

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9回

品質技術 兼原 龍二

前回の第8回目では、F I B (Focused Ion Beam: F I B)のデメリットの一つであるG a イオンの打ち込み(図 19. 第6回参照)により、試料の側壁に形成されるダメージ層への対処について事例などを交えながら説明させていただきました。今回は、試料の表面に形成されるダメージ層について、その対処法を事例を示してお話しをさせていただきます。

G a イオンの試料への打ち込みですが、F I Bによる一般的な断面作製を行い、作製した断面をS E M (Scanning Electron Microscope: S E M)やS I M (Scanning Ion Microscope: S I M)で観察するといった場合には、大きな支障はほとんどないのではないかと思います。薄片試料を作製しT E M (Transmission Electron Microscope: T E M)で観察を行う場合には、G a イオンの打ち込みにより試料に形成されるダメージ層により『真実の姿』から遠ざかってしまうこともあります。全く逆の結果を導き出すこともありますので十分注意が必要です。T E Mは非常に高分解能な観察や分析を行うことができますが、信頼度のより高い試料加工が要求されます。

また、『真実の姿』により近づけるといふ点におきまして、F I Bによる試料への加工ダメージのみを取り上げて、G a イオンの打ち込みによるダメージ層の形成やその対処方法についてお話ししておりますが、試料へのダメージはF I Bのような加工のみに限らずT E Mによる観察時などにおいても発生しますので注意が必要です。T E M観察時のダメージについても紹介させていただきます。

F I BによりT E M試料が容易に作製できることから、T E Mによる高分解能な観察・分析が手軽に行えますが、『真実の姿』により近づけるためには細心の注意が必要です。

4.4.3 表面のダメージ層(F I Bデポの前に表面保護膜を成膜)

F I Bによる加工を行う以上、G a イオンビームを照射した試料表面にはG a イオンの打ち込みによるダメージ層が形成されます。側壁に形成されましたダメージ層につきましては前回(第8回)のような対処をすることが出来ますが、試料表面に形成されたダメージ層につきましては直接的な対処法というものはありません。従いまして、試料へのダメージ層の形成を未然に防ぐしか他に方法がありません。また、F I B加工をピンポイントで行うような場合などは、加工箇所の特定を行う必要があります。そのためには、試料表面の状態や形状などを保持したままF I B加工を行う必要がありますが、何らかの表面保護なしでは試料表面にG a イオンの打ち込みによるダメージ層が形成されてしまいます。F I Bデポ(Wなど)による保護膜を最初に試料表面に成膜してしまいますと、保護膜を成膜する際に試料表面にダメージ層が形成されてしまいます。従いまして、F I Bデポ(Wなど)による保護膜を試料表面に成膜する前に、試料表面にダメージを与えることのない他の保護膜を成膜して、試料表面の保護を行ってから、通常のF I Bデポ(Wなど)で保護膜を形成するというのが一般的なのではないかと思えます。しかしながら、この場合、試料表面に成膜する保護膜はどのようなものでもよいという訳ではなく、①成膜時や成膜後に試料表面にダメージを与えることがなく、②成膜後に照射するF I BのG a イオンの打ち込みや形成されるダメージ層が試料表面に成膜した保護膜中にとどまり、試料表面に到達することのない厚みで、なおかつ、③試料表面の状態や形状を忠実に保持出来るようなものがが必要です。薄片化後の試料のT E Mによる観察まで考慮しますと、試料表面の保護膜と試料表面との境界の識別が容易な場合が多いカーボン系の膜など、軽元素の保護膜が有利なのではないかと思えます。

図 32. はガラス基板上に成膜したアルミニウム膜表面に見られるピットの断面T E M試料をF I Bにより作製し観察を行った事例です。F I Bデポ(W)による保護膜を試料表面に成膜する前のカーボン表面保護膜の有無による試料表面の状態の違いを断面から観察したものです。カーボン保護膜のない試料表面は、F I Bデポ(W)の際のダメージによりピットが消失してしまっており、『真実の姿』とは全く異なった状態が観察されています。

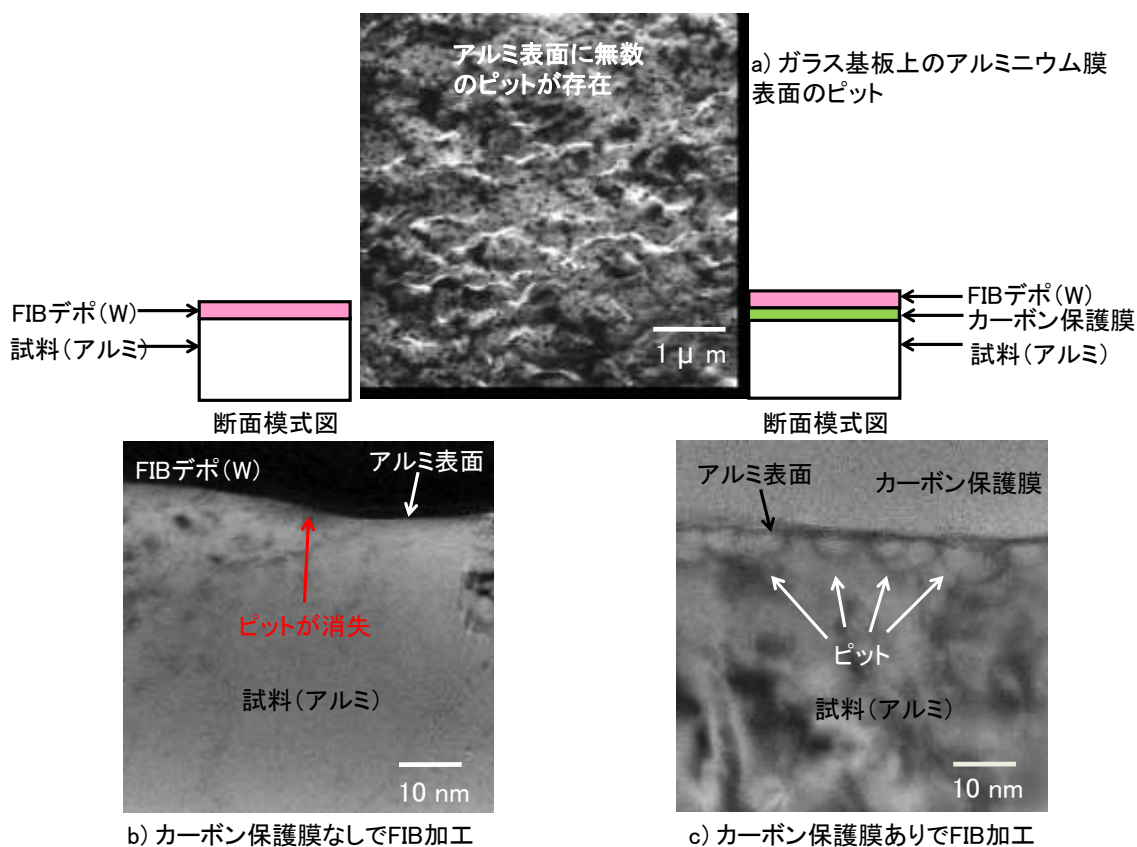


図 32. 試料表面におけるカーボン保護膜の有無による断面TEM像の比較

4.4.4 TEM観察時のダメージ

前回(第8回)と今回で、『真実の姿』により近づけるという点におきまして、FIBのGaイオンの打ち込みによる試料へのダメージとその対処法を取り上げましたが、FIBによる試料作製が無事完了し、『真実の姿』により近づけるような試料が作製出来ても、実はまだまだ安心は出来ません。試料へのダメージはTEMによる観察時などにおいても発生します。図33. は、Sn(錫)を主成分とするPb(鉛)フリーはんだとCu(銅)の接合部の断面観察を行い、はんだ接合部についてTEM観察時に生じるダメージの確認を行うため、継続して試料に電子線を照射し、時間の経過に伴う観察像の変化をTEMによりその場観察したものです。時間の経過とともに再結晶による粒成長が見られます。これは、TE

M観察時の試料への電子線の照射に起因した発熱によるものと思われます。金属材料などの場合には、電子線の照射による局部的温度上昇により、再結晶による層構成の変化や粒成長により本来とは異なった状態となってしまうことがあります。融点や再結晶温度の低い金属、また、耐熱温度の低い樹脂材料など熱による影響が懸念されるような場合には注意が必要です。試料への電子線の照射を可能な限り抑え、電子線照射による試料へのダメージの有無を確認しながら観察を行う必要があります。ここでも『真実の姿』により近づけるためには細心の注意が必要ということになります。

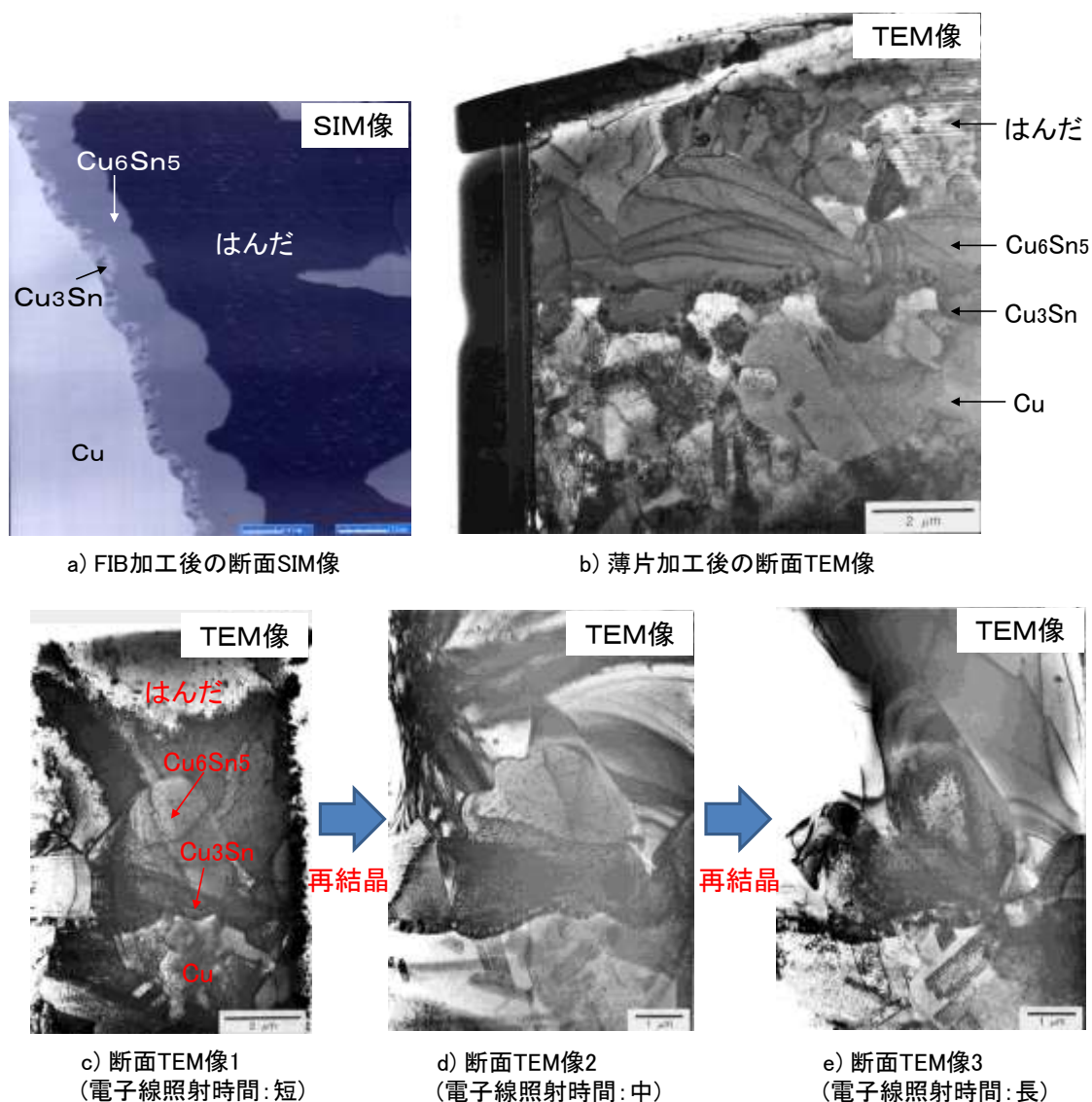


図 33. はんだ接合部におけるTEMによるビームダメージのその場観察

前回(第8回)と今回で、FIBのデメリットの一つとしてのGaイオンの打ち込みに関しまして事例などを交えながら詳細を説明させていただきました。今回をもちまして、お話しは終了とさせていただきます。

FIBによる試料へのGaイオンの打ち込みだけでなく、TEMによる観察時においても試料へのダメージは発生します。FIBやTEMに限らず、試料作製や観察などにおける種々の工程から試料のハンドリングに至るまで、ありとあらゆるところに試料がダメージを受ける可能性は存在します。第1回目にお話しさせていただきましたが、『真実の姿』により近づけるためには、今現在試料にどのような現象が起こっているのか、どのような状態になっているのか、また、これらによりどのようなことが試料に起こり得るのかということを常に考え、正しく把握しておくことが大変重要です。正しく把握出来れば、予防や対処により『真実の姿』により近づけるのではないかと思います。

次回は、試料作製の一環として少し変わったFIBの使い方のお話しをさせていただきます予定です。

次回につづく