

---

電子部品の試料加工と観察、分析・解析 ～真の姿を求めて～ セミナー第4回

品質技術 兼原 龍二

前回の第3回目では、代表的な断面作製手法で最もポピュラーな機械研磨について、その断面作製の信頼度を左右するデメリット(陥りやすい落とし穴)について具体例を交えながらお話しさせていただきました。

今回は機械研磨のメリットを生かした断面作製の例をお見せしようと思います。これをもちまして、機械研磨のお話しは終わりにさせていただきます。

この後、次回からは表1.(第2回参照)で示しました代表的な断面作製手法の一つであるFIB(Focused Ion Beam)についてお話しさせていただく予定ですが、FIBのお話しに移る前に、ちょっと一息ということで、本セミナーのような観察では必ず使用されると言ってもよい光学顕微鏡や、かなりの頻度で使用される走査型電子顕微鏡(Scanning Electron Microscope: SEM)のお話しをさせていただこうと思います。本セミナーでは、これまでどんな装置で観察・撮影した写真なのかを全く示していませんが、すべて光学顕微鏡またはSEMで観察・撮影したものです。

### 3.4 機械研磨のメリットを生かした例

既にお話しさせていただいておりますが、機械研磨の一番のメリットは断面作製領域の広さにあります。実用的なサイズでも断面の縦幅、横幅が数cm～10cm程度までであれば断面の作製が可能です。この機械研磨のメリットを生かした例としてこれから2例をお見せします。どちらの例も機械研磨のデメリットである硬軟材の混在による段差・ダレや延性の高い材料のつまり、伸び・被覆などを抑えた信頼度の高い断面と言えます。

#### 3.4.1 機械研磨のメリットを生かした例 その1

ICパッケージが信頼性試験などにより不具合を生じ不具合解析が必要となったような場合は、断面作製などの破壊検査を実施する前にX線透過像や超音

波頭微鏡による観察などの非破壊検査で可能な限りの情報を取得します。解析の流れとしては、非破壊検査の次は破壊検査となりますが、試料作製や解析時に作り込んでしまった不具合なのか、試料に本来存在していた不具合なのかの見極めが困難になるケースがよくあります。非破壊検査を十分行っておけば、試料作製や解析時の作り込みによるものなのかどうかの見極めがスムーズにいくことがしばしばあります。

この事例は、BGA パッケージの信頼性試験終了後の超音波波頭微鏡による観察でパッケージに剥離が疑われる箇所が見られ、その真偽の確認を行うために該当部の断面観察を行ったものです。封止樹脂とPKG(パッケージ)基板間に2nd ボンド部にまで伸展した剥離が見られました。破壊検査の前の非破壊検査として行った超音波波頭微鏡による観察時に既に剥離が疑われる領域が確認されており、超音波波頭微鏡で観察される剥離の領域と機械研磨の断面に見られる剥離の領域とが一致することから、この剥離は試料作製や解析時に作り込んだものではなく、試料に本来存在していたものであると判断されます。このように、破壊検査に移る前に非破壊検査の情報を取得しておくことは、解析結果の解釈をする上でも非常に有効です。

この事例の断面の縦幅、横幅は cm オーダーとなり全面の断面作製を行うには機械研磨より他にはないものと思います。

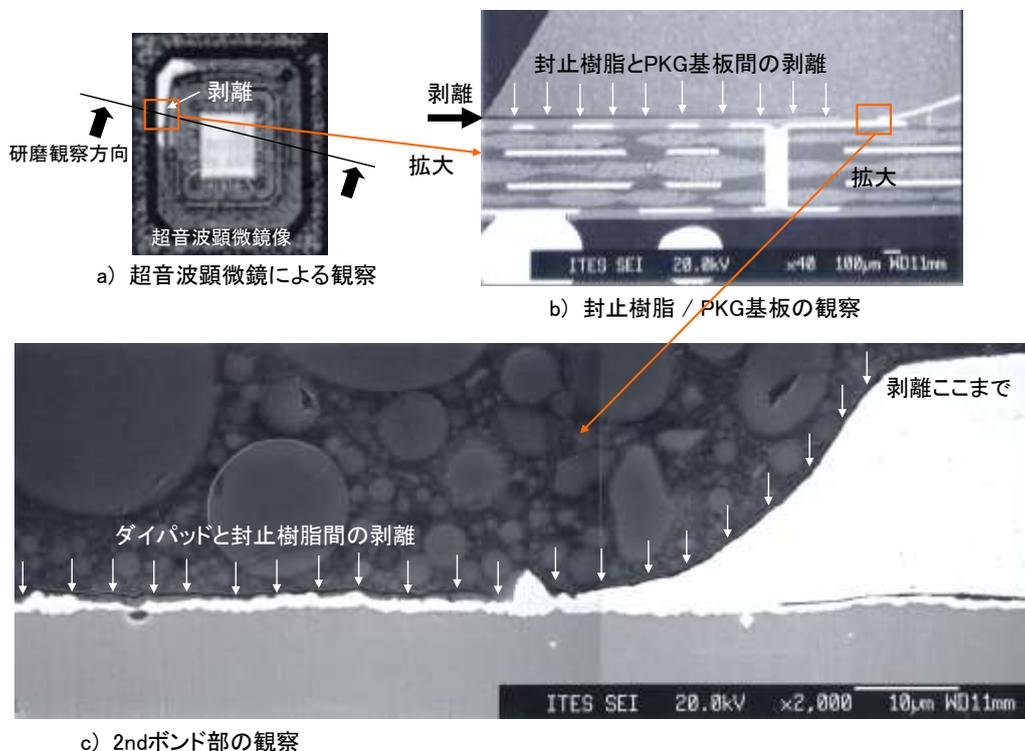


図 13. 機械研磨のメリットを生かした例 その 1

3.4.2 機械研磨のメリットを生かした例 その2

冷熱衝撃試験 1000 サイクル実施後の太陽電池モジュールのEL発光(太陽電池の検査手法の一つ)に異常が見られ、該当箇所の断面観察を実施した例です。断面の縦幅、横幅とも cm オーダーで、機械研磨以外の手法では対応が不可能と思われま

す。断面を作製し観察を行ったところ、Si(シリコン)セルとインタコネクタの接合部のAg(銀)電極とはんだ間で広範囲に及ぶ破断が見られました。

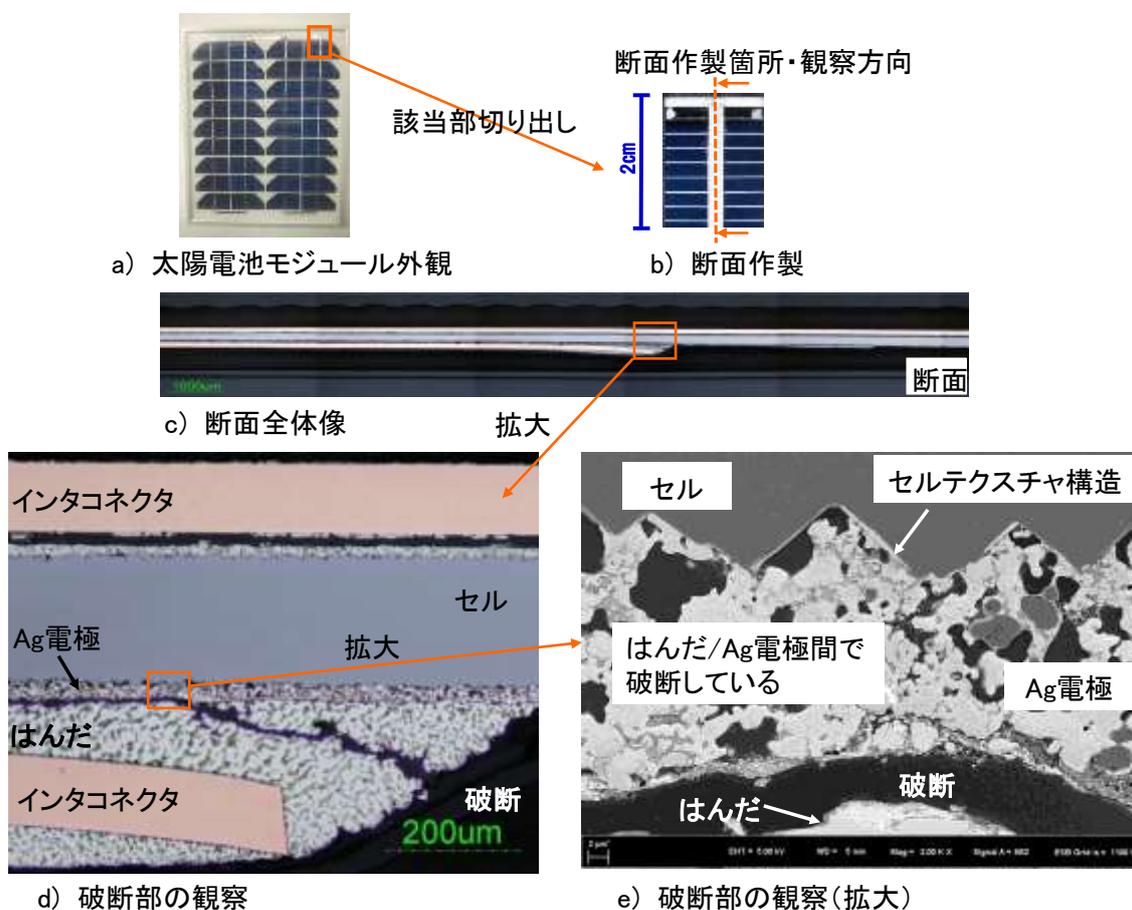


図 14. 機械研磨のメリットを生かした例 その2

### 3.5 機械研磨のまとめ

機械研磨は「研磨材料で擦り取る」という方法で断面を作製するため、試料にはこの方法に起因した機械的ダメージが生じますが、唯一 cm オーダーの広い領域の断面作製が可能です。且つ、高いピンポイント精度を持った手法でもあり、機械研磨は断面作製手法の基幹的な位置付けとなる手法です。しかしながら、成否は人的スキルへの依存が極めて大きく、相当量の熟練が必要となります。一番のデメリットは、このことなのかも知れません。

下表に機械研磨のメリットとデメリットをまとめます。弊社ではこれらのデメリットを克服すべく、機械研磨は基礎的な技術と位置付け、新人全員が一定期間トレーニングを受けてその技術を習得していきます。

表 2. 機械研磨のメリットとデメリット(まとめ)

メリ ット	広い領域の断面	一般的には最大で数cm～10cm程度まで
	ピンポイント精度	研磨治具使用で1μ m程度
潜 克 成 む 服 熟 数 で し た 々 き た の な ス 落 い キ ル と 機 械 が な い と 研 磨 い と	加工変質層	グレイン観察時注意
	段差・ダレ	界面状態の判別など注意
	キズ・欠け	場合により再研磨要
	割れ	発生箇所によっては観察不可
	剥がれ	密着強度の差異に注意
	埋まり込み	見誤り、見落とし注意
	ささり	場合により観察困難
	つまり	空洞など見落とし注意
	伸び・被覆	界面の状態の観察困難
	付着	場合により取り除き要

以上をもちまして機械研磨のお話しは終了とさせていただきます。次回は代表的な断面作製手法の一つであるイオンビームを用いたFIBのお話しをさせていただきます。予定です。

ちょっと一息 その1

光学顕微鏡による観察は、基本的で身近な観察手法です。比較的低い倍率での観察対象物の全体像や外観から、最大 2000 倍程度までの拡大観察をすることができます。SEMであれば、数十万倍まで拡大観察できることを思えばわずかな拡大かも知れませんが、光学顕微鏡による観察にはとても重要な役割があります。それは、観察対象物の色情報を掴むということです。材質や厚みなどで独特の色合いを呈するものは数多くあります。SEMは明、暗のコントラストのみです。また、SEMのように真空や導電処理などが不要で手軽に扱うことができます。

下の例は、ワイヤボンドの 1st ボンド部に生成する Au/Al 化合物を観察したものです。光学顕微鏡、SEMとも全く同じ箇所を観察しています。SEMでは Au/Al 化合物は識別し難いですが、光学顕微鏡であれば色情報により簡単に見分けることができます。下の例に示したSEM像では Au/Al 化合物と Au との界面に発生したマイクロボイドにより識別することが出来ていますが、コントラストとしては、Au/Al 化合物と Au の識別は試料に何らかの前処理を行わなければ困難です。

## 光学顕微鏡について

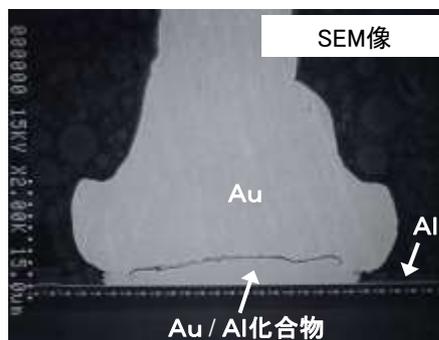
### 概要

- ・可視光を照射し、反射光をレンズを通して目で見える
- ・基本的で必須な観察手法
- ・全体・外観の把握、**色情報**



光学顕微鏡なら Au / Al 化合物が一目で分かる

Au ワイヤ 1st ボンド部の断面観察



SEMでは Au / Al 化合物は識別し難い

ちょっと一息 その2

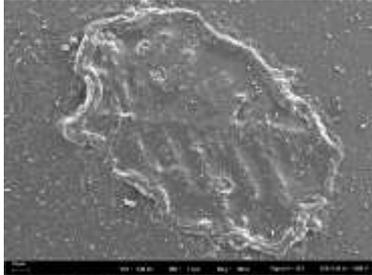
前述の光学顕微鏡とならび、SEMによる観察も基本的で一般的なものです。SEMは加速し絞った電子線を試料表面に照射して二次元的に走査し試料表面から励起されて出て来る2次電子(後方に散乱されて出て来る反射電子にはここではふれませんが)を検出器で検出しています。電子線を照射した際に2次電子が多く検出された箇所は明るいコントラスト、検出が少ない箇所は暗いコントラストで表示することで立体的な画像を得ています。光学顕微鏡と同様な比較的低い倍率から、拡大は数十万倍までの高倍率の観察を行うことができます。

下の例は、導電膜上に付着した被膜を表面観察した際に同一箇所を加速電圧5kVの電子線を照射した場合と、25kVの電子線を照射した場合に観察された像です。どちらが『真実の姿』により近いのでしょうか？

SEM像を解釈する際に役立つ2次電子像の傾向を以下に記しておきました。二枚の観察像を解釈してみてください。

## SEMによる観察

導電膜上の被膜の表面観察



加速電圧: 5kV

➔



加速電圧: 25kV

- ・加速電圧が高いほど表面より深部の情報が多くなる。  
加速電圧効果
- ・原子番号が大きい元素ほどコントラストが明るく見える。  
原子番号効果
- ・試料面が入射電子に対して平行に近くなる程発生する2次電子量が多くなる。  
傾斜効果
- ・試料の端や突起物の先端などは2次電子の発生量が多くなる。  
エッジ効果

次回につづく