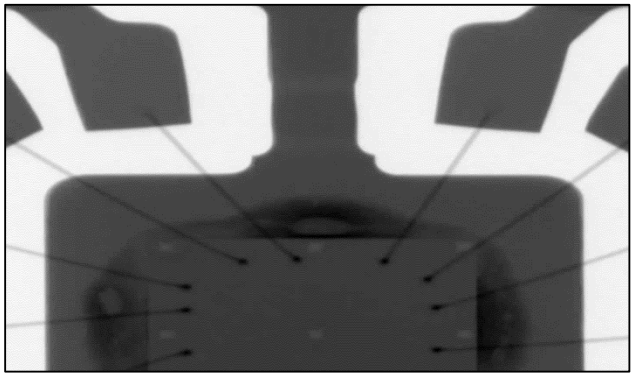
# 2.5 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## X線検査

Auワイヤー



Cuワイヤー



ワイヤリング形状

| 検査部位 | 検査項目 |
|---|---|
| パッケージ内部 | 組立構造 |
| | ボイド |
| | 異物 |
| | 封止状態 |
| | その他 |
| チップ | 取り付け状態 |
| | クラック,欠損 |
| | ボンドムラ、ボイド |
| | その他 |
| ダイボンド | クラック,欠損、剥離 |
| | ムラ、ボイド |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | はみ出し |
| | その他 |
| **ワイヤリング** | **ループ形状** |
| | **欠損、細り** |
| | **その他** |
| リード フレーム | 形状 |
| | バリ |
| | その他 |

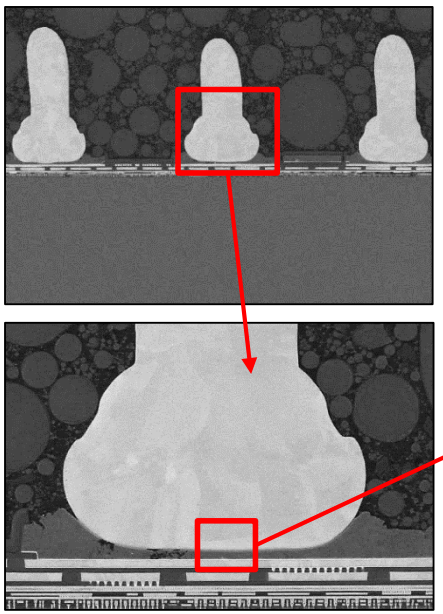
緑：目的の検査項目
青：目的の検査を行う際に、同時に観察可能な項目

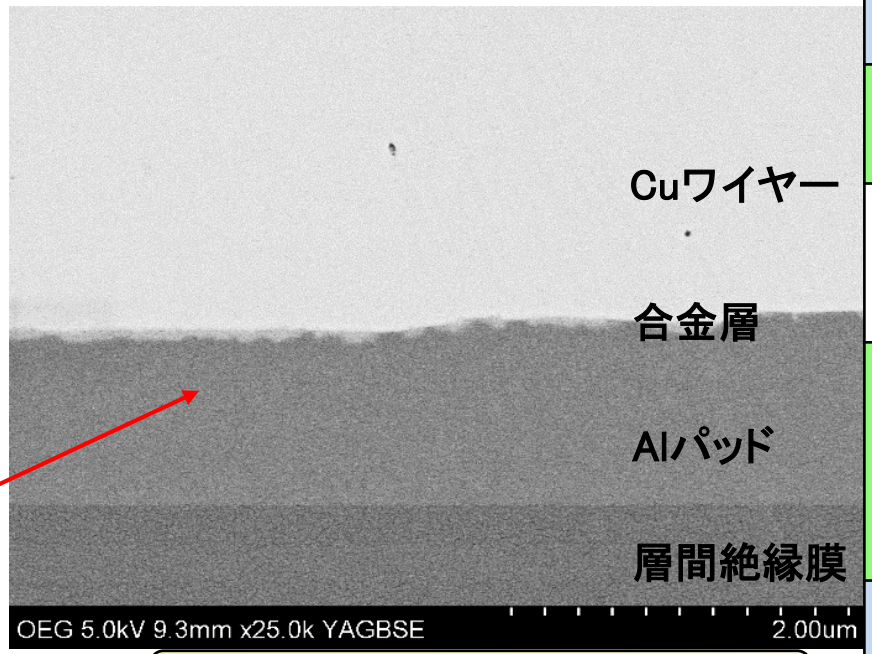
- 異常は観察されていない

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.6　目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## パッケージ断面検査






合金層の状態確認

| 検査部位 | 検査項目 |
|---|---|
| パッケージ | クラック,欠損,変形 |
| | ボイド、ふくれ、剥離 |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | その他 |
| **ワイヤリング** | **欠損、細り、傷** |
| | **ファーストボンド接続界面** |
| | **セカンドボンド接続界面** |
| インナーリード | 欠損,変形,ボイド |
| | 接続界面 |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | その他 |
| **素子** | 取り付け状態 |
| | **クラック,欠損** |
| | ダイボンド |
| | バリ |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | その他 |
| ダイボンド | クラック,欠損、剥離 |
| | ムラ、ボイド |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | はみ出し |
| | その他 |
| アウターリード | クラック,欠損、剥離 |
| | ボイド |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | その他 |

緑：目的の検査項目
青：緑部の検査を行う際に、同時に観察可能な項目
白：目的外の検査部位のため、検査を行わない項目

- Cuワイヤーは合金層が薄いため合金層状態の確認を行うには、Auワイヤーと異なる断面加工方法が必要となる。サンプリングについても最適化を行っている。

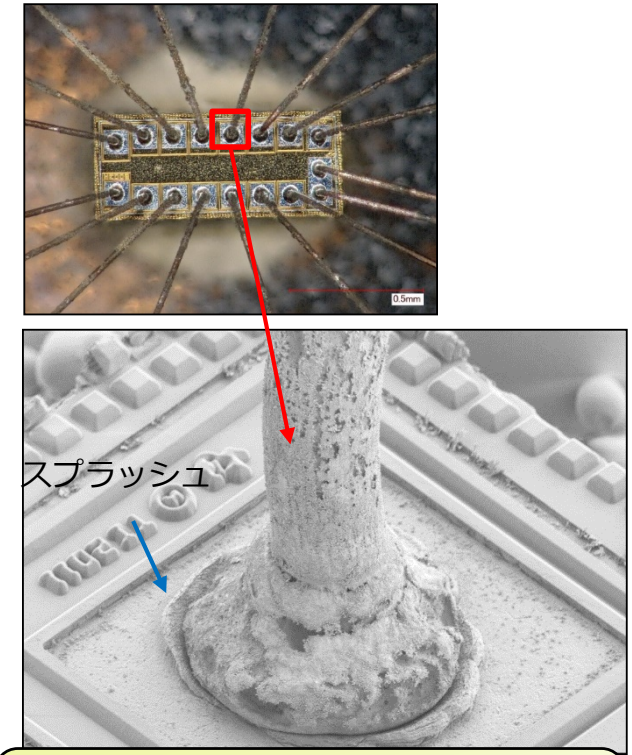
■ 異常は観察されていない

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

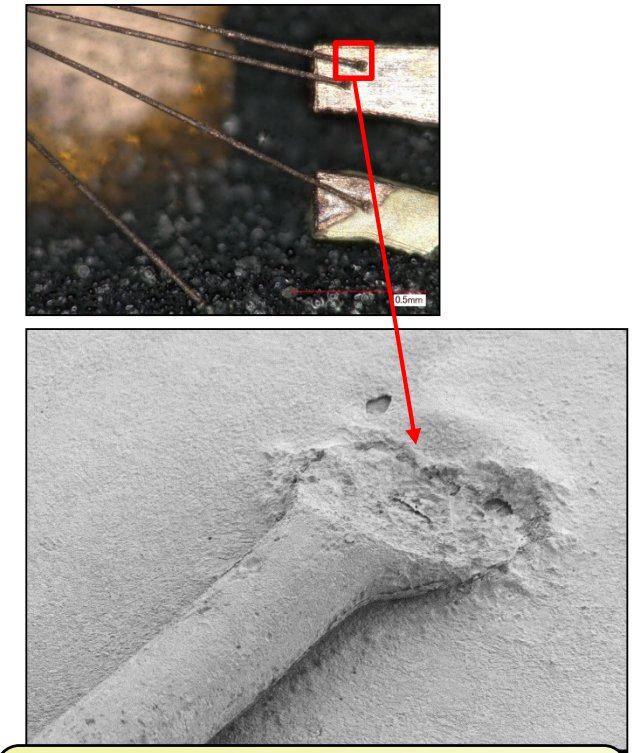
# 2.7 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## 内部検査

- **CuワイヤーはAuワイヤーと同様に開封を行うとダメージが大きいため、特殊な開封を行う必要がある**




Cuワイヤー
1stボンディング部拡大写真



Cuワイヤー
2ndボンディング部拡大写真

| 検査部位 | 検査項目 |
|---|---|
| インナーリード | 欠損,変形 |
| | バリ |
| | メッキ状態 |
| | その他 |
| **ワイヤリング** | **ループ形状** |
| | **欠損、細り、傷** |
| | **ファーストボンド位置、形状** |
| | **セカンドボンド位置、形状** |
| | **その他** |
| **素子** | 取り付け状態 |
| | **クラック,欠損（表面）** |
| | ダイボンド |
| | バリ |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | クレータリング |
| | その他 |
| ダイボンド | クラック,欠損、剥離 |
| | ムラ、ボイド |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | はみ出し |
| | その他 |
| パッケージ内部 | 内部状態 |
| | 汚染、腐食、異物 |
| | クラック,欠損 |
| | その他 |

- 異常は観察されていない

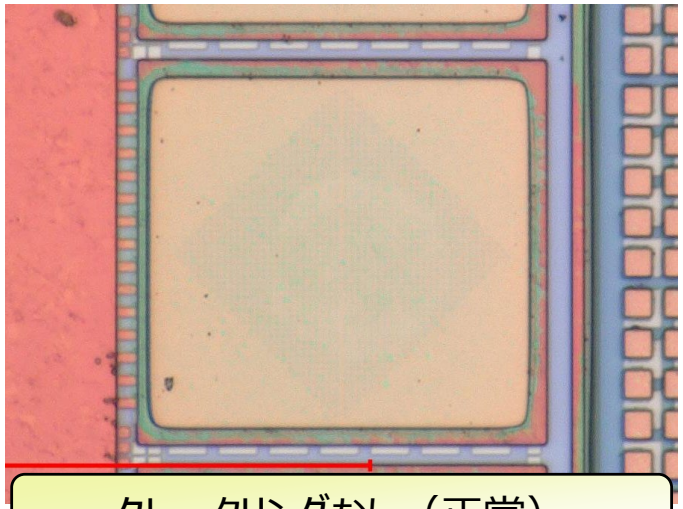
緑：目的の検査項目
青：緑部の検査を行う際に、同時に観察可能な項目

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

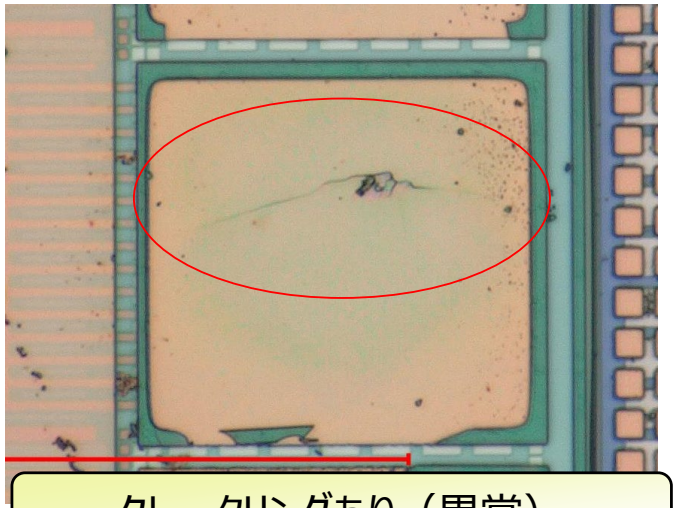
# 2.8 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

**クレータリング検査**

ボンディングされたワイヤーとアルミパットを薬液で除去しボンディングパット部の層間膜ダメージ等を検査すること



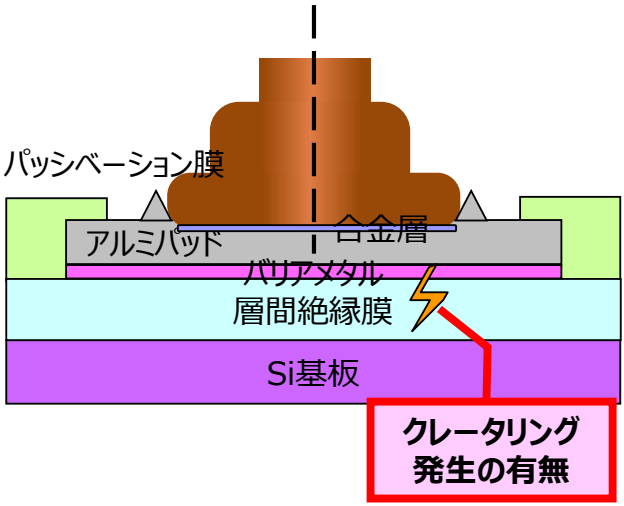
クレータリングなし（正常）



クレータリングあり（異常）

| 検査部位 | 検査項目 |
|---|---|
| パッド下層 | クレータリング |

緑：目的の検査項目




## クレータリングが観察された

- クレータリングの発生は、クラックを介しての水分浸入によるメタルの腐食、クラックの伸長によるメタル配線の断線等を引き起こす可能性がある
- クレータリングが確認された場合、危険度を確認するため、※FIBによる断面検査で下層へのダメージ確認が推奨される

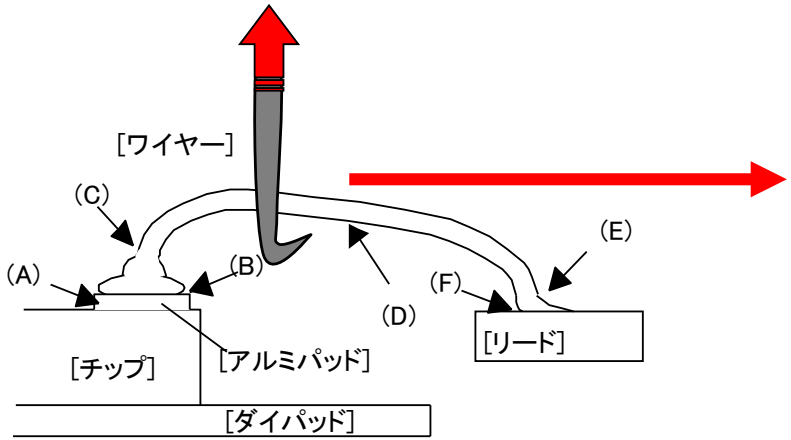
※FIB（Focused Ion Beam）：集束したイオンビームを試料に照射し、加工、観察など行う装置

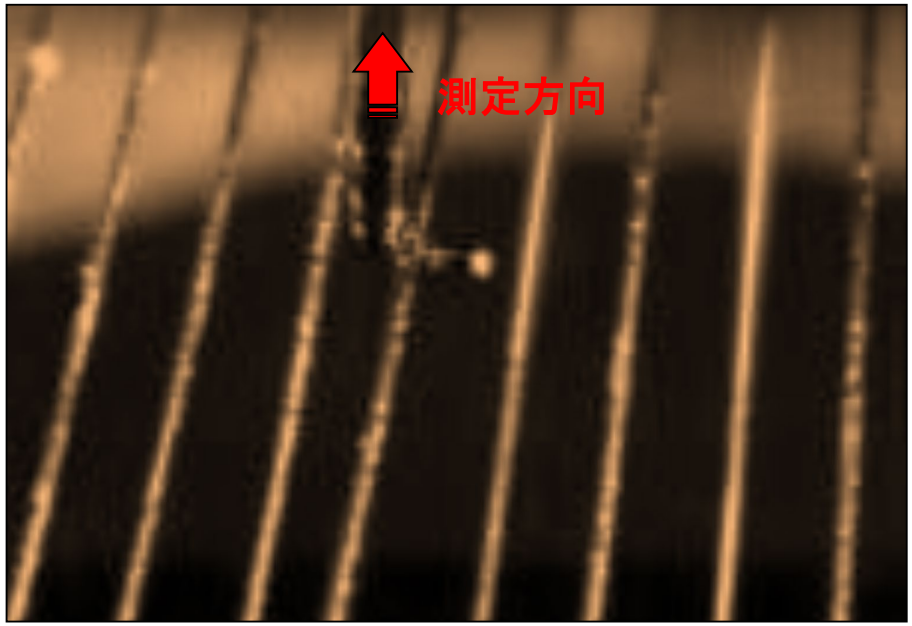
© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.9　目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## ワイヤープル強度測定

ワイヤーの中央付近をプルフックで垂直に引っ張り上げ、接続強度の測定を行う




例）ワイヤー径25[μm]の場合、
接着強度1.5[gf]未満は不合格判定

| 試料名 | | 測定結果 | |
|---|---|---|---|
| 試験数 | pin番号 | 破壊強度[gf] | 破壊位置 |
| 1 | 1 | 8.90 | C |
| 2 | 2 | 7.26 | C |
| 3 | 3 | 7.75 | C |
| ・・・ | ・・・ | ・・・ | ・・・ |

規格；MIL-STD-883K　METHOD 2011
※1　モールド樹脂の規格は現存しないため、CANパッケージの規格を参考規格として使用
※2　Cuワイヤーの規格は現存しないため、Auワイヤーの規格を参考規格として使用

■ 測定の結果、判定規格以下の強度は観測されなかった

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 2.10 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

## 解析結果一覧

| 検査項目 | 検査結果 |
|---|---|
| X線検査 | 異常なし（減点なし） |
| パッケージ断面検査 | 異常なし（減点なし） |
| 内部検査 | 異常なし（減点なし） |
| クレータリング検査 | クリータリング（-50点） |
| ワイヤープル強度測定 | 異常なし（減点なし） |

- Cuワイヤー変更に着目した良品解析を行った結果、クレータリング検査でパッド下層にクラックが観察された
- 今回観察されたクレータリング（パッド下層のクラック）は、弊社判断基準により-50点と判定しており、部品の採用に関しては、メーカーへの確認が必要であると判断する
- 追加解析として、パッド下層への影響を確認するために、FIBによる断面検査の実施が推奨される

**目的に沿った検査項目をご提案することにより、納期、コストを削減可能**
**また着眼点や検査手法も柔軟に対応可能であり、よりよい解析結果をご提供可能**

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 目次

1. 良品解析

1.1 良品解析とLSIプロセス診断について
1.2 LSIプロセス診断の検査内容
1.3 LSIプロセス診断の利用ニーズの変遷
1.4 目的別良品解析とは

2. 目的別良品解析事例（AuワイヤーからCuワイヤーへの変更）

3. まとめ

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 3. まとめ

**目的別良品解析は効率的な評価をすることで、コスト、時間の削減が可能**

- 目的に応じて、評価すべき内容のチェックリスト作成し、必要な評価をご提供いたします
- 内容により、コスト約40%削減、納期約50%短縮を実現可能です
- 追加評価が必要な場合、チェックリストを有効に活用することで、評価の抜け漏れがない、良品解析が可能です

**OEGでは、約40年実施してきた故障解析のデータベースをもとに、お客様のご要望に応じた目的別良品解析や、その他さまざまな解析サービスをご提供できるよう、今後も取り組んでまいります**

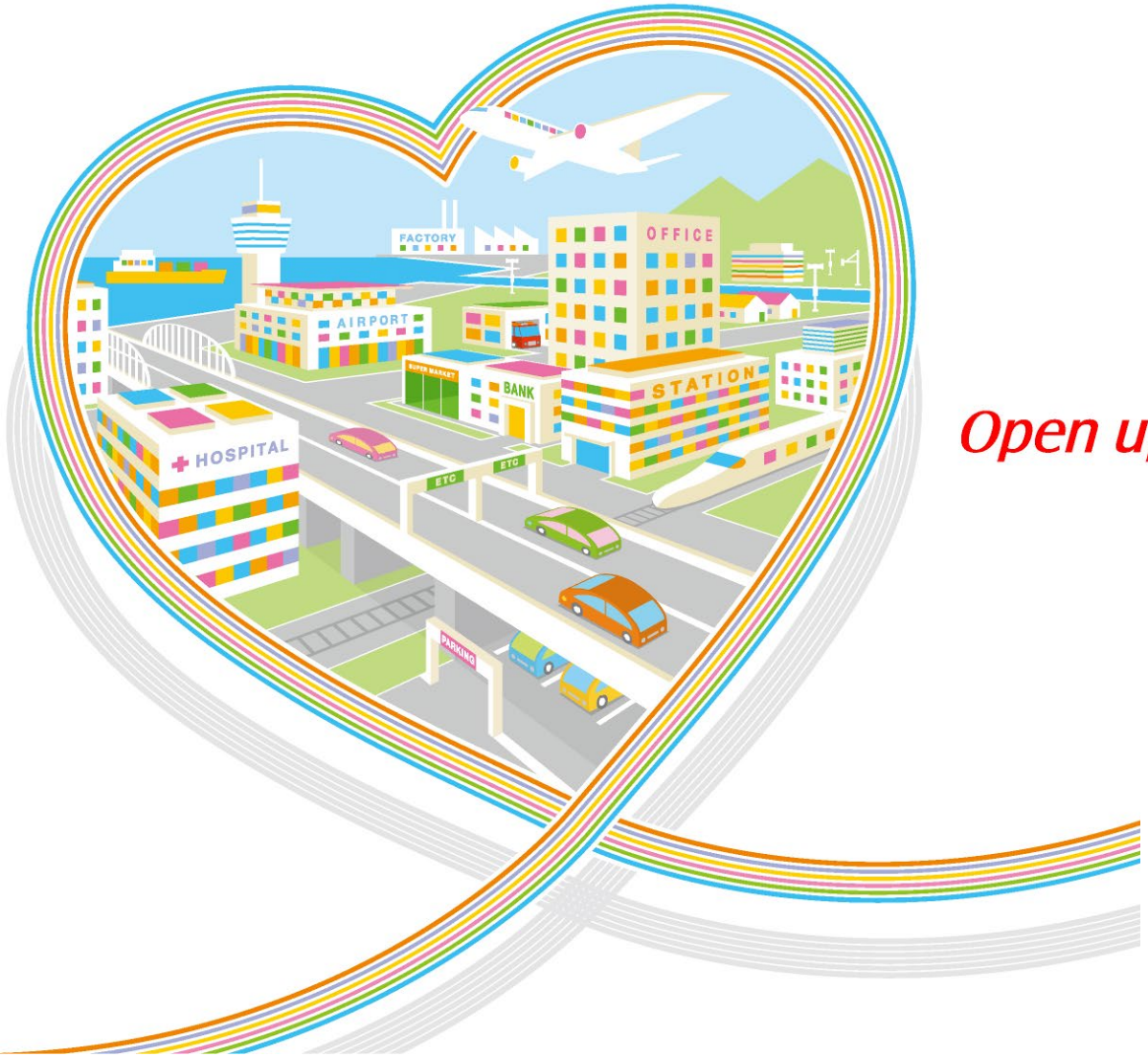
© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.

# 用語リスト

| | |
|---|---|
| X線CT | 物体の周囲から X線を照射し、収集した投影データを再構成することで、断層画像を生成する装置 |
| チップ構造 | ICチップの構造 |
| サイレントチェンジ | 発注元に知らせずに、部品の素材等の仕様が変更され納品されてしまうこと |
| クレータリング | ワイヤーボンディングやプロービングの際にパッド下層に発生するクラック |
| エッチバック（界層解析検査） | エッチングによりチップの積層構造を除去しながら、各メタライゼーションの検査を行う |
| MIL（MIL規格） | アメリカ国防総省が米軍の物資調達のために制定した規格 |
| FIB（Focused Ion Beam） | 集束したイオンビームを試料に照射し、加工、観察など行う装置 |

© Copyright 2020 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　　：立山　博丈
□ TEL　　：03-5920-2354
□ E-mail ：oeg-analysis@oki.com
□ URL　　：https://www.oeg.co.jp/

© Copyright 2020 Oki Engineering Co., Ltd.