2017OEGセミナー

次世代実装に向けた解析手法の開発

～多方向トリミング加工法とFIBを合わせ次世代の断面構造解析を実現～

2017年7月11日

沖エンジニアリング株式会社

信頼性解析事業部
解析センター
柳生　瑛子

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

目次

1. 背景と目的

2. 先端実装品の技術（iphone7）

3. 加工方法

4. 加工及び観察の検討

4.1. FO-WLP(A10)

4.2. 3次元積層パッケージ

4.3. ビルドアップ基板

5. まとめ

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

1.1. 背景

故障解析

故障箇所を特定し、故障部の構造観察により、故障原因を究明する

良品解析

部品の構造観察により、内部に存在する欠陥や不具合の信頼性上のリスクを評価する

従来対象品

IC、LSI、個別半導体、実装基板など

次世代実装品

パッケージの小型化・高集積化

→基板配線のピッチ・幅の高微細化やその他実装構造の高集積化

次世代実装品に対応し得る故障解析・良品解析の確立

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

1.2. 目的と方法

次世代実装品の観察

従来の加工法では観察箇所を得ることは困難
- 良品解析；微細構造の観察
- 故障解析；故障箇所のピンポイント観察

加工精度、加工領域、ダメージ

目的

微細解析（加工・観察）手法を開発する
断面加工を主として行った

試料

入手可能な先端機器であるiphone7

方法

前加工＋集束イオンビーム加工（FIB）を検討
前加工：多方向トリミング加工
FIB：マルチスライス加工・観察（加工・撮影の連続自動方法）、

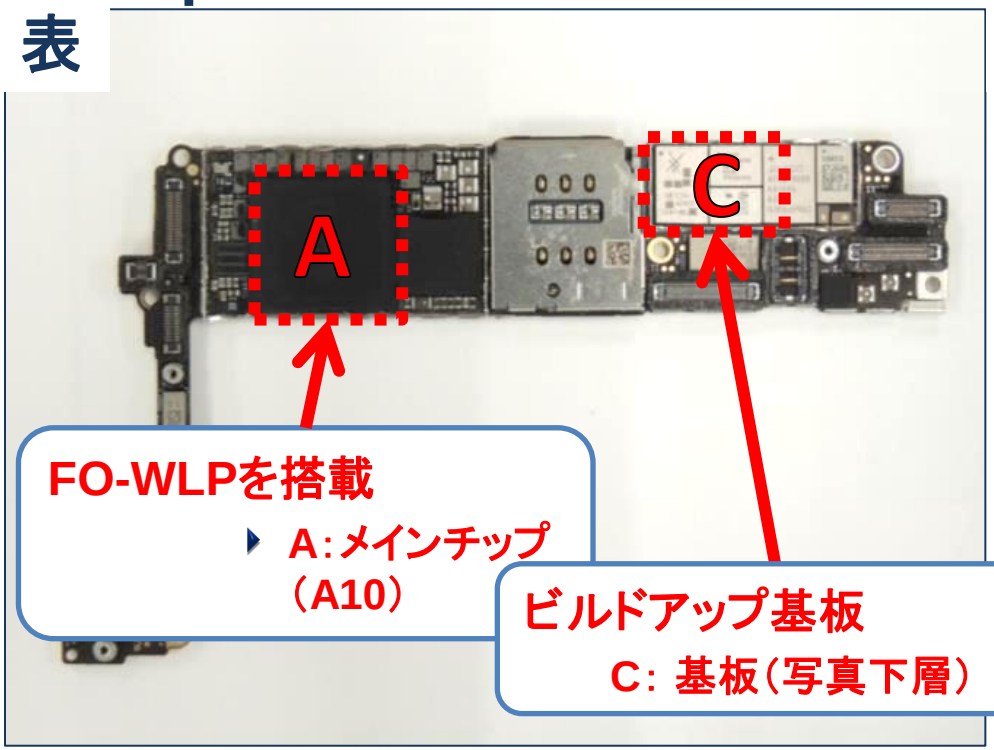
※FIB；Focused Ion Beam
絞ったGaイオンビームの照射で加工する方法

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

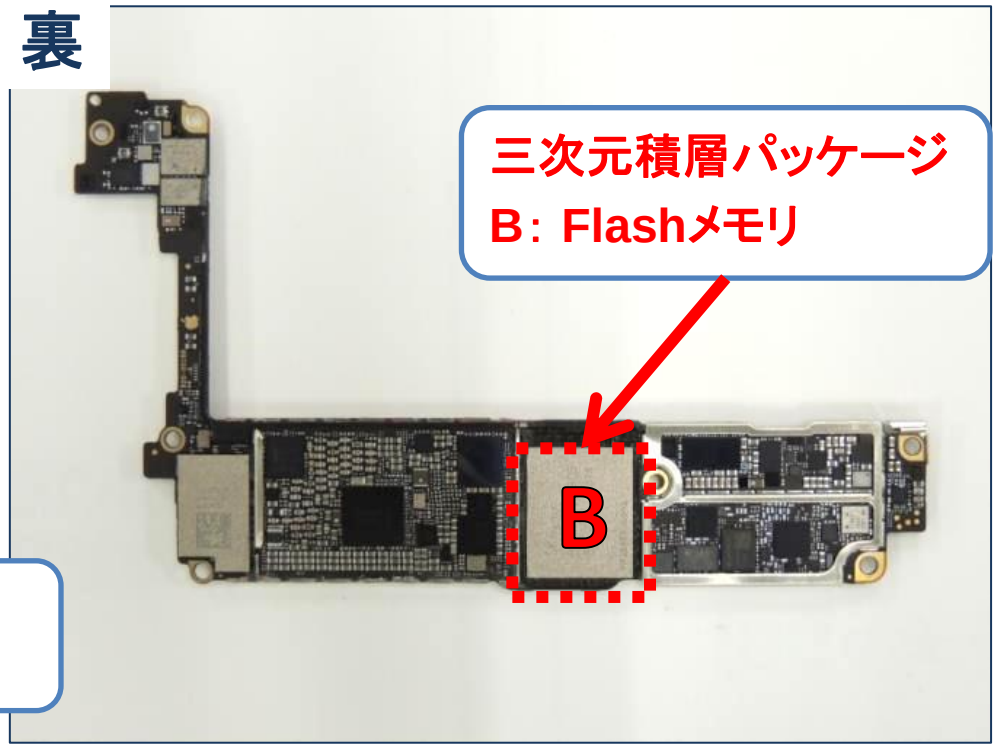
2.1 iphone7に使用されている先端実装技術

■ iphone7内メイン基板解析対象箇所

表



裏



10mm

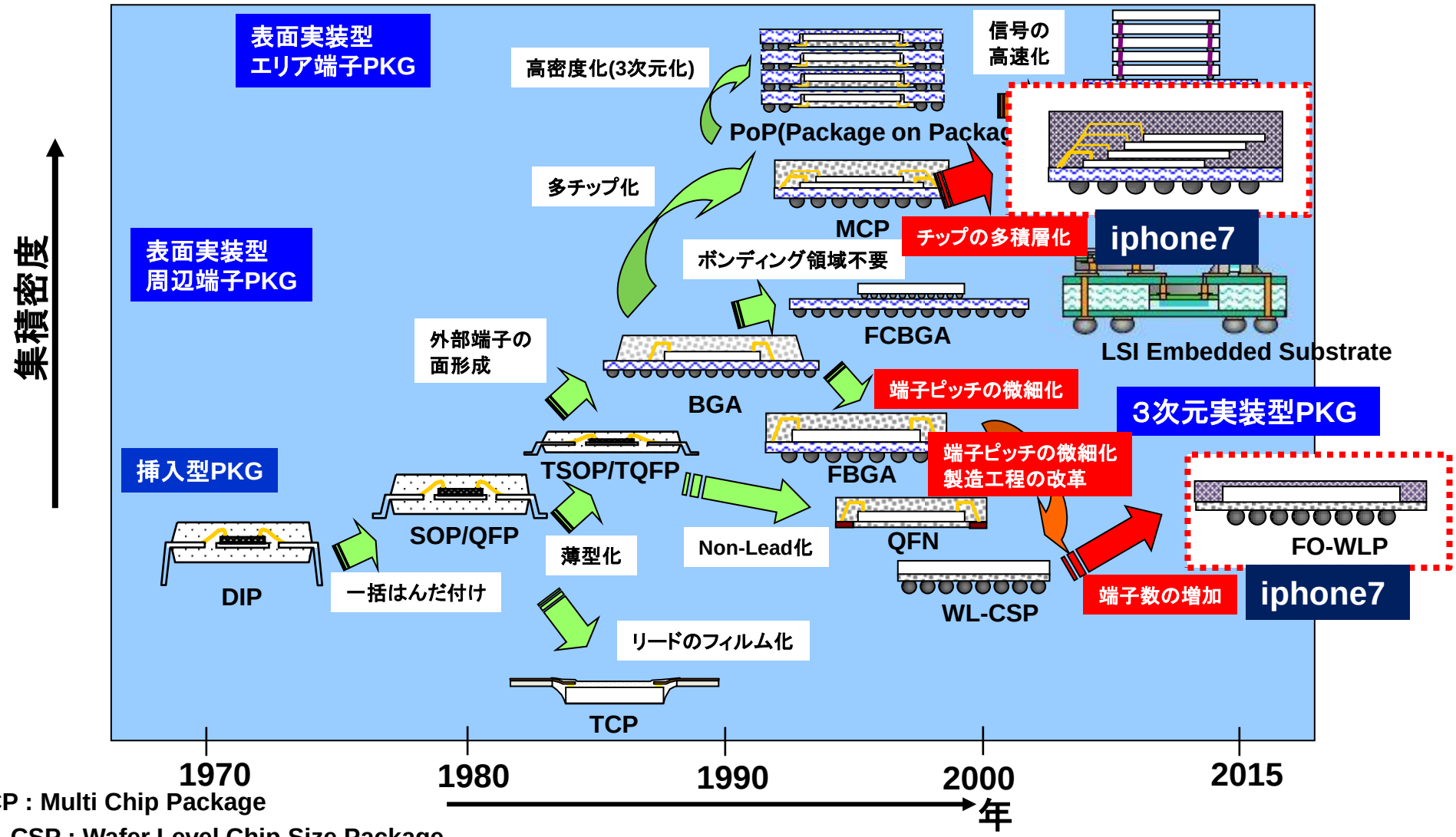
実装部＼世代	現行（先端）iphone7
半田接続（μm）	300
ボンディング径（μmφ）	50
ビア径（μmφ）	100

FO-WLP : Fan Out Wafer Level Package

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

2.2. 高集積化した先端実装技術

パッケージの動向



MCP : Multi Chip Package
WL-CSP : Wafer Level Chip Size Package
FO-WLP : Fan-out Wafer Level Package

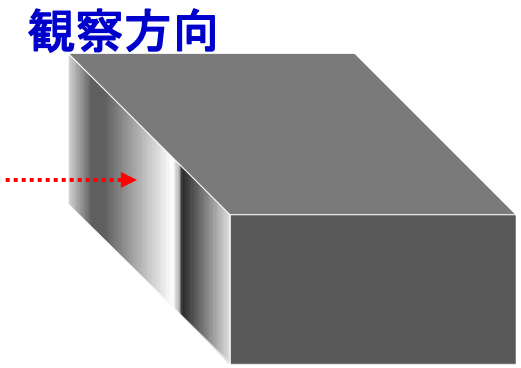
沖エンジニアリング株式会社,2014,
実践　電子部品の信頼性評価・解析ガイドブックより加筆修正

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

3.1. 断面加工方法の種類

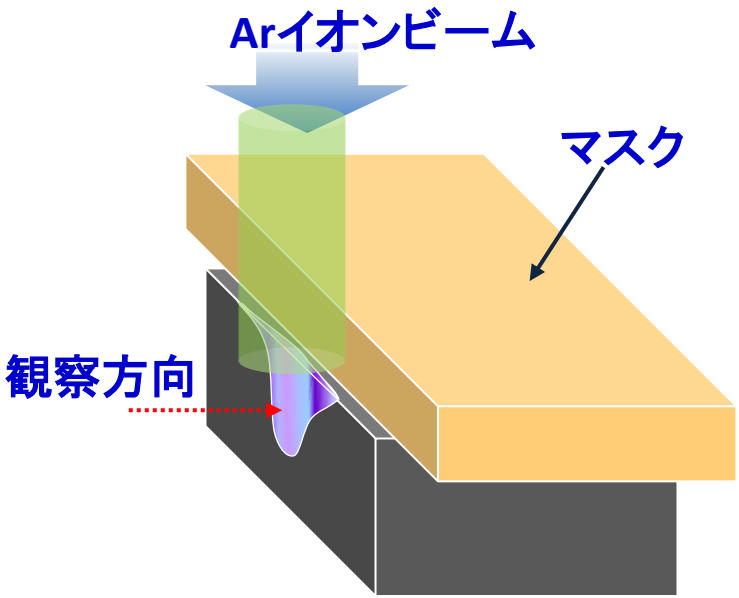
機械研磨加工

- 砥粒による研磨
- 粗研磨から鏡面研磨まで可能



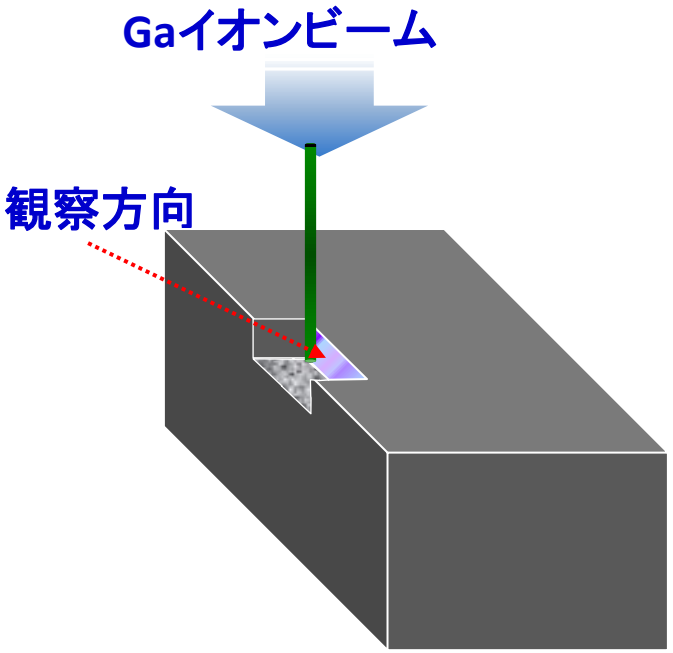
イオンポリッシング加工
（IP；Ion polishing）

- Arイオンで表面をエッチングする方法
- 断面IP：低ダメージで断面加工が可能



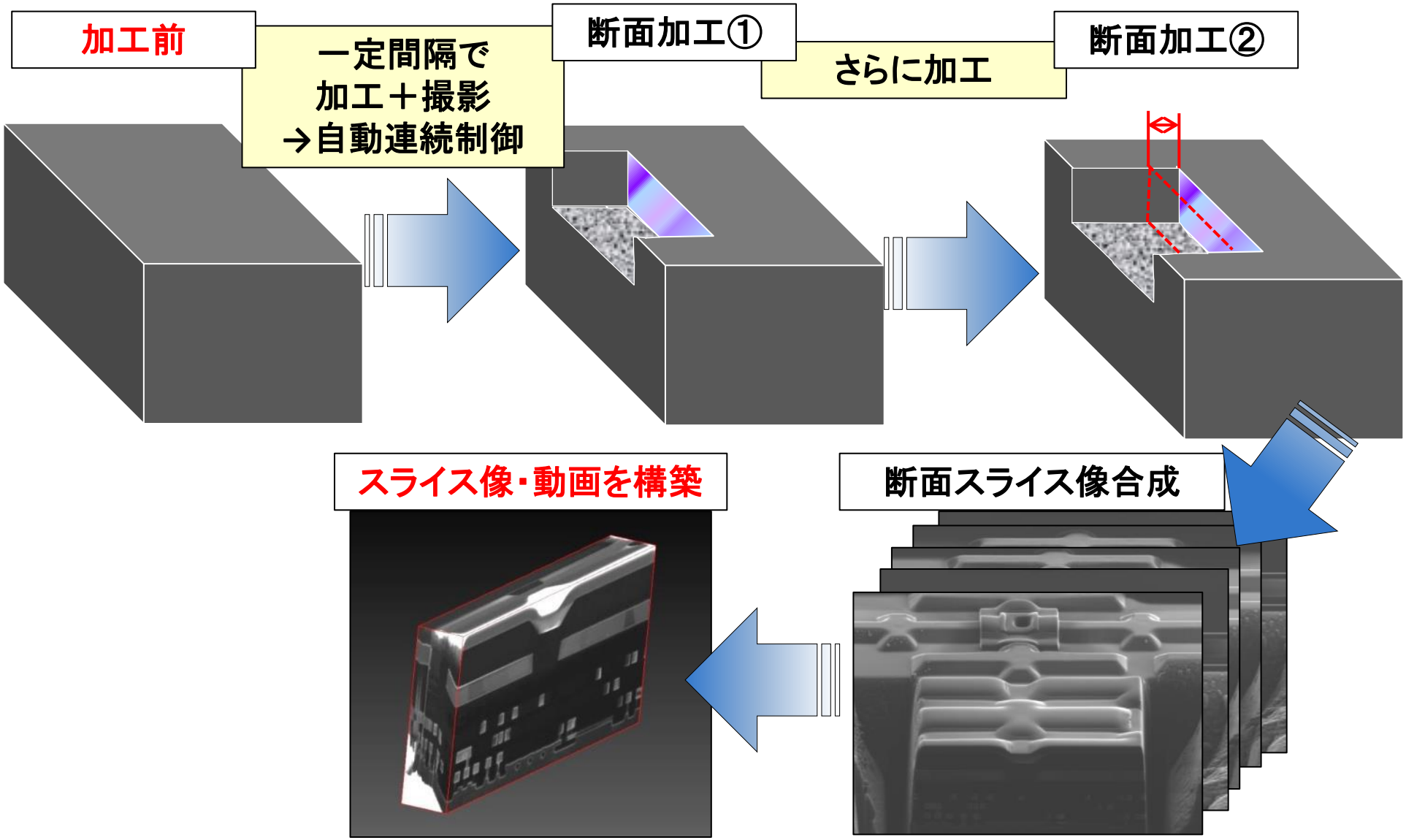
集束イオンビーム加工
（FIB；Focused Ion Beam）

- 絞ったGaイオンビームの照射で加工する方法
- スライス加工・撮影を連続的に実施することが可能



© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

3.2. FIB：マルチスライス加工・観察方法



© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

3.3. 加工目標

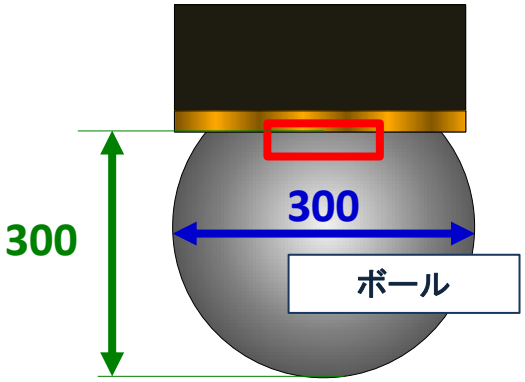
世代別実装サイズの変遷

	世代		
	現行（主流）	現行（先端）iphone7	次世代（2024年※）
半田接続（μm）	500	300	100
ボンディング径（μmφ）	100	50	30
ビア径（μmφ）	150	100	20

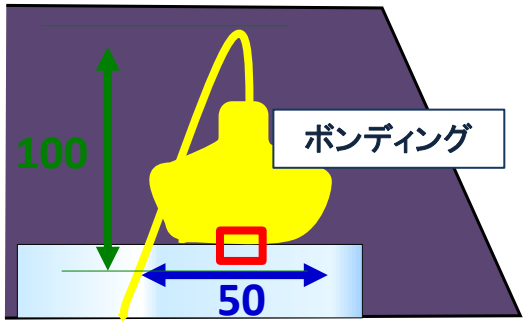
※JEITA2015年度版
実装技術ロードマップ参照

実装サイズと観察点（iphone7）

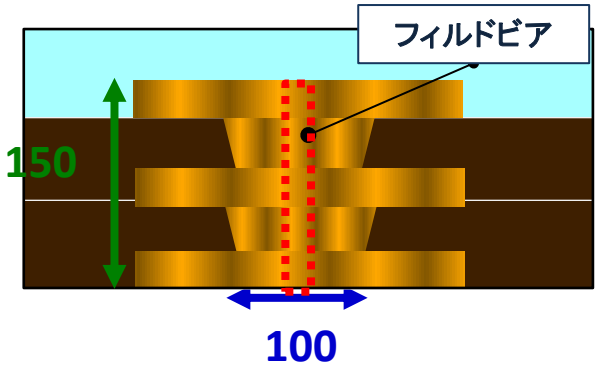
半田接続



ボンディング径



ビア径

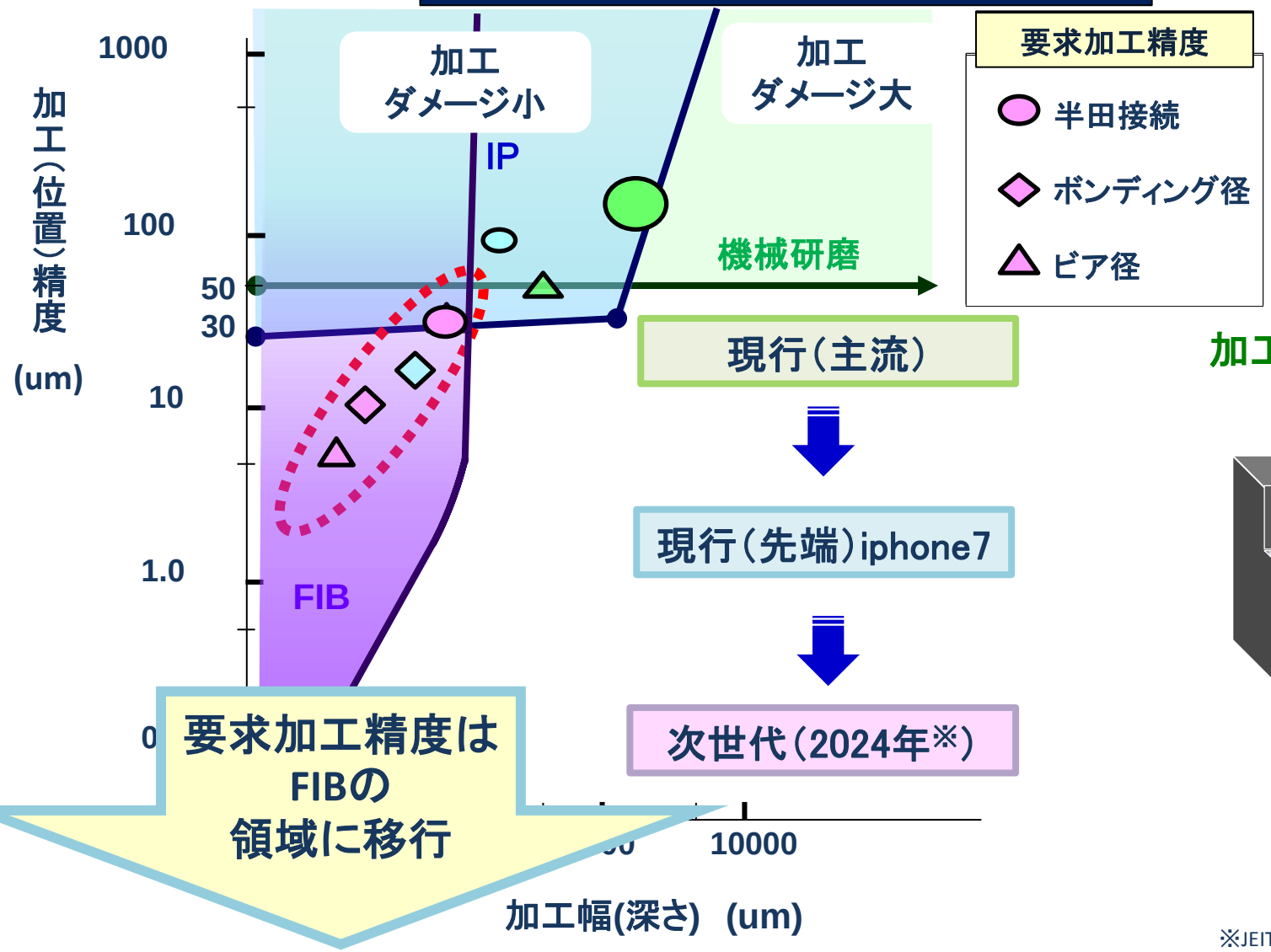


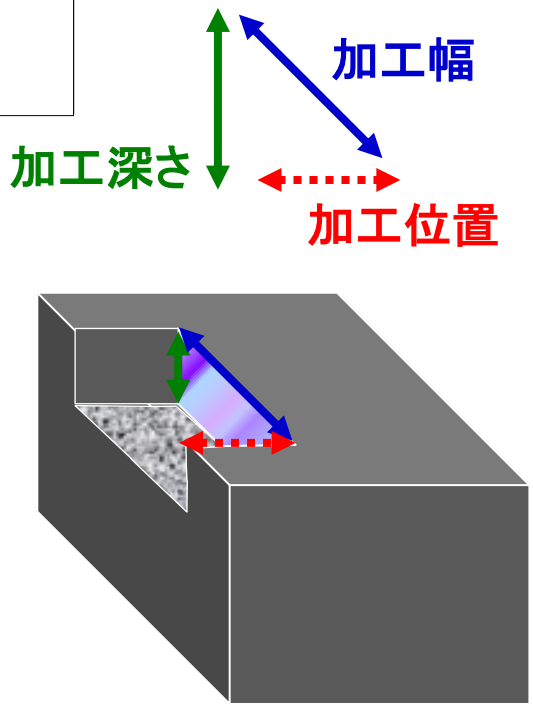
↔ 実装サイズ、□ 観察領域（要求加工精度（実装サイズの1/3と仮定））、↔ 加工深さ

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

3.4. 微細断面における加工法の検討

加工可能領域（イメージ）

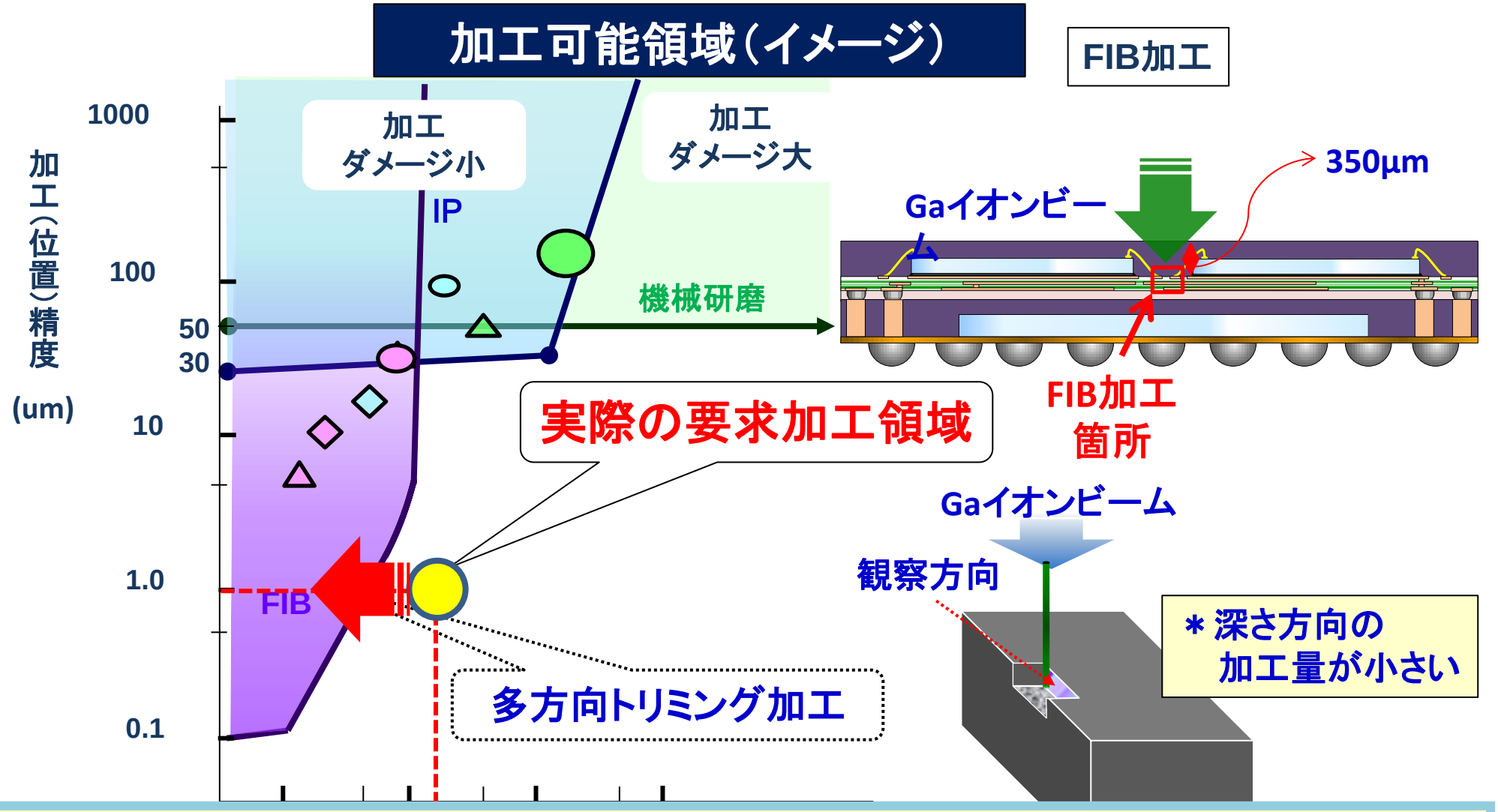




※JEITA2015年度版実装技術ロードマップ参照

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

3.4. 微細断面における加工法の検討



多方向トリミング加工によりFIB断面加工を可能にする

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

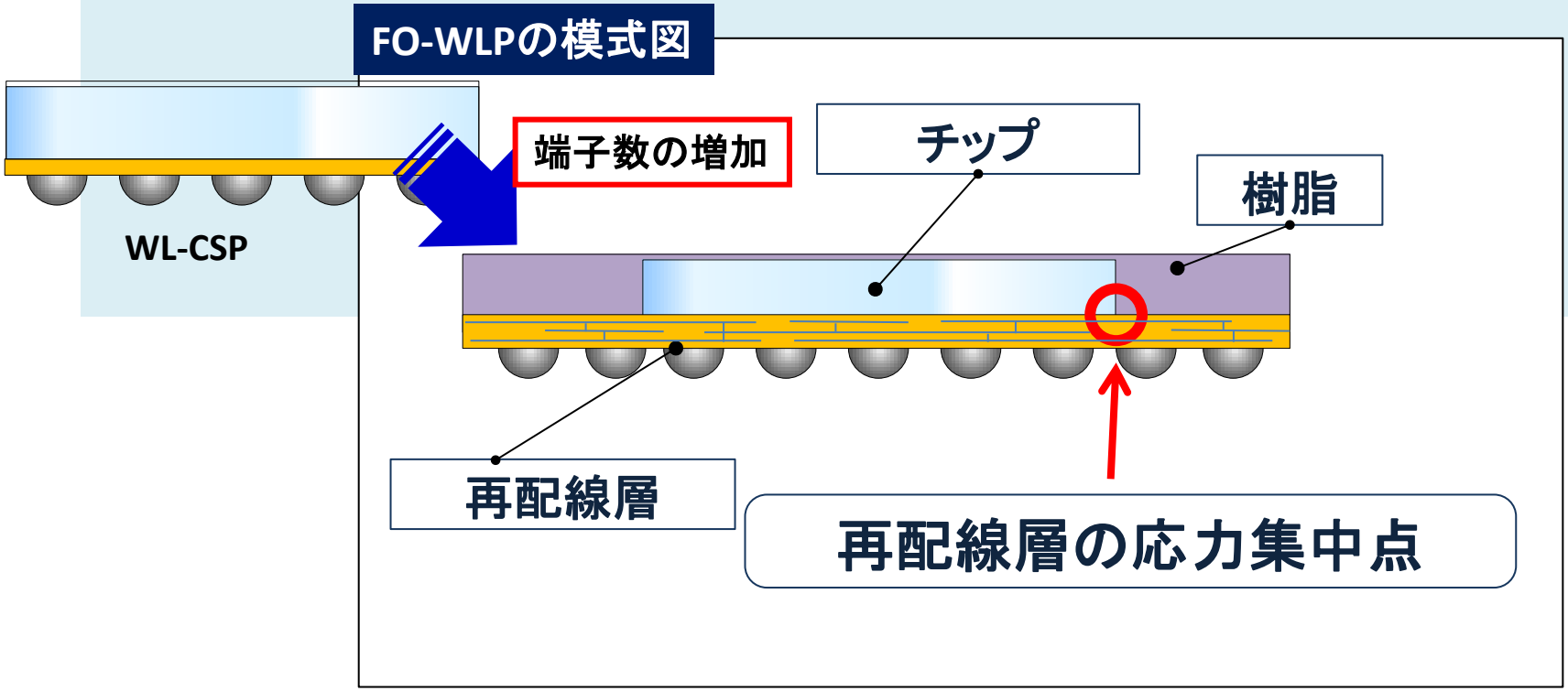
4.1. FO-WLP【A10における実装技術と断面解析の課題】

① FO-WLP(Fan Out Wafer Level Package)

【構造】　チップ面より大きな面に端子が設けられている

【着目点】材料の境界点→異なる熱膨張係数の境界点

再配線層の応力集中の懸念点



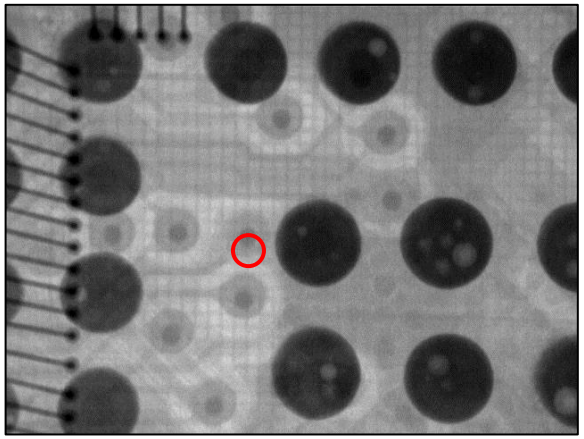
WL-CSP : Wafer Level Chip Size Package

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

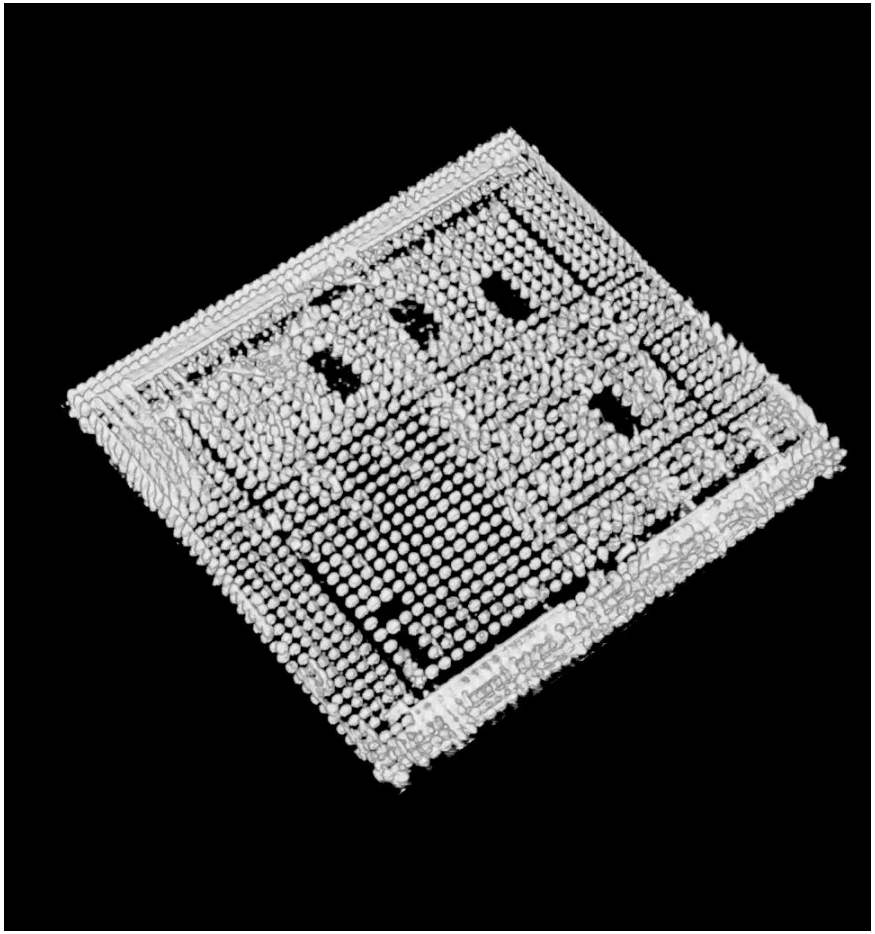
4.1. FO-WLP【非破壊検査】

- 外観像（捺印面）

- X線像



- X線CT像（裏面）



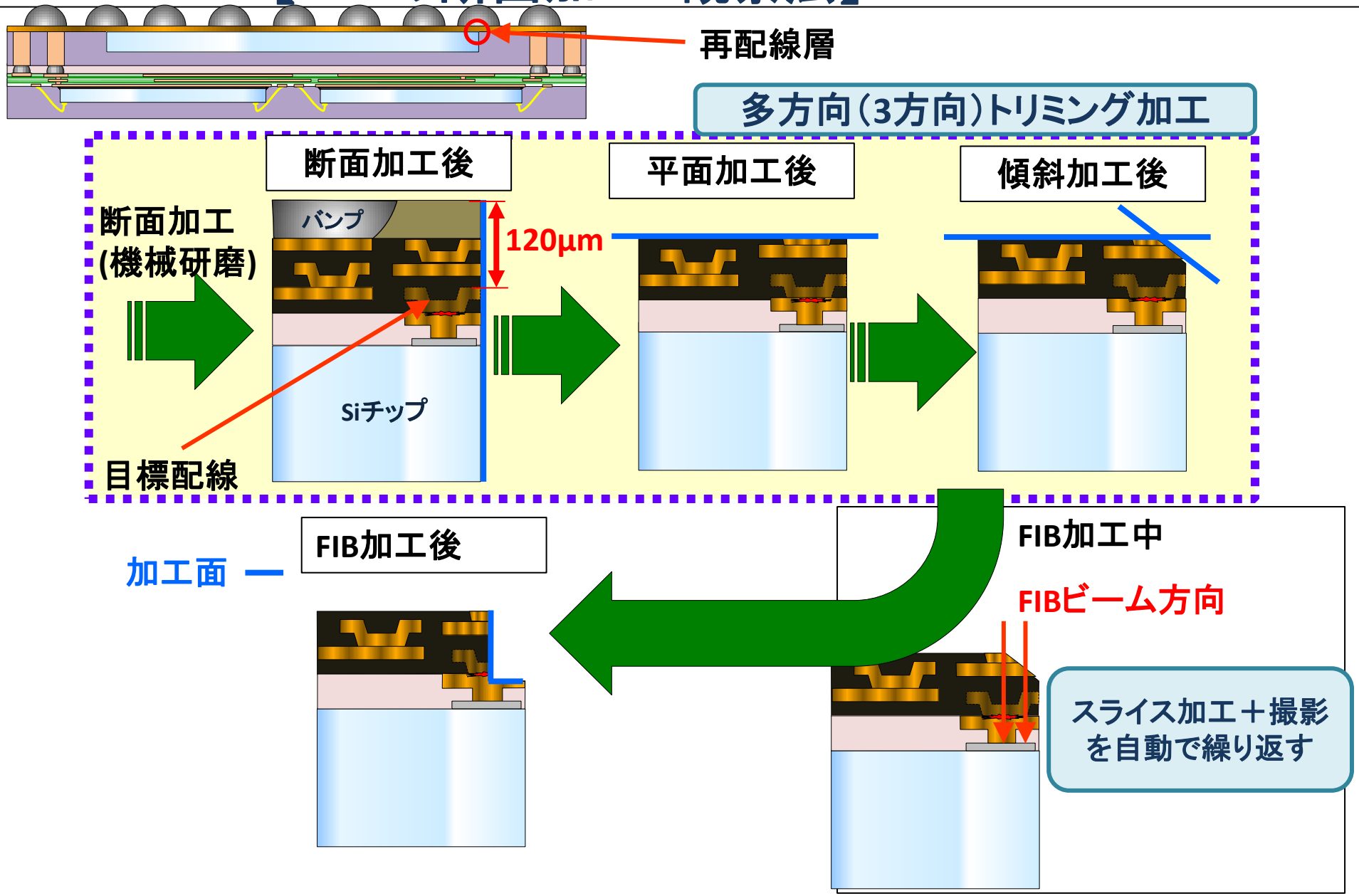
サイズ、ピッチを把握
↓
最適な加工方法を選択

内部構造の把握

積層されたパッケージ、微細な半田ボール、
複雑な再配線層が観察された

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

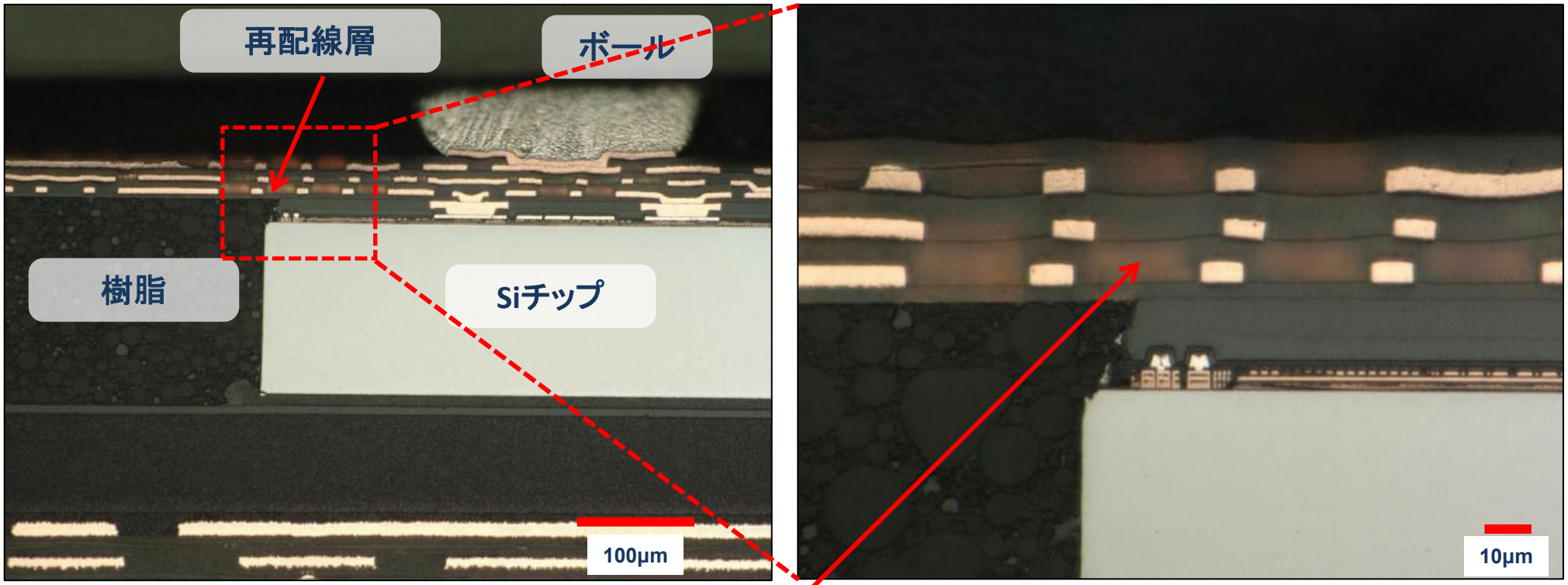
4.1. FO-WLP【A10の断面加工・観察法】



© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.1. FO-WLP【前加工（断面加工）】

- 断面OM像
- 断面OM拡大像



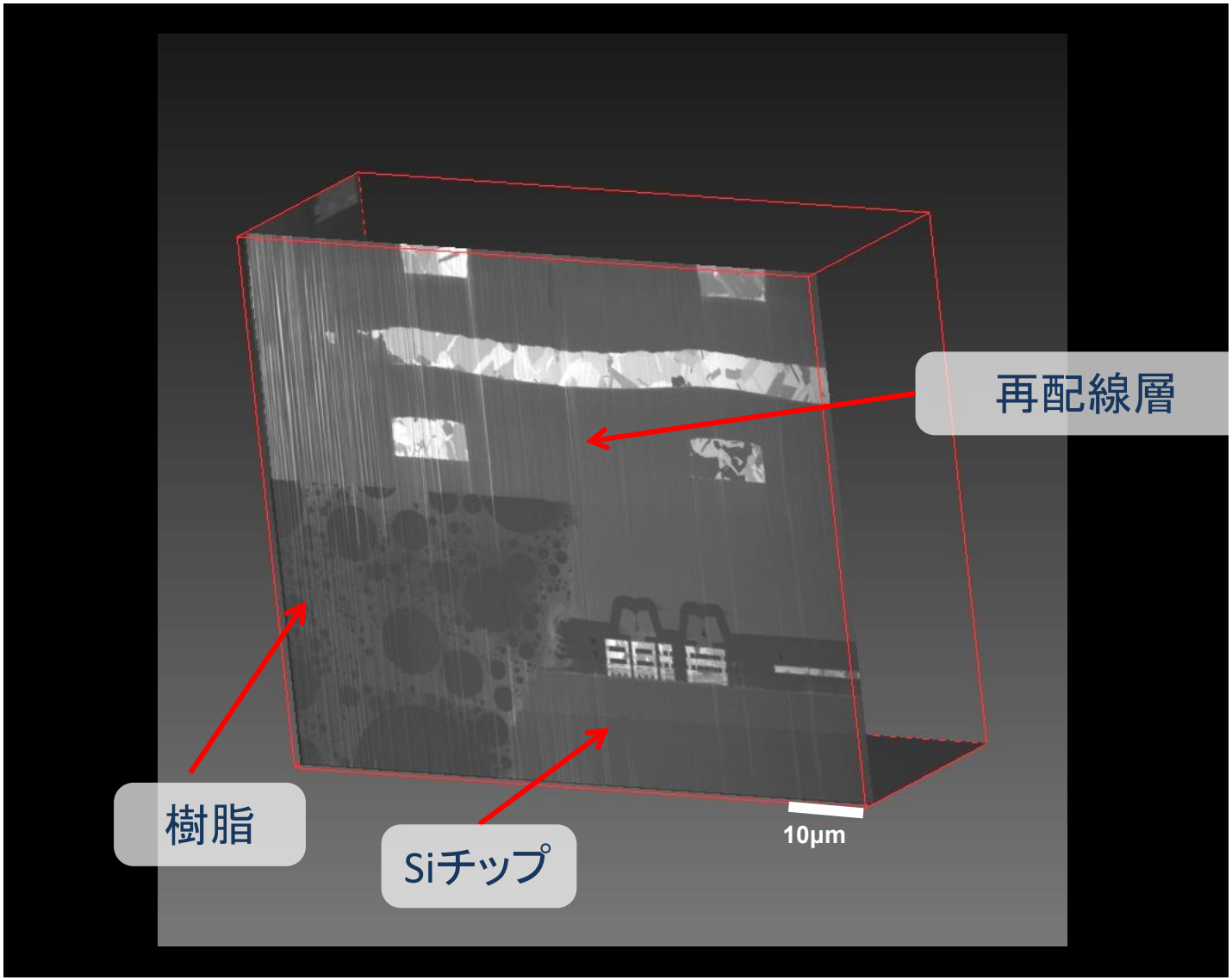
手前の配線付近で止めました。
→表面から奥にFIBスライス像観察により再配線層を観察する

OM: Optical Microscope（光学顕微鏡）

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.1. FO-WLP【A10のFIB加工によるスライス動画】

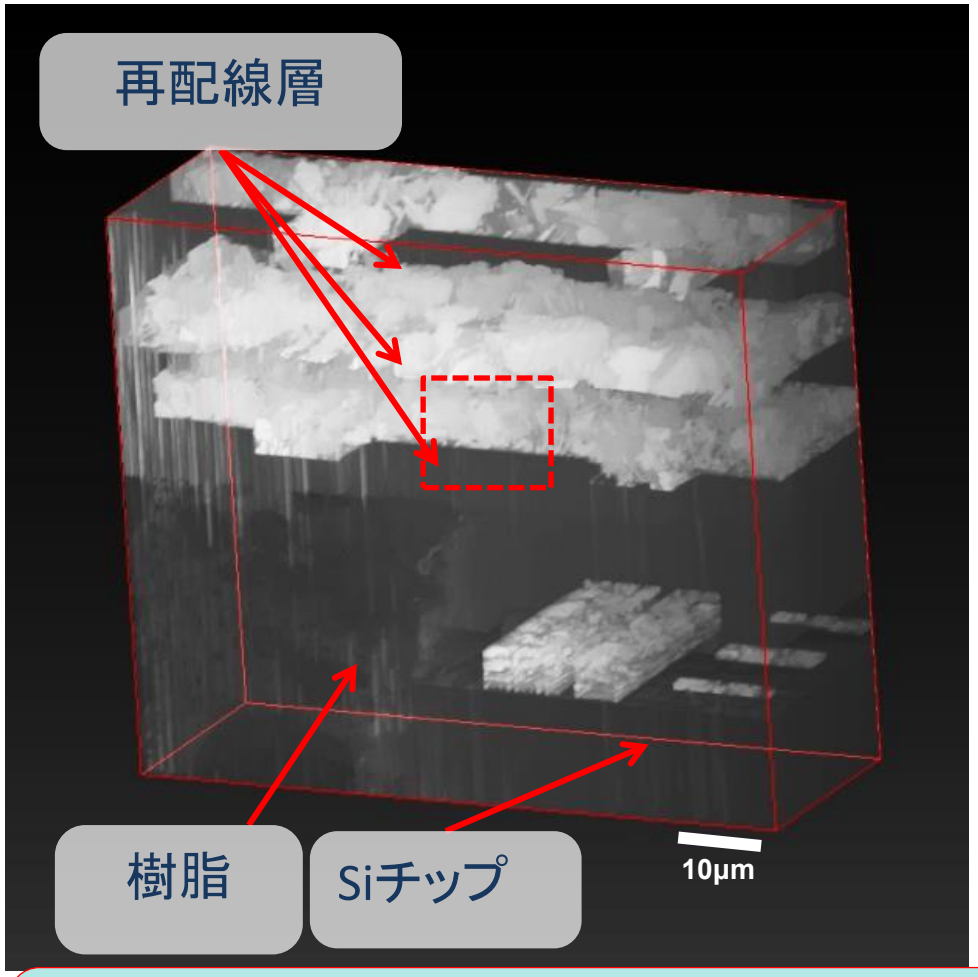
- スライス動画



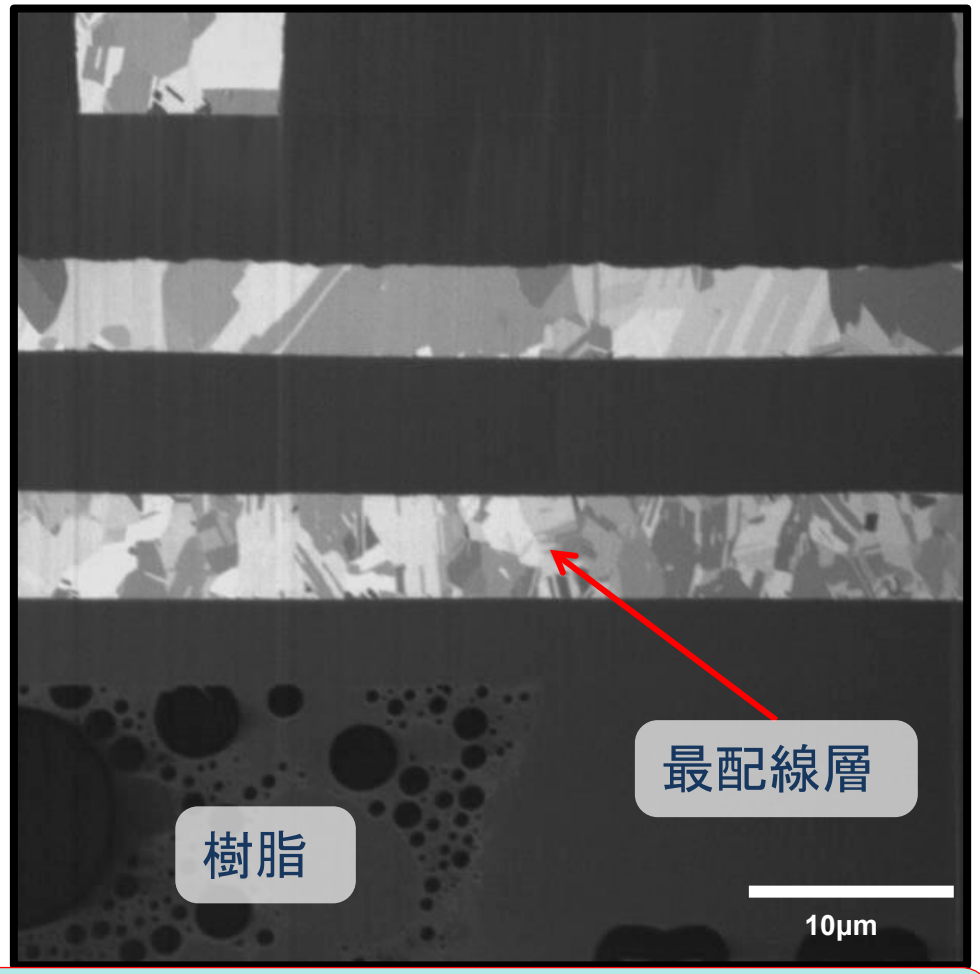
© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.1. FO-WLP【A10のFIB加工観察結果】

- FIB 3D構築画像



- 再配線層拡大



- 配線の変形などは確認されず、クラックや傷等の異常は観察されなかった

→ FIBと多方向トリミングにより、機械研磨やIPでは実現できない精度の観察をすることが可能となった

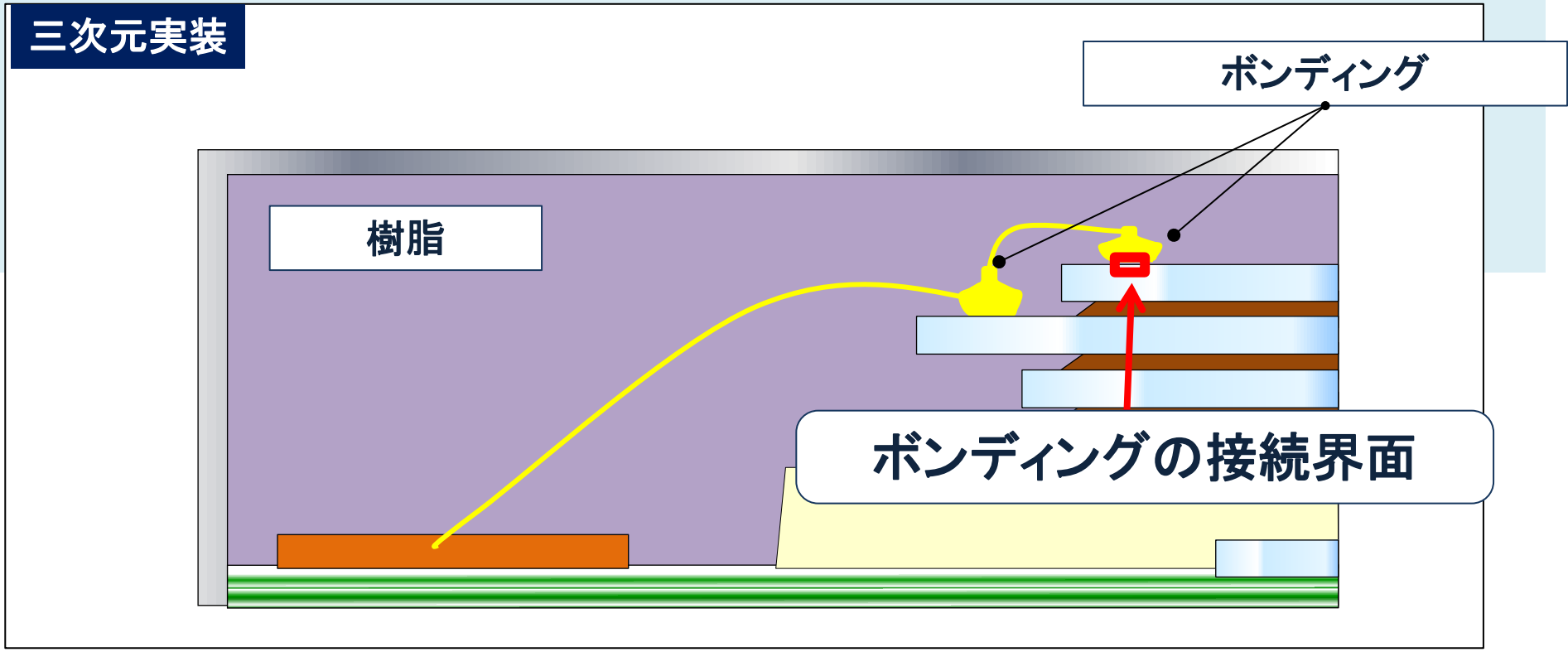
© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.2. 3次元積層パッケージ【Flashメモリの課題】

① 三次元積層

【構造】　チップを積層したパッケージ

【着目点】ボンディングの接続状態の観察

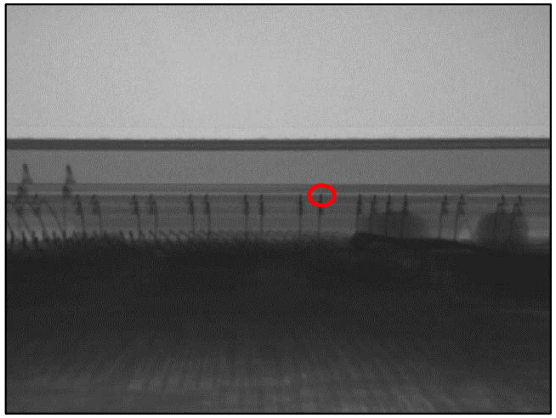


© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

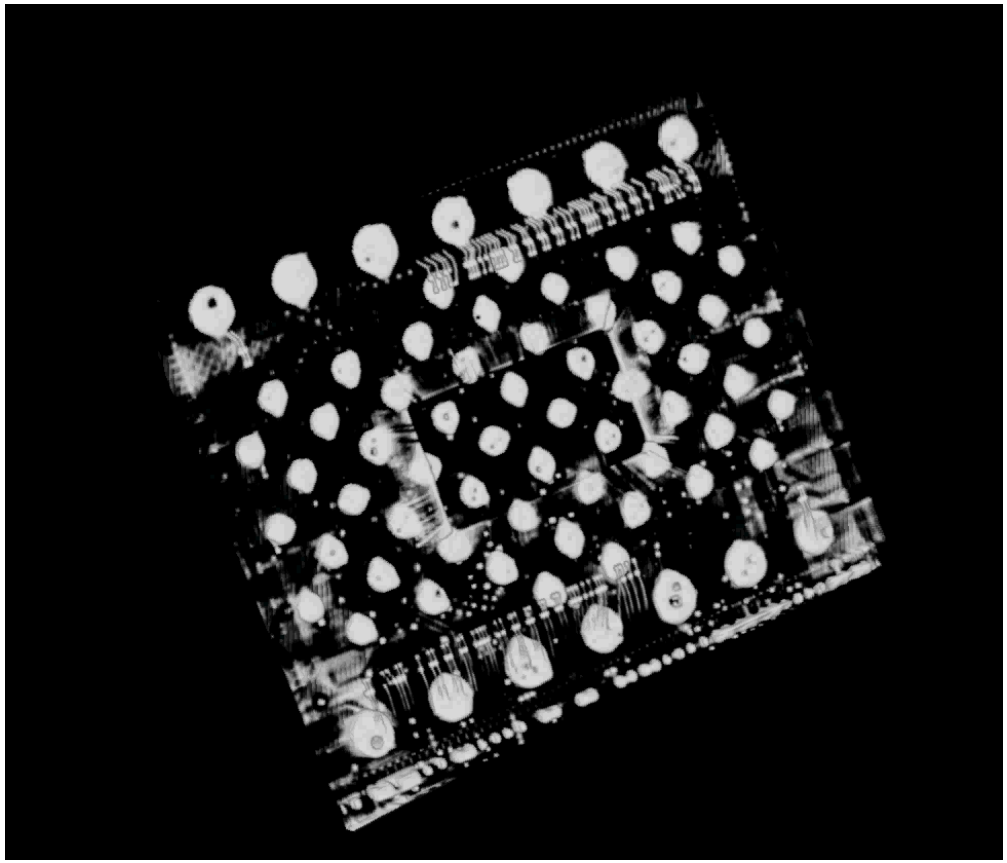
4.2. 3次元積層パッケージ【非破壊検査】

- 外観像（捺印面）

- X線像



- X線CT像（裏面）



サイズ、ピッチを把握
↓
最適な加工方法を選択

内部構造の把握

積層されたチップ、微細なボンディング
存在が確認された

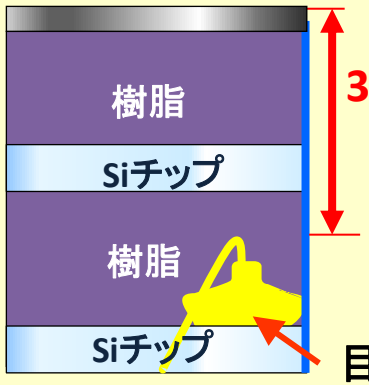
4.2. 3次元積層パッケージ【Flashメモリの断面加工法】

ボンディングワイヤ

多方向(2方向)トリミング加工

断面加工
断面IP

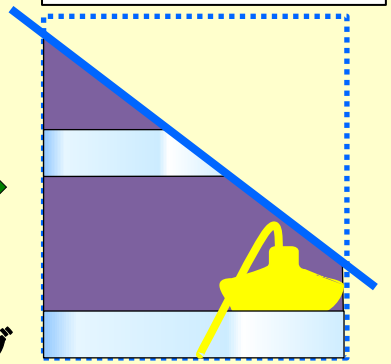
断面加工後



機械研磨

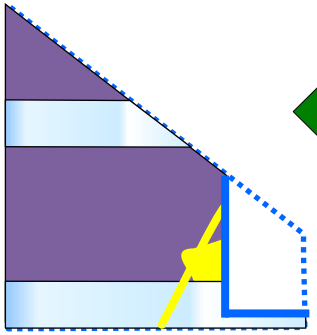
目標ボンディング

傾斜加工後



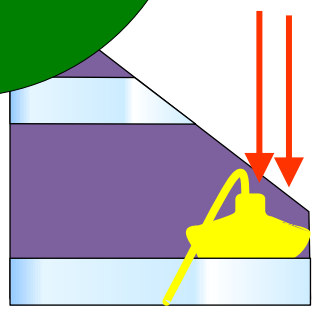
加工面 ―

FIB加工後



FIB加工中

FIBビーム方向

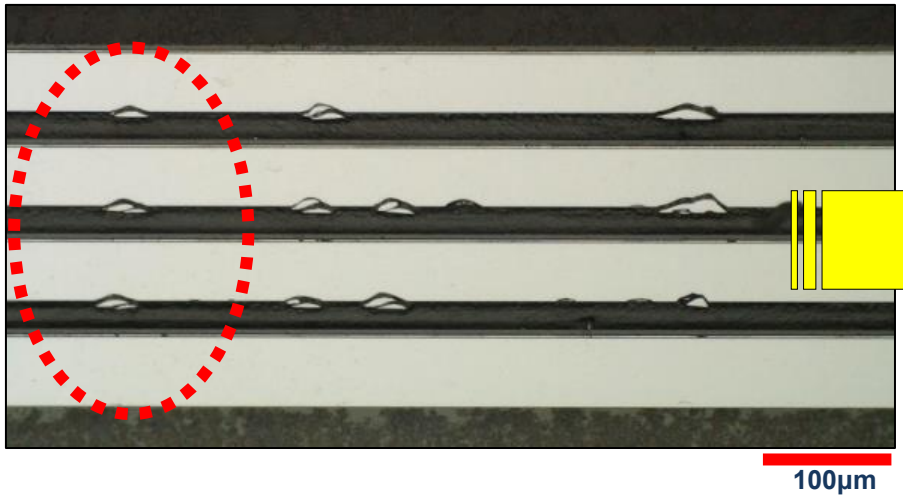


スライス加工＋撮影
を自動で繰り返す

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

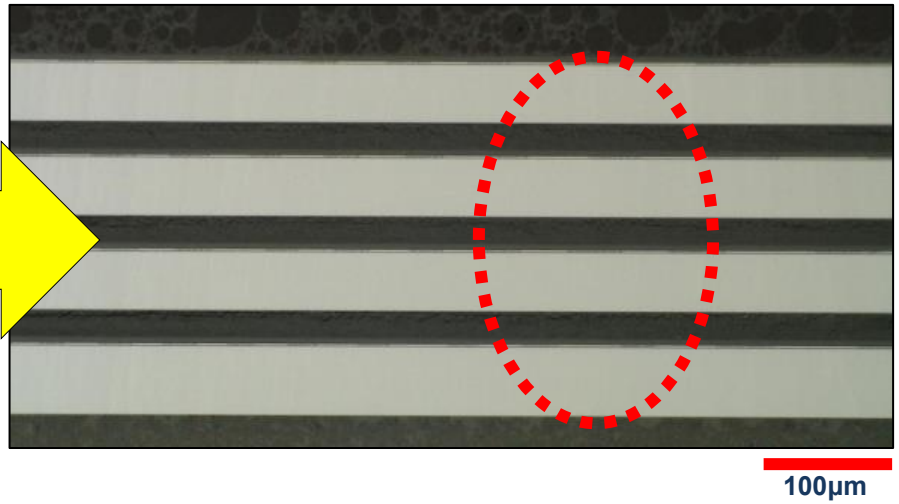
4.2. 3次元積層パッケージ【前加工（研磨ダメージの出現）】

- 機械研磨後



チップの複数個所にクラックが観察された

- 断面IP加工後



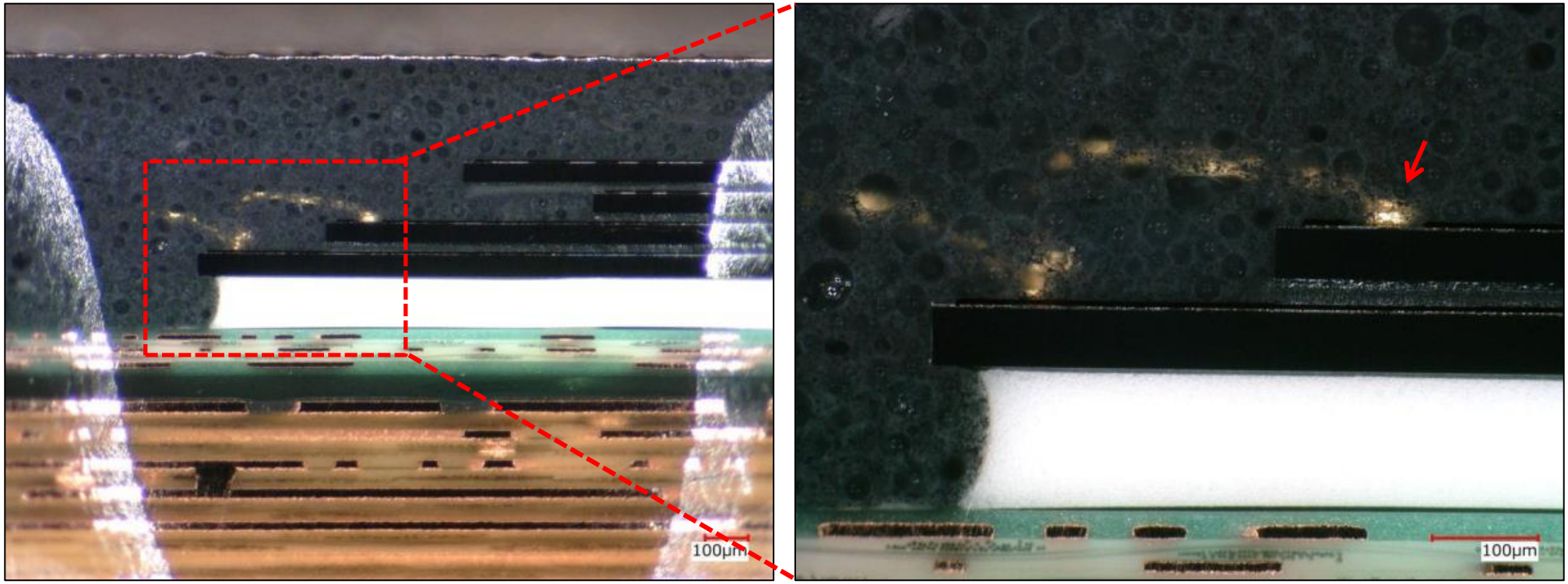
積層チップの研磨ダメージが緩和した

断面IP：研磨による傷（クラック等）を軽減し、FIB加工の前処理とした

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.2. 3次元積層パッケージ【前加工（IP断面による断面加工）】

- チップ端部
- 拡大像

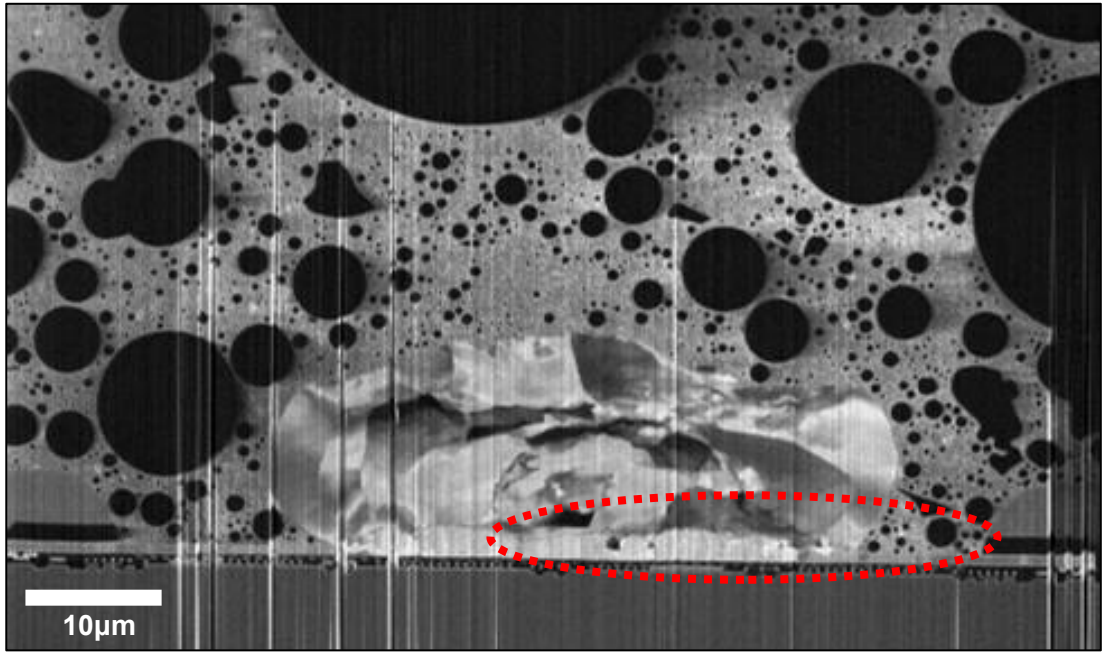


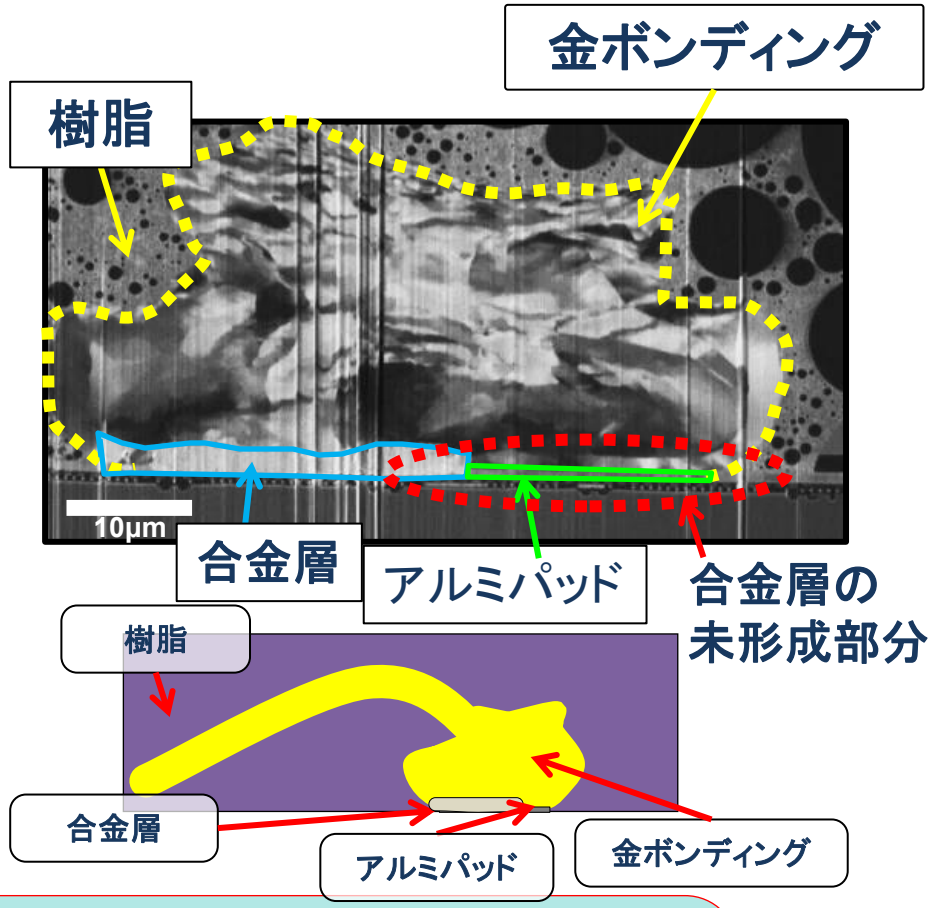
ボンディング手前まで加工した
→ボンディングの端部は奥にある
→**FIBスライス像観察**により、ボンディングの合金層の分布を観察する

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.2. 3次元積層パッケージ【FlashメモリのFIB加工観察結果】

- スライス動画（ボンディング部）





- 金ワイヤのボンディングとアルミパッド間合金層の未形成部分が観察された
- 金ワイヤ下層の一部にアルミのパッド部分が残っているため、合金層未形成と判断している。

→ボンディング合金層の未形成部分によりボンド強度が低下する恐れがある。
→FIBと多方向トリミング加工により合金層の分布情報が得られた

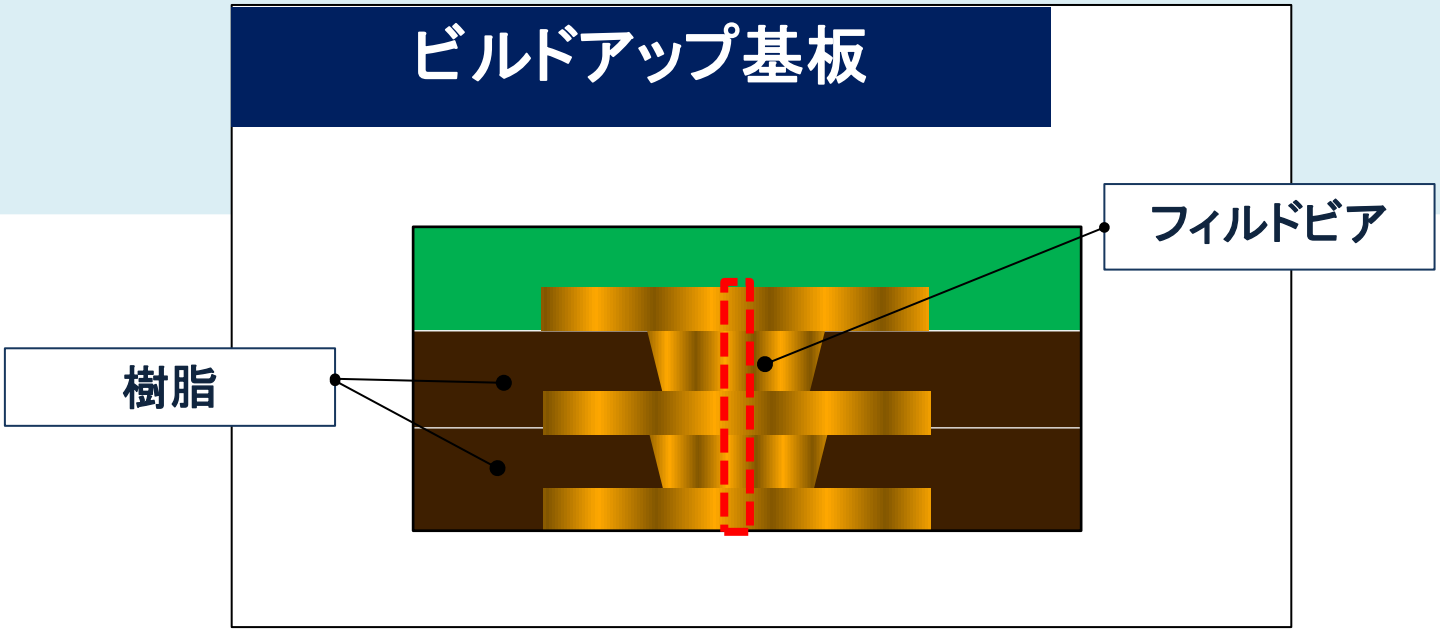
© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.3. ビルドアップ基板【課題】

③ ビルドアップ基板

【構造】　導体層を1層ずつ積み上げ、レーザ開孔後、銅めっきで層間を接続

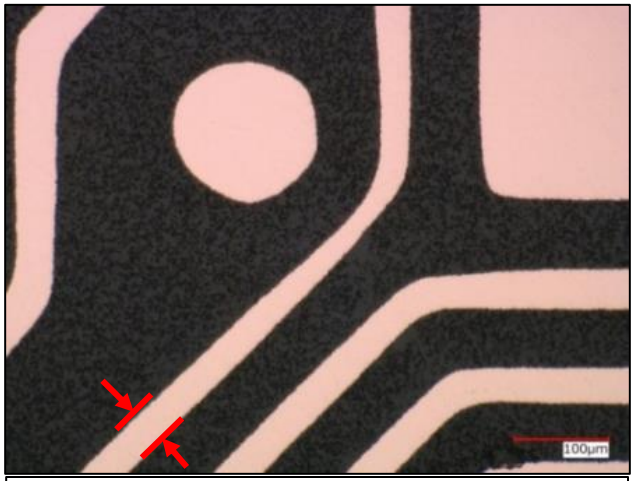
【着目点】 ビアの微小内部構造（欠陥）



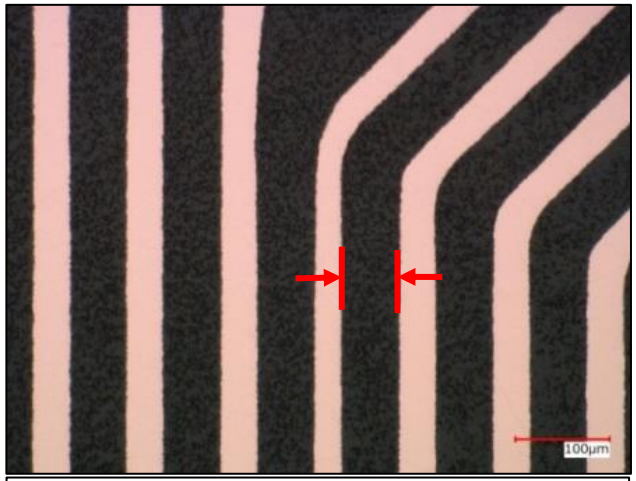
© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.3. ビルドアップ基板【プレ観察】

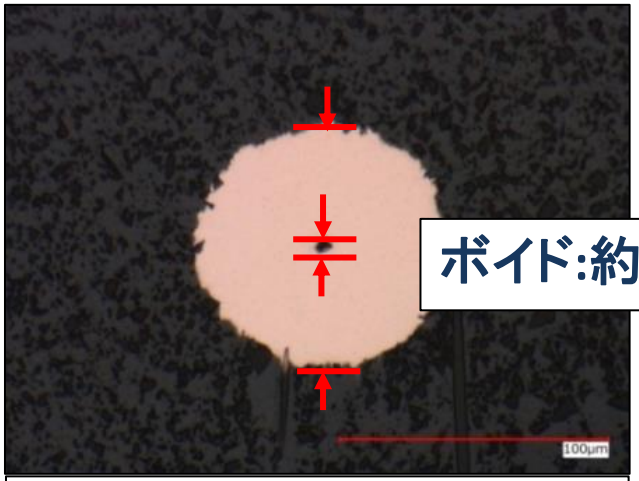
- 平面方向に機械研磨にて配線の接続構造と銅配線部を露出させ、2層配線のサイズと2-3層間ビアサイズの値を得た。
- プレ解析の結果



パターン幅：約40μm



パターン間隔:約60μm



ボイド:約5μm

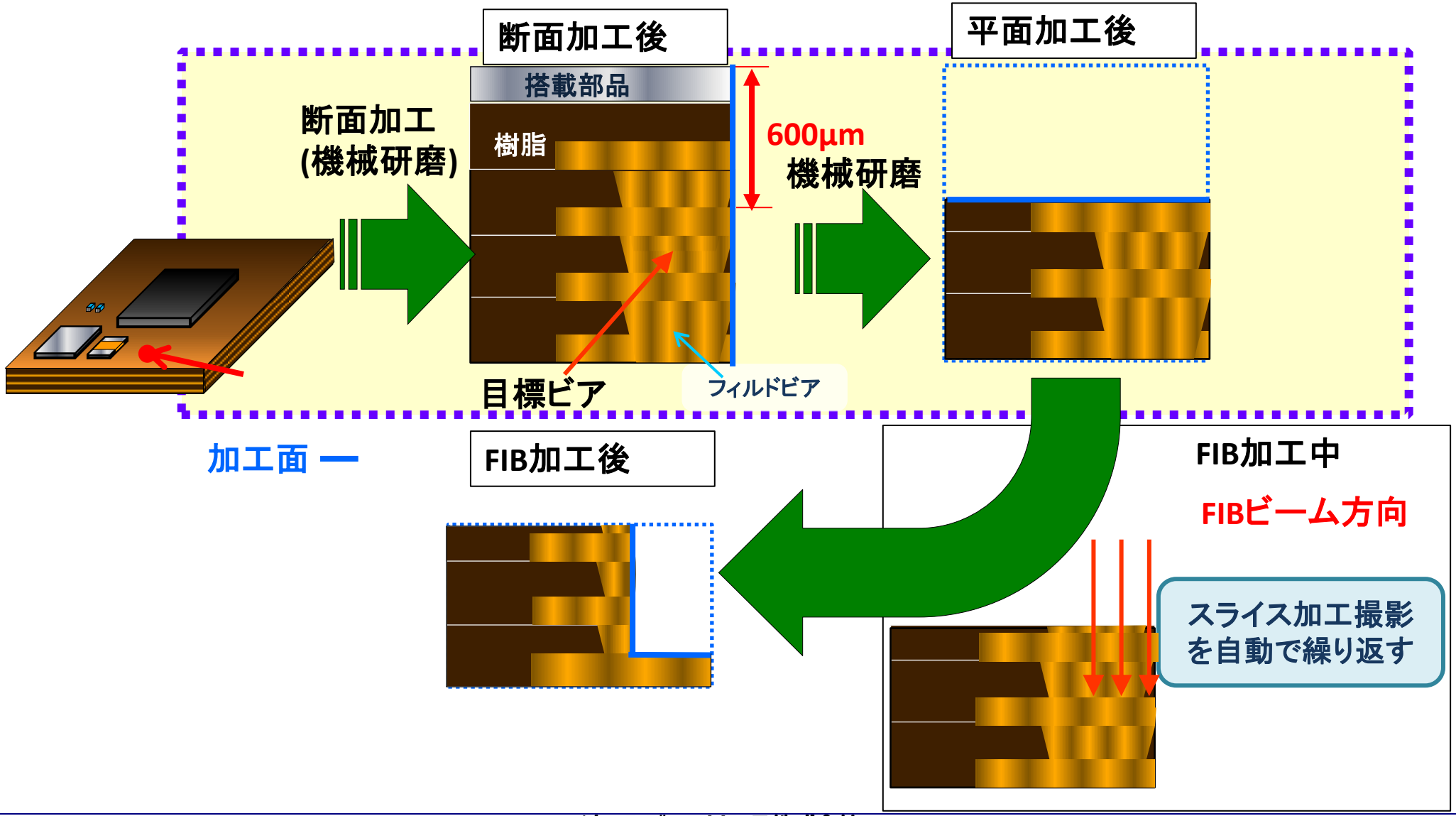
ビア:約100μm

FIBと多方向トリミング加工でビア中央部のボイドなどの微小内部構造が確実に観察できるか確認した

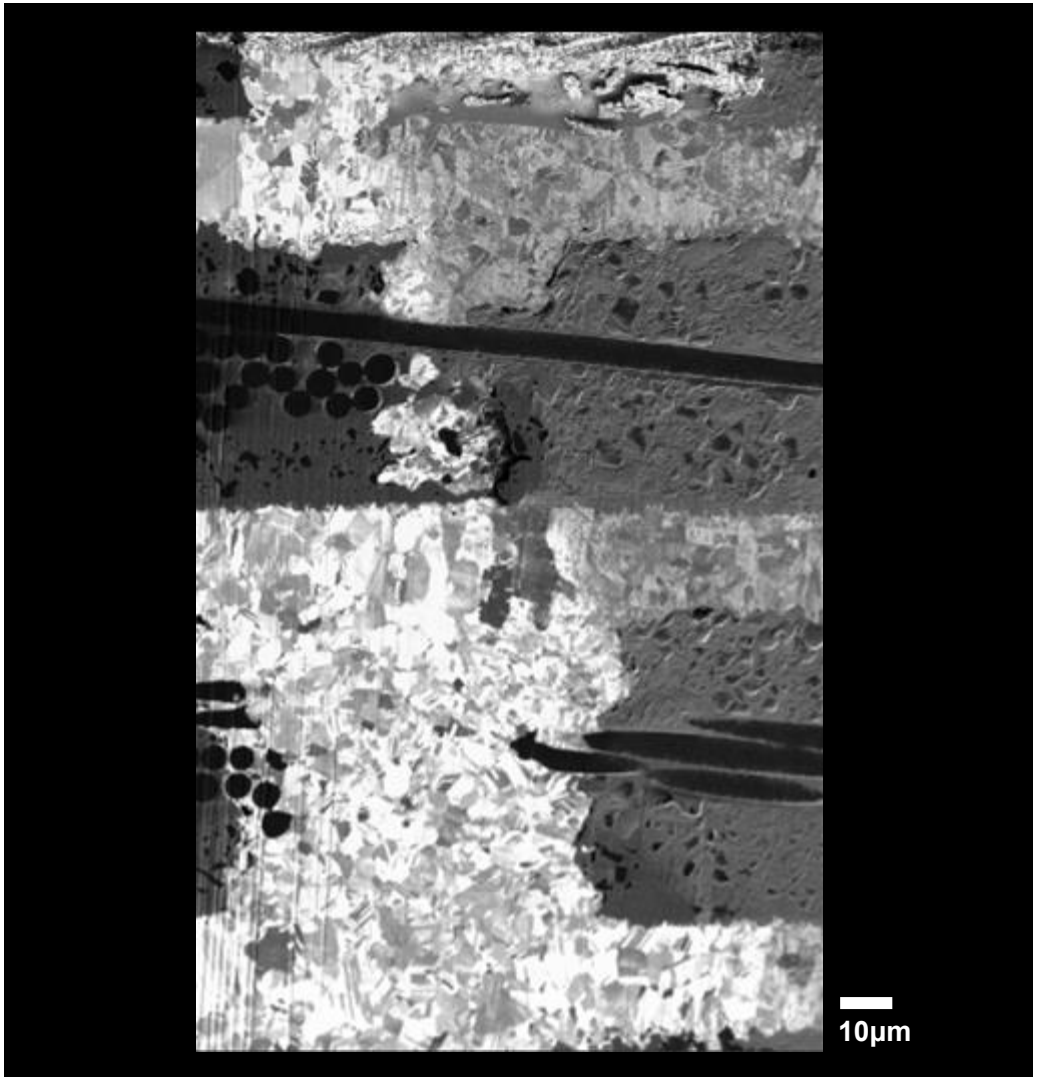
© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.3. ビルドアップ基板【ビルドアップ基板の断面加工法】

多方向(2方向)トリミング加工



4.3. ビルドアップ基板【ビアのFIB加工によるスライス動画】

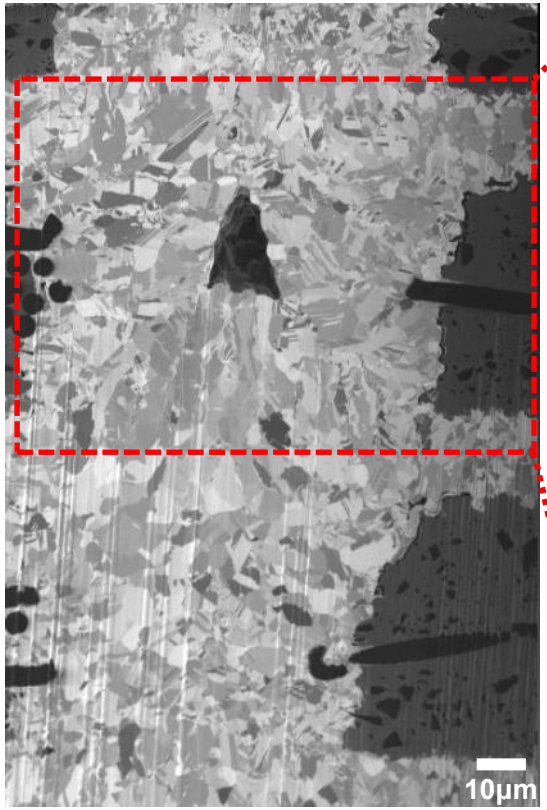


1ミクロンピッチで
スライス加工

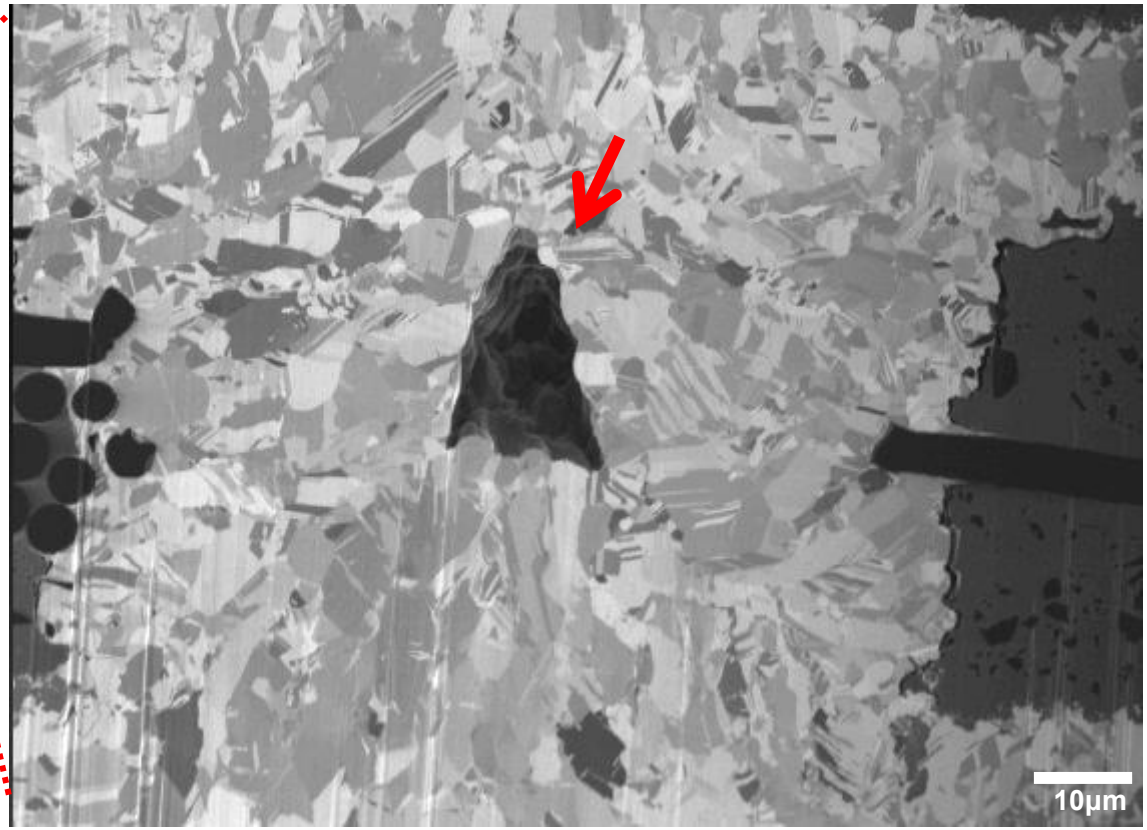
© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4.3. ビルドアップ基板【ビアのFIB加工観察結果】

- FIB ビア画像



- ビア部拡大



ビア中にボイドが観察された。
→FIBと多方向トリミングにより、機械研磨やIPでは実現できない精度の観察を
　することが可能となった

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

4. まとめ

■ 次世代実装品の解析に向けて高精度の断面解析手法を開発

前加工【多方向トリミング】とFIB【マルチスライス加工・観察】を用いることで次世代実装構造の観察に適応可能とした。

実解析に向けて

故障解析）：ロックイン赤外線発熱解析LITで絞り込んだ発熱箇所の断面加工観察
良品解析）：結晶構造などの微細な構造と実装構造の同時観察に有効

→次世代実装品に対し、ウィークポイントや加工の課題点、故障箇所を解析可能

部品の解析において、より高精度・低ダメージが要求される断面構造解析や3次元的な分布把握をお考え際には是非ご相談ください。

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.

ご清聴いただき、ありがとうございました

》お問い合わせ先

沖エンジニアリング株式会社

□信頼性解析事業部
　解析センター
□ 担当：柳生瑛子

□ TEL：03-5920-2354
□ E-mail：oeg-analysis@oki.com
□ URL：http://www.oeg.co.jp/

Open up your dreams

© Copyright 2017 Oki Engineering Co., Ltd.