

半導体パッケージの解析技術

C

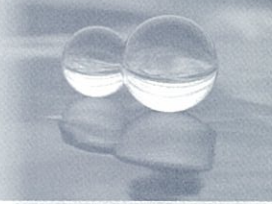
半導体パッケージの小型化と高密度実装技術により、電子機器の小型・高機能化が急速に発展している。しかし、いっぽうでは小型化した場合の性能と信頼性の維持・向上に多くの課題があり、日夜それらの解決の努力がなされている。

パッケージングの基本は接合技術と言っても過言ではない。直接的な接合、あるいは助材を用いた間接的な接合がなされる。接合には無機物、有機物、金属などが用いられ、電気的（導通、絶縁）、化学的（保護）、機械的（強度）要求品質特性を満たすべく材料選択されている。

一般的な接合方法としては、ダイボンディング、ワイヤボンディング、はんだボール、バンプ、メカニカルな圧接、接着剤使用などがある。広義に解釈すれば、めっきによる配線基板の導体パターン、あるいは樹脂による封止も異種材料の接合である。製品性能を評価する場合、これら接合界面の状態を正確に把握することが重要とされている。

また、接合部には欠陥が生じやすく、加熱や応力負荷による特性の劣化が問題となる。製品性能は接合部の信頼性依存度が強く、その接合部の詳細な解析技術が望まれている。

接合状態を調べるには、X線や超音波による非破壊検査も用いられるが、より精度の良い情報を得るには接合部分の断面試料を作製し、直接観察することが必要である。また、接合界面を機械的に強制剥離して、暴露面を直接観察することも非常に有効な評価手段である。



断面観察例

C-1

断面観察は試料を樹脂に埋め込み、機械的に研磨するのが一般的である。この研磨法の場合、硬さの異なる材料同士の接合、あるいは接合界面に金属間化合物などの中間相が生成している場合はダレが生じ、フラット面を得ることが難しい。また、接合部にボイドや空洞がある場合は、水、研磨剤が残留する欠点がある。

これらの問題点の解決策として、鋭利なナイフにより接合部を切削し断面試料を作製するマイクローム法、およびイオンを細く絞って照射し切断するFIB（集束イオンビーム）法がある。

FIB法は断面精度には優れるが、局所領域の観察となる。マイクローム法はFIB法より広い範囲での観察が可能であり、接合断面の試料調整に適している。

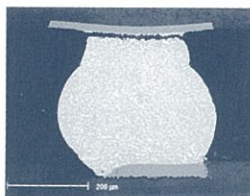
ここでは、切削法であるマイクロームによって作製した断面観察例を紹介する。

実装基板への接続の高密度化とともに、はんだボールやバンプサイズの微小化が進んでいるが、

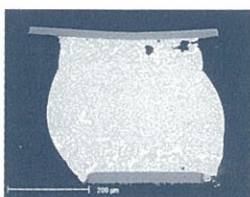
信頼性の面で一部問題となっている。過酷な評価試験にて破壊した接合界面を、全域にわたって詳細に観察することが原因究明に必要とされている。

写真1(a)にマイクローム法で作製したはんだボール接合部の全断面を示す。また、写真1(b)にはマイクロボイドを示す。はんだのように軟かい金属の内部欠陥を、研磨法で観察するのは容易なことではないが、マイクローム法では破壊部、マイクロボイドとも観察可能である。

写真2に金ワイヤボンディングした接合部の断面状況を示す。高倍率で観察すると、ボンディング部全面が接合していないことがわかる。ボンディングは素材の表面粗さの影響も受けていると推察される。



(a)破壊



(b)マイクロボイド

写真1 はんだボールの接合断面

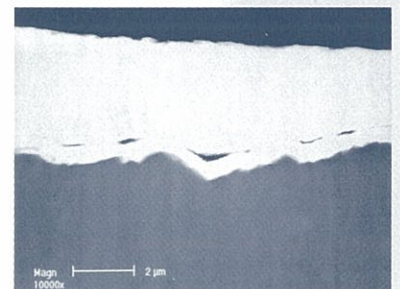
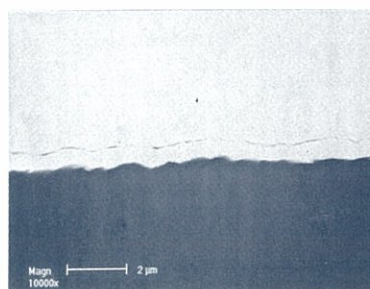
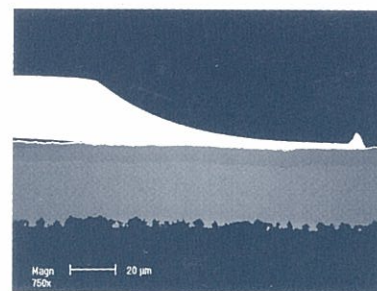


写真2 金ワイヤボンディングの接合断面

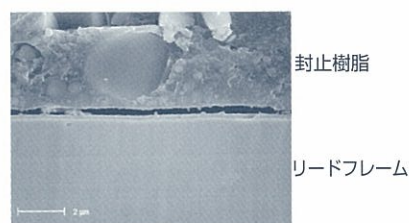
金属／金属のような拡散による強固な結合とは異なり、金属／有機物のような接着あるいは密着という接合形態では、接合強度の劣化による剥離が問題となる。

写真3にリードフレームと封止樹脂の界面剥離の断面状況を示す。写真3(a)はX線や超音波の非破壊検査によって剥離異常が検出されたにもかかわらず、機械的研磨法では異常が実見できなかった例である。同じく写真3(b)は非破壊検査で全く異常が検出されなかったが、マイクローム法で微小な隙間が実見できた例である。

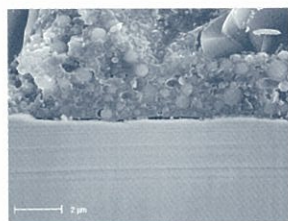
作製した切削断面の表面をエッチングして、接合部断面の組織観察をすることも有効な手段である。写真4はワイヤボンディングを行う樹脂基盤リ

ド部を断面組織観察したもので、試料作製後エッチング処理している。右側のふくれを生じた異常部の内部には空洞があり、近傍の組織が正常部より粗大化している。金属同士の接合部を調査する場合、このように断面の組織観察を行うことによって、より多くの知見を得ることができる。

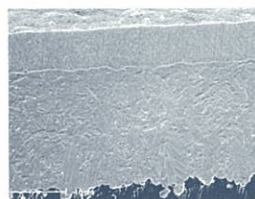
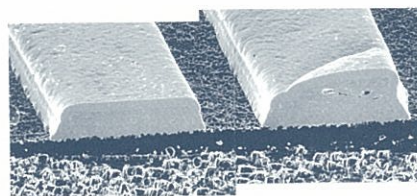
また、樹脂埋め込みをせず断面の検鏡試料が作製できるため、SAM（走査型オージェ電子顕微鏡）、IMA（イオンマイクロアナライザ）などの超高真空な表面分析装置にも試料導入が可能となり、一般のEPMA（電子線プローブマイクロアナライザ）とは違った、より高いレベルでの情報の収集も可能である。



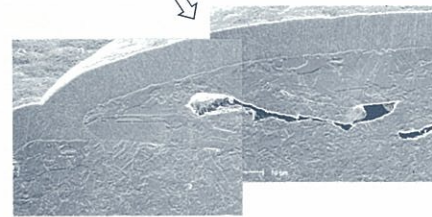
(a)剥離大



(b)剥離小



(正常部)



(ふくれ異常部)

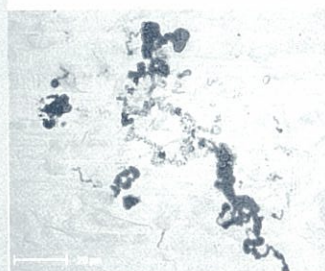
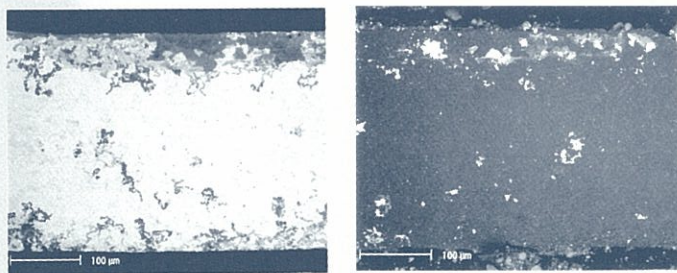
写真3 リードフレーム／封止樹脂界面の剥離

写真4 断面の組織観察

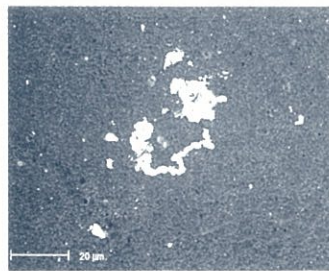
C-2

剥離・開封観察例

パッケージの開封は薬品（発煙硝酸）を使って封止樹脂を溶解させる方法が一般的である。この



リードフレーム側



封止樹脂側

写真5 リードフレーム／封止樹脂の強制剥離観察

方法の場合、薬品で観察部位の状態や情報を変化・消失させる欠点がある。観察部位の状態を変化させることなく、剥離・開封を行い界面状況が観察できれば、原因究明の大きな手助けとなる。

接合界面を1枚のペーパーにたとえると、断面方向は一直線であるのに対し、真上から見ると面として広く観察でき、ペーパーの上に書かれた文字や絵をよく眺めることができる。接合部の観察と言えば断面観察が一般的であるが、接合部を強制的に剥離・暴露した面を観察できれば、断面観察以上の多くの情報を得ることができる。

微小な剥離を生じているリードフレーム／封止樹脂の試料（写真3に示す試料）について、強制的に剥離し表面から観察した結果を写真5に示す。断面方向からはわからなかったリードフレームの腐食状況が、良く観察できる。このように面として接合部をとらえることができれば、得られる情報は飛躍的に増大することになる。

パッケージの信頼性評価として耐湿試験がある。試験によるボンディングパッド部の腐食進行状況の把握が重要となる。

写真6は加熱や薬品による処理なしに、その場で状態でメカニカルに強制剥離したものである。チップ側パッド部表面と、それに対応する封止樹脂側表面を観察している。両面は互いにレプリカの関係にある。このように、強制的に剥離したお互いの表面を付き合わせながら、腐食状況を詳細観察することにより正確な情報が得られる。

封止樹脂中のフィラーがチップ表面にダメージ

を与えることが予想される。チップ上の配線に何らかの異常を検知した場合、封止樹脂を溶解すれば異常箇所の観察は可能である。しかし、異常であるということは知ることができるが、原因推定には至らないことが多い。そのためにも、樹脂を溶解することなく強制剥離することが望まれる。写真7はその事例で、樹脂中の大きなフィラーがチップ側表面を圧迫している様子を示している。

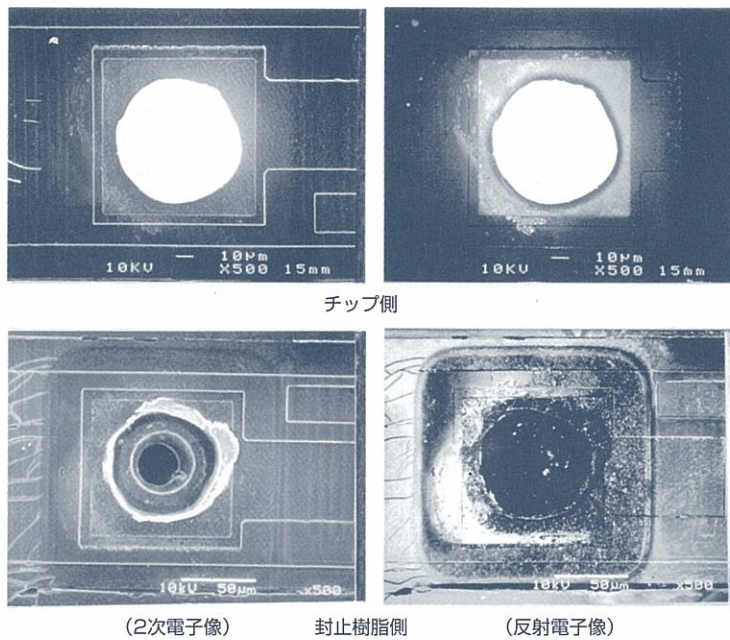


写真6 ボンディング部の観察

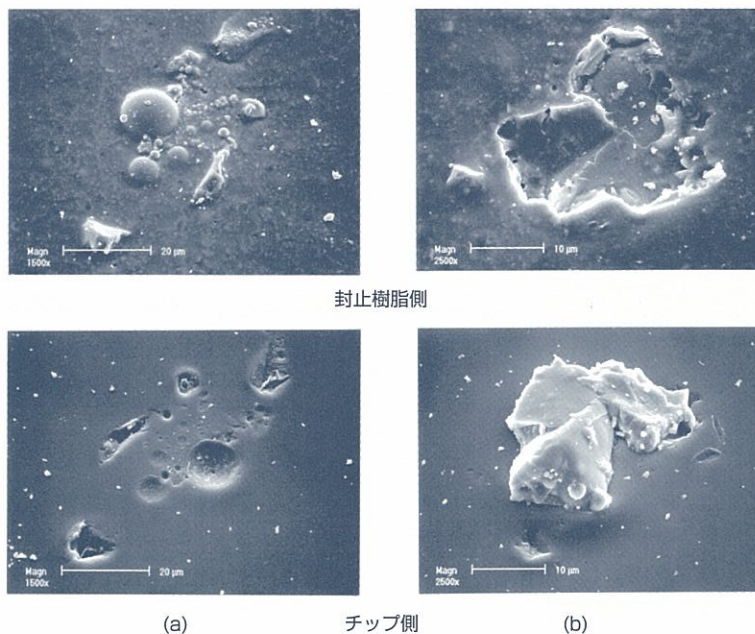


写真7 パッケージの開封

半導体パッケージの断面観察の試料調整法としては、機械的研磨法、マイクローム法およびFIB法がある。それぞれに特徴があり“みんな違って、みんな良い”と言えるが、試料・目的・状況によ

って最適な方法を選択することが、原因究明に必要と言えよう。これまでに蓄積した経験が、皆様方のお役に立てれば幸いです。

[関門事業所 林富美男]