
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5回**

品質技術 兼原 龍二

前回の第4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、そのデメリットを回避しメリットである広い断面作製領域を生かした例をお見せしました。機械研磨は実用的なサイズでも断面の縦幅、横幅が数 cm ～10 cm程度までであれば断面の作製が可能で、表 1. (第2回参照)に示しました代表的な断面作製手法の中でも群を抜くものです。

今回からは、表 1. に示しました F I B (Focused Ion Beam) のお話しをさせていただきます。

4. F I B

4.1 F I Bの特徴とメリット

これまでお話ししました機械研磨の断面作製の方法が、試料表面を「研磨材料で擦り取る」という方法であるのに対し、F I Bは「イオンビームで原子・分子をはじき飛ばす」という方法で断面の作製を行います。イオンビームには Ga イオンが用いられ、30kV 程度の加速電圧で加速した Ga のイオンビームを細く絞り試料に照射することで、試料表面のイオンビームを照射した領域だけスパッタエッチングを行い断面を作製します。

特徴としましては表 1. で示しましたように、サブミクロンの対象物に対しても、ほぼ確実に狙った位置での断面作製を行うことができます。このピンポイント精度は、表 1. で示しましたその他の代表的な手法と比較しても群を抜くものです。近年は、F I BとSEMを同一チャンバーに組み込んだ複合機も普及し、今まさに作製中の断面をSEMで確認しながらF I Bで断面作製が出来るので、このピンポイント精度は更に向上して来ています。また、試料加工時に試料に機械的ダメージを作り込まないという点も大きな特徴の一つです。

図 15. はスパッタエッチング及びS I M (Scanning Ion Microscope: S I M) 像観察を模式的に示したものです。断面作製も観察も一つのチャンバーの中ですべて行うことができます。

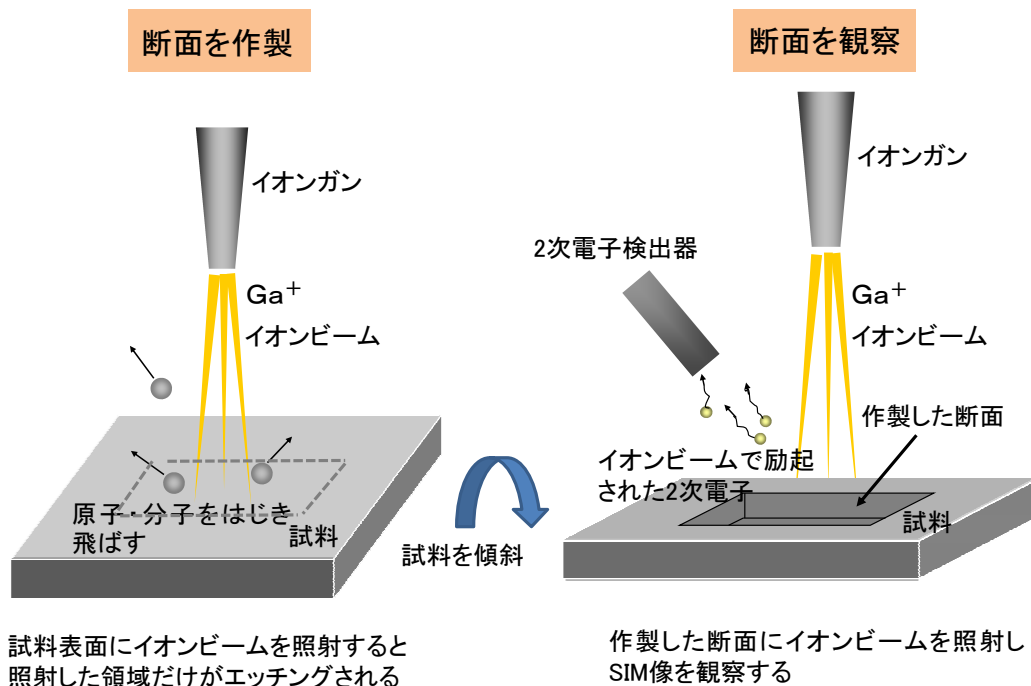


図 15. エッチング及びSIM像観察模式図

前回(第4回参照)の「ちょっと一息 その2」で本セミナーのような観察ではかなりの頻度で使用されるSEM(Scanning Electron Microscope: SEM)について簡単にお話ししました。走査型電子顕微鏡による観察がSEMとなっているのに対し、FIBはSIMとなっています。これはどちらも試料表面から励起されて出て来る2次電子を検出することで像を得ているという点については同じなのですが、何によって励起されて試料表面から出て来た2次電子であるかという点でSEMとSIMが区別されます。SEMは加速した電子を試料表面に照射し試料表面から励起されて出て来る2次電子を検出することで像を得ています。これに対し、SIMは加速したイオンを試料表面に照射し、試料表面から励起されて出て来る2次電子を検出することで像を得ています。

ここで注意しておいていただくことが一点あります。前回の「ちょっと一息 その2」でSEM像を解釈する際に役立つ2次電子像の傾向として幾つかの「効果」を示しましたが、「原子番号効果」などはSEMについて言えることで、2次電子を検出することで像を得ているという点ではSEMと同じですが、SIMについては当てはまりませんので注意を要します。従いまして、原子番号の

近接した元素が隣接しているような場合でも、SEMではコントラストに顕著な差が見られずコントラストからは界面の識別が困難な場合であっても、SIMではコントラストの違いとして容易に識別できるケースがしばしばあります。

4.1.1 FIBのメリットを生かした例 その1

この事例は、微細構造を持つ半導体素子の断面をデモ的に作製し観察を行ったものです。断面を作製する対象物がサブミクロンの直径のタングステンコンタクトということで、装置はFIBとSEMの複合機を使用し、作製している断面をリアルタイムに観察しながら目的とする箇所の断面を作製し観察したものです。サブミクロンの直径のタングステンコンタクトの断面が適確な位置で作製されています。どの程度のサイズであるかにつきましては、写真のスケールと比較していただきますと分かり易いと思います。銅配線にコントラストの異なった模様のように見られるものは銅の結晶粒(グレイン)です。

この事例のように断面作製の該当部が微小であり、また更に、その中央部の断面を作製し観察するといったような場合においても、いかに中央部で断面を作製し観察することが出来るかということが、本セミナーのテーマである『真実の姿』により近づけるということになります。

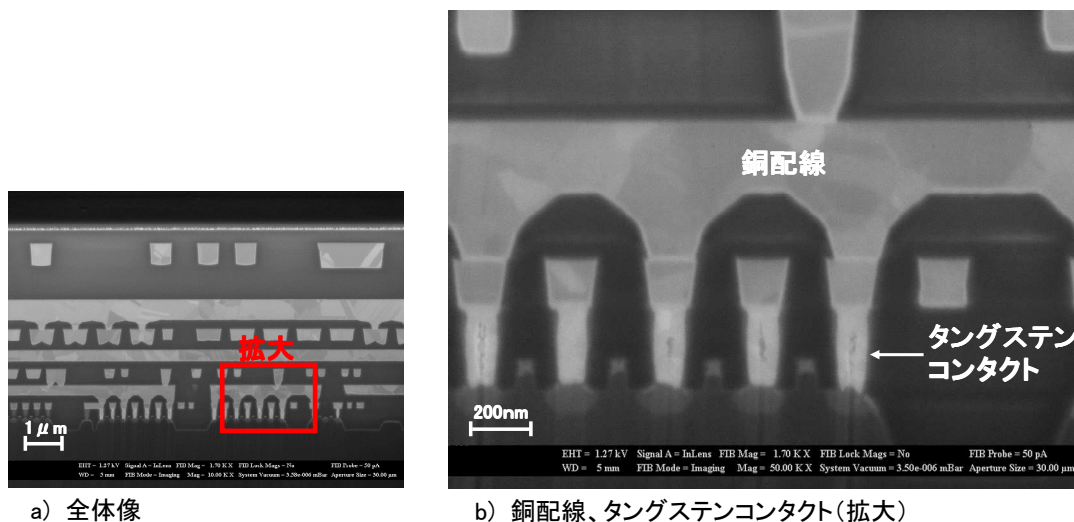


図 16. 半導体素子の断面観察 (SEM像)

4.1.2 FIBのメリットを生かした例 その2

他の手法ではほとんどの場合、まず最初に本来の形状を保持するために試料を樹脂に埋め込みますが、FIBは試料に機械的ダメージを作り込まないため、場合にもよりますが樹脂による埋め込みを行うことなく直接、断面の作製と観察を行うことができます。この例は、樹脂による埋め込みをしないで立体構造のまま断面作製、観察を行っています。

試料は、ワイヤボンドされたCOB(Chip On Board)のAuワイヤにオープンの不具合が発生したものです。作製したAuワイヤの断面中でコントラストの異なった模様のように見られるものはAuの結晶粒(グレイン)です。結晶粒は製法や受けた力の向き、熱履歴など、種々の情報を持っている場合が多く、不具合解析ではしばしば有益な情報を提供してくれます。この例では、結晶粒の伸びなどが見られることから、何らかの応力に起因した破断と推測されます。FIBは機械的なダメージによる加工変質層(図6.第3回参照)を生じないので、前処理を行うことなくこのように明瞭に結晶粒を観察することができます。

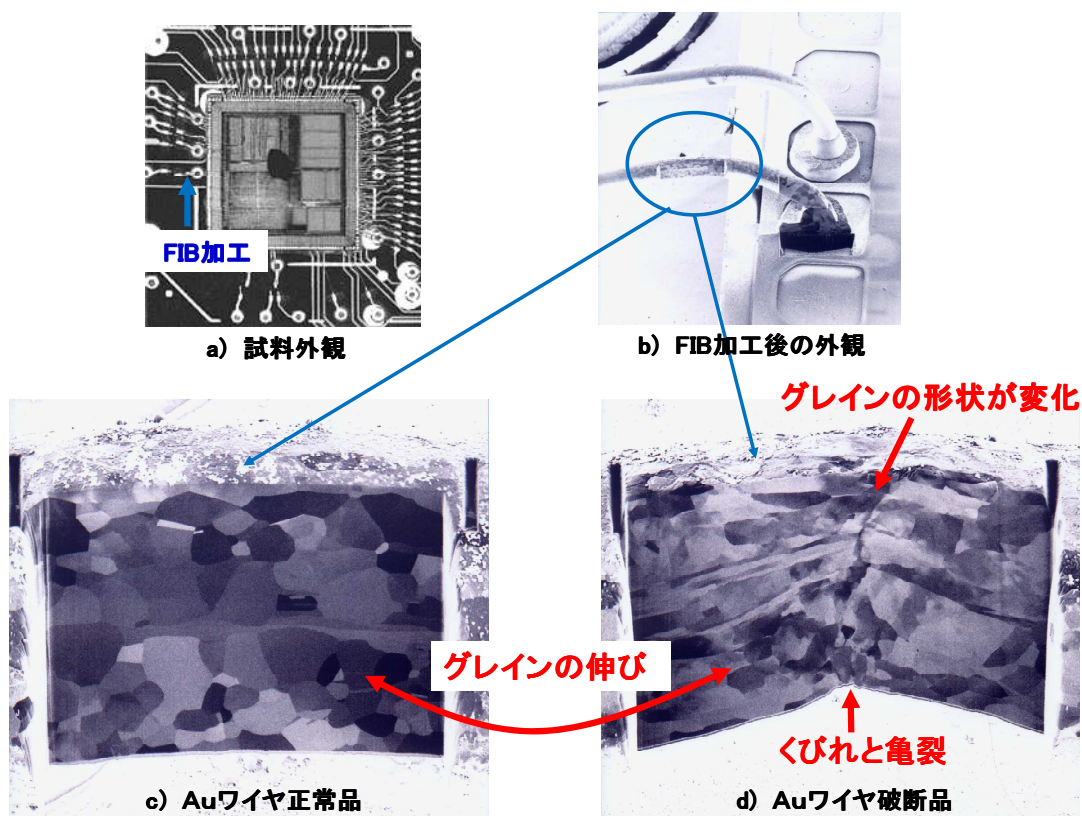


図 17. 破断したAuワイヤの断面観察(SIM像)

4.1.3 FIBのメリットを生かした例 その3

この事例は、高温放置試験で高抵抗値となったプラスチックパッケージに電氣的な絞り込みを行ったところ、1st ボンド部分が高抵抗であるというところまで不具合部を絞り込むことが出来ましたが、機械研磨により該当部の断面を作製し観察を行ったところ、明らかな不具合は確認されなかったというものです。抵抗値としては完全なオープンではなく、微小な不具合である可能性も十分予想され、機械研磨のデメリット(図6. 第3回参照)の影響も危惧されましたので、試料に機械的ダメージを作り込まないFIBで検証を行いました。

図18. に示しましたように、接合部分の機械研磨断面に垂直にFIBで断面を作製し観察を行ったところ、1st ボンド接合部のAu/Al化合物とワイヤのAuとの界面に極微小な隙間が見られ、この隙間の存在により高抵抗が生じたということが確認されました。

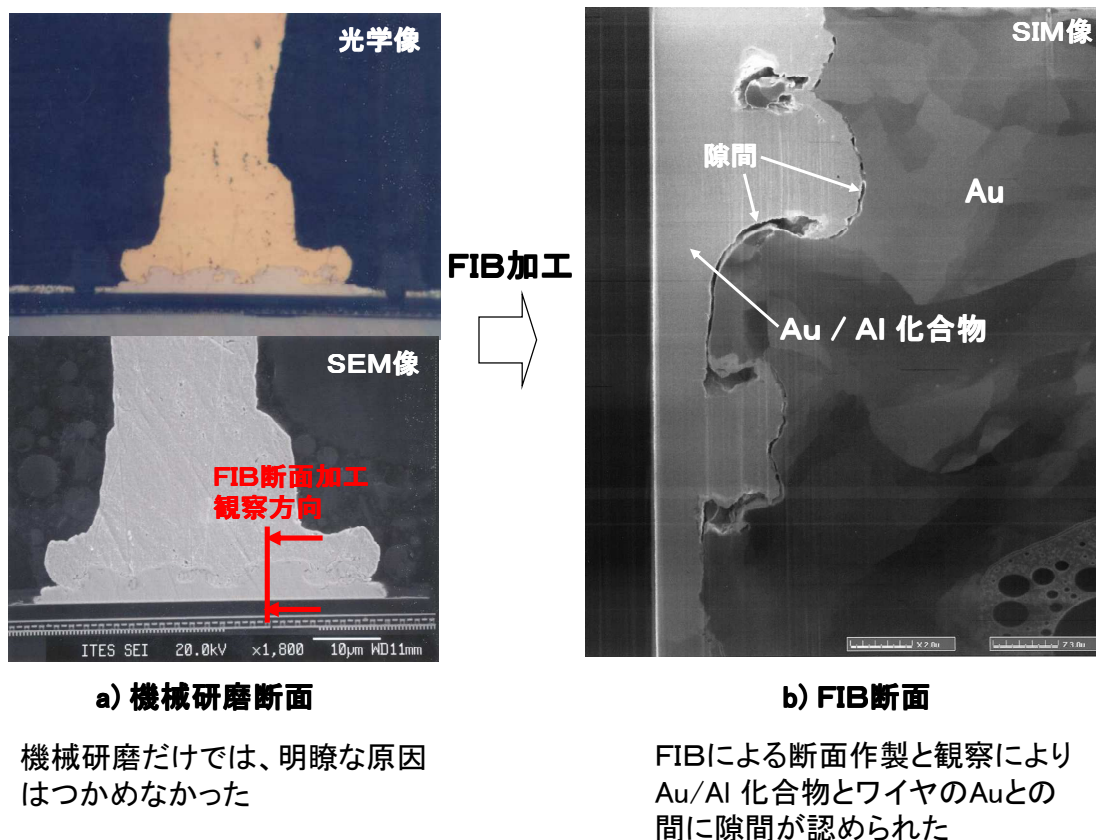


図18. FIBを用いた1st ボンド部高抵抗の検証

今回は、代表的な断面作製手法の一つであるFIBの最初のお話しということで、その特徴やメリットなどを具体例を示しながらお話しさせていただきました。次回はデメリットなどについて具体例も交えながらお話しさせていただく予定にしています。

次回につづく