
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3回

品質技術 兼原 龍二

前回の第2回目では、代表的な断面作製手法である機械研磨やFIB、イオンポリッシャー、ミクロトームについて、その特徴と概略を簡単に示しました。また、最もポピュラーな機械研磨については、少し詳しくお話ししました。今回も機械研磨について、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す。また、観察目的と断面作製の品質との関係についても解説させていただきます。

3.3 機械研磨のデメリット(第2回目からのつづき)

第2回目でお話ししましたように、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、図6.に示すような断面作製の信頼度に影響を及ぼすデメリットが生じます。断面作製の信頼度が低下すれば、必然的にその後の観察や分析・解析の信頼度も低下してしまいます。

断面作製の後に行う観察や分析の信頼度を維持するためにも、断面作製の信頼度には十分注意しなければなりません。このようにデメリットを回避することは極めて重要です。回避出来ずにデメリットが生じた場合はこれを除去しなければなりません。機械研磨より適した方法もなく、完全に除去も出来ない場合は、可能な限りデメリットが軽微になるようにする必要があります。これらを実現するためには、数多くの研磨材料の中から最も適した組み合わせを選び出さなければなりません。また、研磨材料だけではなく研磨の条件設定も断面作製の信頼度を左右する大きな要因となります。第2回目でもお話ししましたが、これらは人的なスキルへの依存が非常に大きく、『真実の姿』に近づけるためには、相当量の熟練が必要となります。

また、どうしてもデメリットの影響を排除しきれないような場合には、その試料の現在の状況や状態を正しく把握し、研磨後の観察や分析結果の解釈などを誤らないように細心の注意が必要となります。

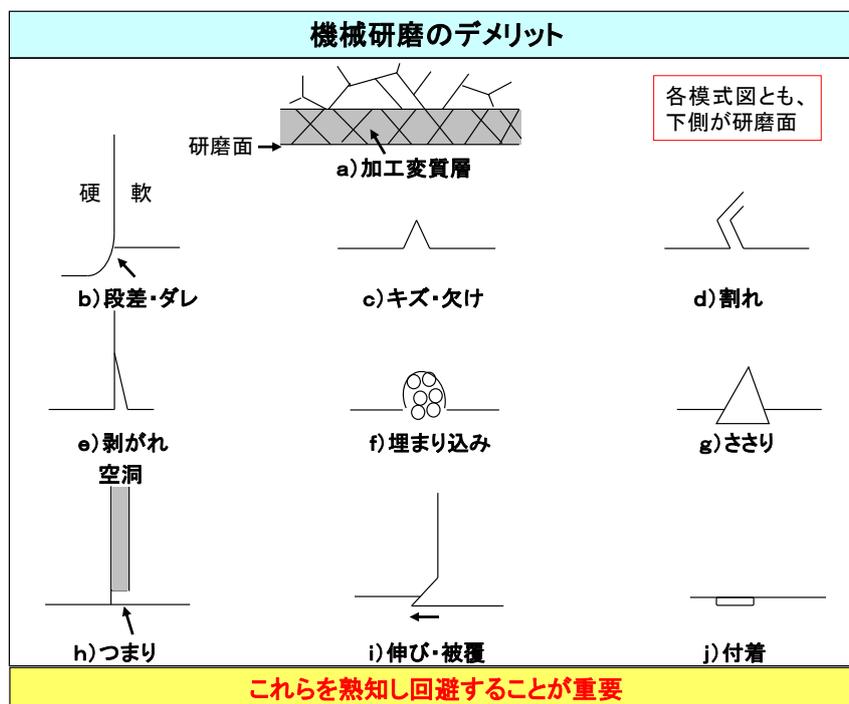


図 6. 機械研磨のデメリット

各デメリットの詳細を以下にまとめます。

a) 加工変質層

研磨材料で機械的に擦り取るという方法で断面を作製するため、研磨材料に接した面は深さ方向に加工による微小な変質層(金属組織が崩れた面や層など)が生じます。このような加工に起因した変質層は、研磨材料が粗ければ深く、細かければ浅くなります。結晶粒(グレイン)に注目するような場合は細心の注意が必要となります。場合によってはエッチングなどによる変質層の除去が必要となります。

b) 段差・ダレ

機械研磨の対象物には、硬質材料と軟質材料を同時に含むものも少なくありません。このような場合は、一般的には軟質材料部分が先に削られ、図 6. b) で示すような段差やダレを生じてしまい、硬質材料と軟質材料との境界の判別や界面の状態などが分かりづらくなります。

c) キズ・欠け

機械研磨の対象物から抜け落ちた硬質材料や研磨材料などによりキズや欠けが生じます。観察目的箇所が生じると観察がしづらくなり、最悪の場合、作製した断面の信頼度が不十分となり再研磨が必要となることもあります。

d) 割れ

機械研磨の対象物から抜け落ちた硬質材料や研磨材料、研磨時の衝撃などにより生じます。観察目的箇所に発生すると試料に本来存在していたものなのかどうかの判断が出来なくなることがあります。最悪の場合、観察が出来なくなります。また、試料に残留する応力が大きい場合などは、研磨により内部の応力が解放される状態になれば、自然に割れてしまう場合もあります。

e) 剥がれ

機械研磨の対象物を構成する材料の界面では、密着(接着)強度の差異により、研磨時に剥がれが発生し易くなります。剥がれの有無の調査が観察目的の場合は、判定が出来なくなることがあります。

f) 埋まり込み

機械研磨の対象物に存在している空洞部分や隙間には研磨屑や研磨材料の埋まり込みが生じます。この場合、機械研磨の対象物に本来存在している空洞や隙間の形状が変化したり、時には見誤ったり見落としてしまうこともあります。

g) ささり

機械研磨の対象物から抜け落ちた硬質材料やダイヤモンド材などの硬質の研磨材料などの機械研磨対象物の特に軟質部分へのささりが生じます。観察対象箇所に生じた場合は観察が困難となることがあります。

h) つまり

f) の埋まり込みと同様で、機械研磨対象物に本来存在する空洞や亀裂、剥がれなどの隙間がふさがってしまい不具合箇所を見落としてしまいます。

i) 伸び・被覆

機械研磨対象物に延性の高い材料や展性に富む材料などが含まれると、その材料と近接する他の材料箇所へ伸びや被覆が生じ、材料間の境界が分からなくなったり、界面に生成する化合物や界面の状態などの観察が出来なくなります。

j) 付着

機械研磨対象物に研磨屑や研磨材料、異物などの付着が生じる場合があります。観察目的箇所に発生すると、観察が出来なくなりますので取り除くことが必要となります。

上記のようなデメリットを回避しながら機械研磨を進めるわけですが、機械研磨のみの単一手法だけでは回避しきれない場合も生じます。そのような場合は他手法と組み合わせることでほとんどの場合に対応することが出来ます。この他手法との組み合わせで回避する方法については、各種断面作製手法の解説の後ご説明させていただこうと思います。

それでは、機械研磨の信頼度を左右するデメリットについていくつかの具体例をお見せします。その前にあまりこのようなものに触れる機会のない方もおられると思いますので、図7.にQFP(Quad Flat Package)やBGA(Ball Grid Array)などの部品と基板の構造、実装までの簡単な流れと今回着目している接合部の断面などを模式的にまとめてみました。以降お見せする写真と照合しながら見ていただくと理解し易いと思います。

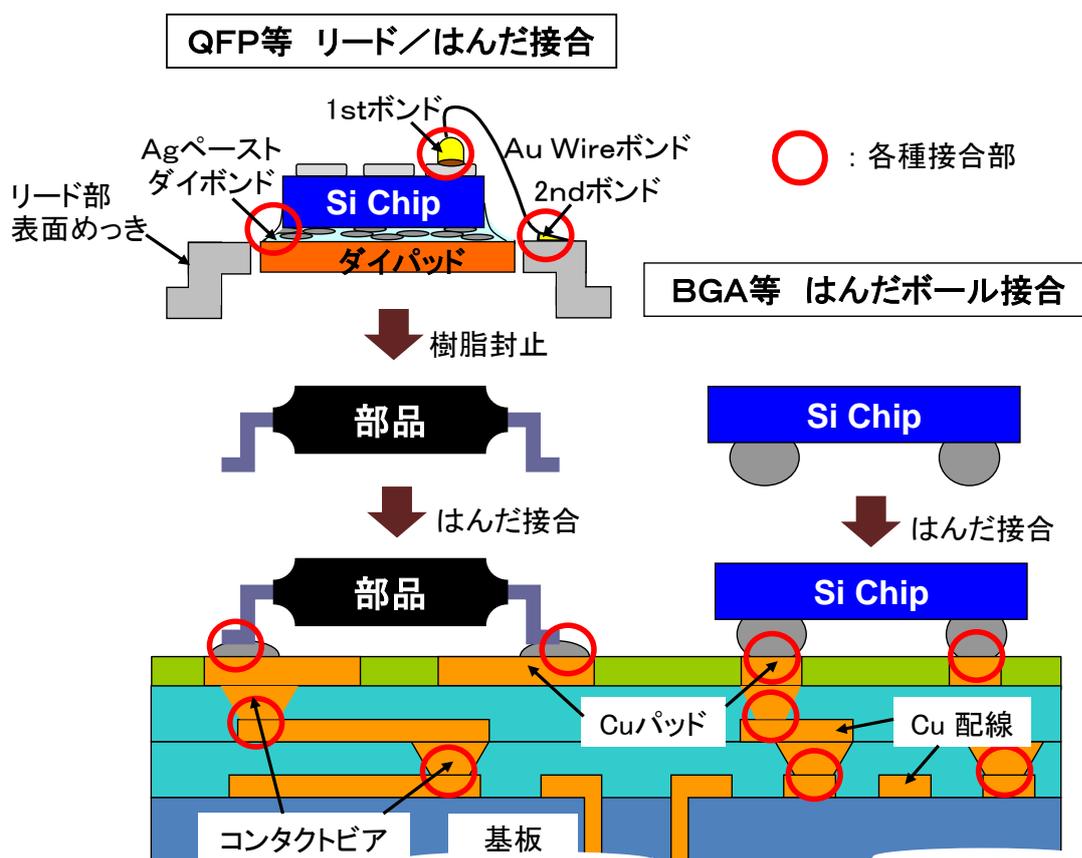


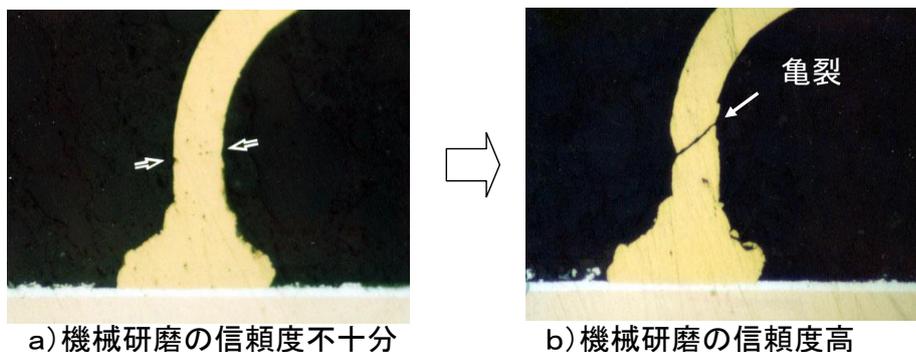
図7. 部品や基板の構造と実装までの簡単な流れ(模式図)

3.3.1 機械研磨のデメリットの例 その1

図8. にデメリット h) つまりの例を示します。どちらも電氣的にオープンとなり不具合解析が必要となったものです。Auワイヤ、はんだ接合部とも信頼度が不十分な機械研磨では本来あるべきクラックが消失してしまっていますが、信頼度の高い機械研磨では明瞭に観察することが出来ています。消失の原因は、Auやはんだといった軟らかい金属の伸びです。これらを除去することで、明瞭にクラックが観察されます。いずれの場合もクラックが観察されなければ、不具合解析は失敗していたことになります。

デメリット h) つまり

Auワイヤクラックの消失 (1stボンド)



はんだ接合部クラックの消失 (はんだボール接合)

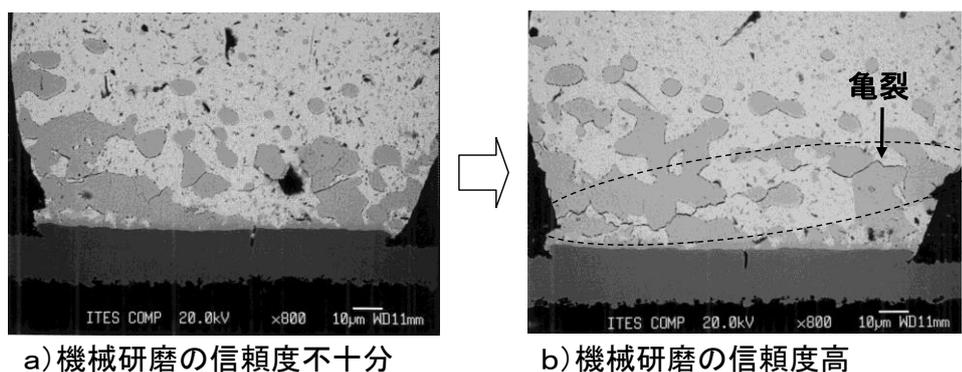


図8. デメリット h) つまりの例

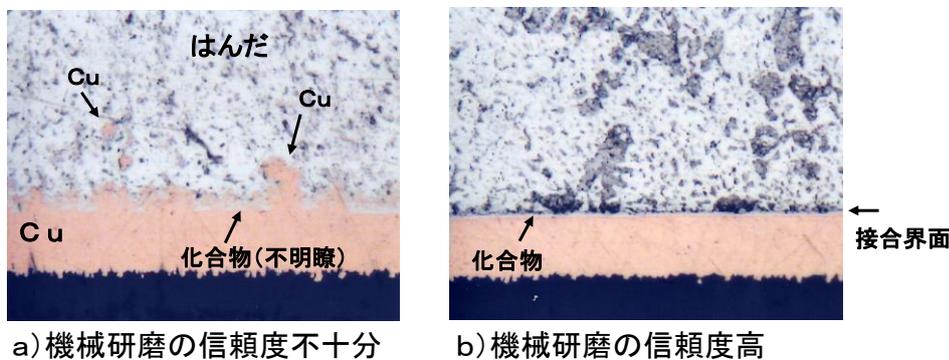
3.3.2 機械研磨のデメリットの例 その2

図9. にデメリット i) 伸び・被覆、j) 付着の例を示します。はんだ接合部では、本来はんだと Cu との接合界面には Cu と Sn の化合物が見られますが、機械研磨の信頼度が不十分な接合部では Cu の伸びや再付着によりこれらの化合物は非常に不明瞭です。また、Cu の厚みも信頼度の高い機械研磨と比べると伸びなどの影響でかなり厚く見られます。いずれも『真実の姿』からは大きくかけ離れた状態となっています。

表面めっき層の消失事例においても、機械研磨後に行った母材表面のめっき材のマッピング分析において、信頼度の不十分な機械研磨では母材表面にめっき材の分布が見られず、信頼度の高い機械研磨断面とは大きく異なった結果となっています。これはめっき材そのものが機械研磨によって消失(脱落等)したわけではなく、母材の金属層が伸びてめっき層を覆ってしまったため、研磨後の分析では検出できなくなってしまったことによるものです。もちろん、めっき材の分布が見られる方が『真実の姿』に近いということになります。

デメリット i) 伸び・被覆、j) 付着

はんだ接合部の軟金属の伸び、再付着 (リード/はんだ接合)



研磨時の表面めっき層の消失 (表面めっきの例)

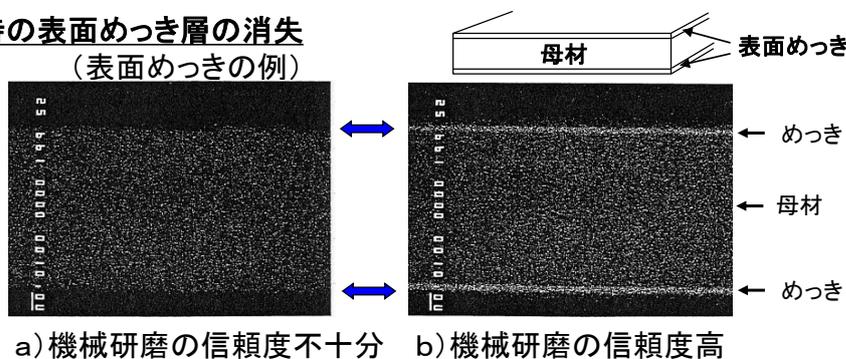


図9. デメリット i) 伸び・被覆、j) 付着の例

3.3.3 機械研磨のデメリットの例 その3

図 10. にデメリット e) 剥がれの例を示します。

硬軟材が同時に含まれる場合、その界面では硬軟差による段差が生じ易くなります。また、硬軟材界面の段差部は密着強度に起因して機械研磨による微小な剥がれが生じ易いため、試料に本来存在していたものなのか、機械研磨の段階で作り込んでしまったものなのかの判断がつかず、見誤ってしまう場合があります。

図 10. は機械研磨で作製した断面の Ag ペーストとダイパッド界面に剥がれ状のものが見られ、試料に機械的ダメージを作り込まない FIB で真偽の検証を行ったものです。その結果、機械研磨面の Ag ペーストとダイパッド界面に見られた剥がれ状のものは、研磨面の表面のみの浅い剥がれで試料に本来存在していたものではなく、機械研磨の際に試料に作り込まれたものであるということが判明しました。

弊社では、作製した断面の信頼度の検証なども必要に応じて行い、より『真実の姿』に近づけることが出来るよう努力しています。

デメリット e) 剥がれ

研磨表面の剥がれの発生 (Agペースト/ダイパッド)

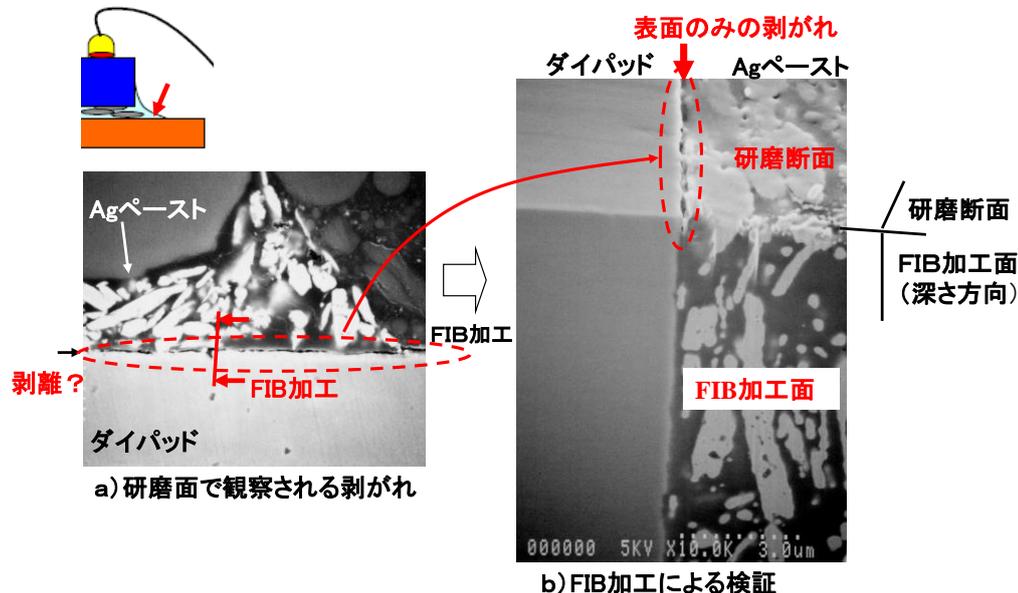


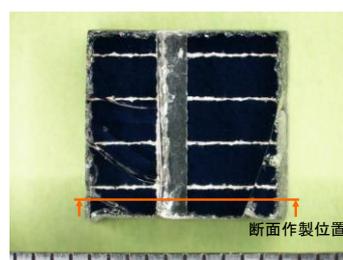
図 10. デメリット e) 剥がれの例

今回は機械研磨の信頼度を大きく左右するデメリットについて具体例をお見せしながら詳しく説明させていただきました。次回はこれらのデメリットを抑え、表 1. (第 2 回参照) に示した機械研磨のメリットを生かした例などをお見せする予定です。

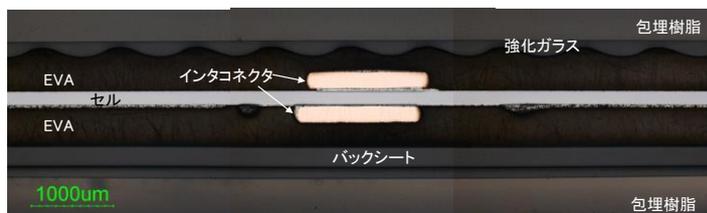
ところで、少し現実的なお話になってしまいますが、前述の例からも断面作製の信頼度は高い方が良いに決まっています。しかしながら、機械研磨の信頼度が高くなればなるほど研磨に係わる工数が増え必然的に時間・コストがかさむこととなります。また、開発品や工程不良品、市場故障品など、どれをとっても不具合解析には早急な結果のフィードバックが求められることが一般的です。

そこで、目的を満たしつつ少しでも早い結果の取得を目指す一つの方法として、目的に見合った信頼度の機械研磨を行うということがあります。目的を満たすことに必ずしもパーフェクトな機械研磨が必要とならない場合もあります。その場合は、目的さえ満足すれば高い信頼度はいりません。

弊社のような受託分析機関にご依頼いただくような場合でも全く同様に、高信頼度が必要なものと、そうではなく目的に見合った信頼度でよいものに分けて機械研磨を行えば、時間・コストの節約が出来るのではないかと思います。目的に見合った信頼度の断面作製の例を図 11、12 に示します。試料は太陽電池です。



1mm a) 試料包埋、切り出し後



b) 断面全体像

図 11. 断面作製位置と断面全体像(試料：太陽電池)

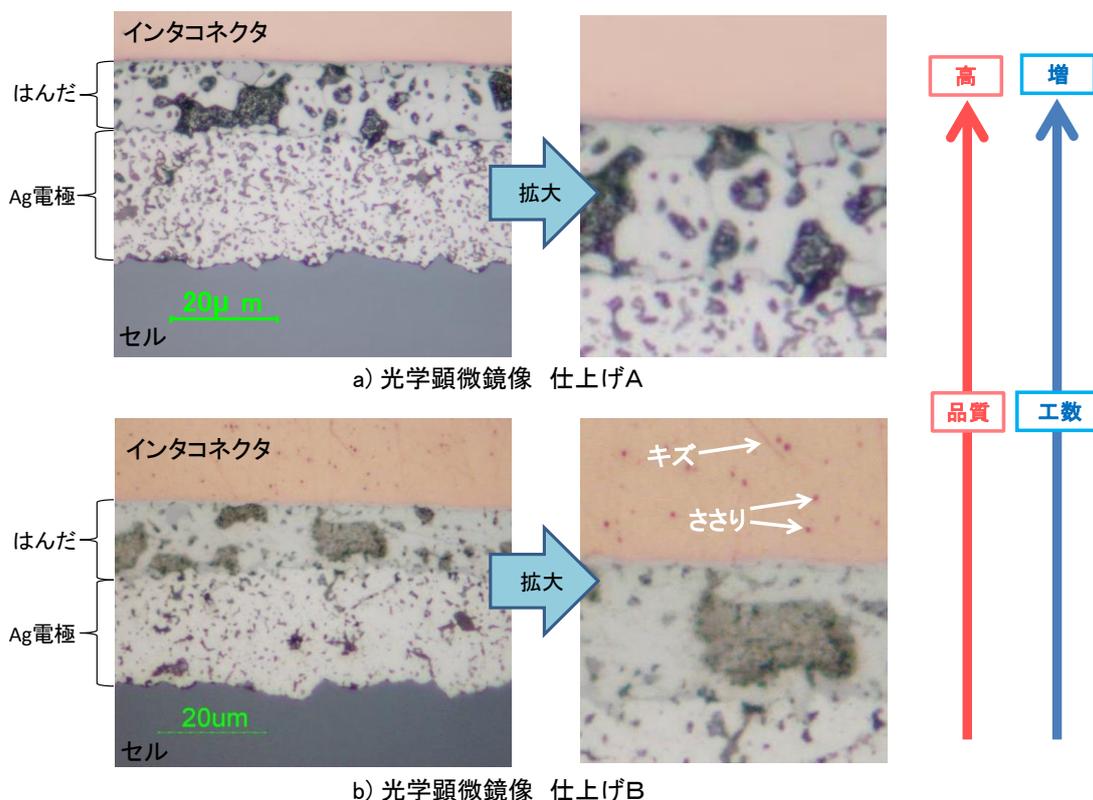


図 12. 仕上げ研磨済み品 (仕上げ A) と仕上げ研磨中途品 (仕上げ B) の断面光学像

図 12. はインタコネクタ接合部で仕上げ研磨済み品 (仕上げ A) と仕上げ研磨中途品 (仕上げ B) の断面を比較したものです。

仕上げ B 品にはキズやささりが見られますが、仕上げ A 品にはこれらのキズやささりなどは見られず、光学顕微鏡による観察だけでなく更に SEM(走査型電子顕微鏡)による観察や元素分析なども実施することが出来ます。仕上げ A 品は機械研磨の信頼度が高いということになります。仕上げ B 品においても光学顕微鏡による観察であれば十分可能で、インタコネクタ接合部の評価を行うことが出来ます。目的が光学像による観察や評価の場合は仕上げ A まで実施しなくても仕上げ B まででも十分ということになります。

目的に見合った信頼度の断面作製の例ということで、分かり易くするため仕上げ A と仕上げ B の 2 種類でグレード分けしてご説明しましたが、試料の種類や観察・分析の目的などにより、それぞれ幾つかのグレードに分けられると思います。このグレードを使い分ければ、時間やコストなどのいろいろな面で効率的になるのではないかと思います。

次回につづく