

FIB/FE-SEMによるSnウィスカ評価技術

近年、電子機器の高性能化にともない、実装部品の小型化が進んでいる。高密度実装技術の必要性が高まる一方で、欧州特定物質使用禁止指令 (RoHS) に対応した鉛フリーはんだへの代替も進んでいる。その代替材料は、機械的特性・経済性などを考慮し選択されているが、リードフレームのアウトリードやフレキシブル基板用コネクタでは錫ウィスカ、リフトオフ、マイグレーションなどに代表されるような解決しなければならない問題が多く、早急な対策が求められている。

Snウィスカ問題は、鉛フリー化を実施する以前からも検討されていたが、近年の高密度実装化とあわせて重要視されるようになり、現在、電子情報技術産業協会 (JEITA) におけるウィスカに関する研究委員会では、試験方法に関する作業の標準化が規定されている。

本稿では、Snウィスカ発生・成長のメカニズム解明に必要とされる評価方法について、高分解能FE-SEMおよび高速加工FIBを使用した事例を紹介する。



技術本部
エレクトロニクス事業部
物理解析部
藤沢物理解析室

平野 俊介

C-1 ウィスカ評価方法

ウィスカの代表的な評価事例を第1図に示す。

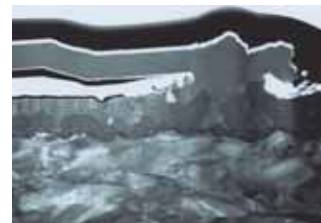
第1図 ウィスカの評価事例



圧痕部の表面SEM観察



ウィスカ発生部の断面SIM観察



ウィスカ発生部の断面STEM観察

ウィスカの評価項目は、発生部近傍の状態 (長さ、数など)、金属間化合物生成量、酸化皮膜量、結晶粒径、結晶方位などである。発生・成長メカニ

ズムの解明には、できるだけ多くの項目を同時に評価することが重要であり、断面観察は、多くの情報が同時にえられる手法といえる。

C-2 断面作製の注意点

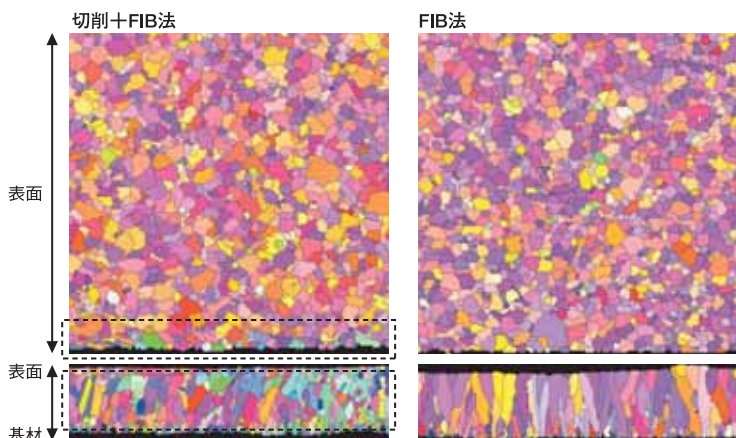
ウィスカの断面作製手法は、機械的研磨法、切削法、FIB法に大別される。FIB法は高度な技術を

必要とする反面、機械的加工ダメージが少ない手法であり、ウィスカ発生のメカニズムを検討するうえで好適な手法といえる。コネクタ端子の結晶方位解析事例を第2図に示す。断面作製部近傍のSnが再結晶 (図中点線部) している様子が観察できる。

Snの再結晶温度は0~25℃と常温に近いことが広く知られている。再結晶とは、金属の基本的な特性で、加工や拡散などで応力がかかることにより結晶に歪が生まれ、ある温度で歪のない大きな結晶になることである。つまり常温でSnは、機械的加工などの外部応力を加えることにより再結晶することが考えられる。

断面作製する場合は、機械的加工により二次的な再結晶をさせないように注意する必要がある。本図より、FIB法によるイオンミリング加工のみでの断面作製が適切であることがわかる。

第2図 コネクタ端子の結晶方位解析事例

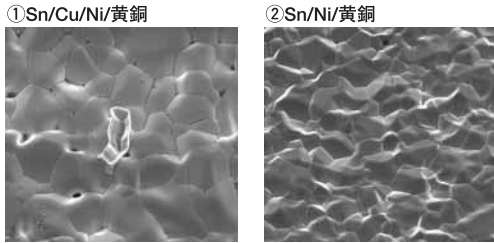


C-3 内部応力型ウィスカ評価方法

常温において発生するウィスカが、典型的なウィスカの事例とされる。基材 (黄銅) にSnめっき

しているコネクタ端子のウィスカ観察事例を第3図に示す。

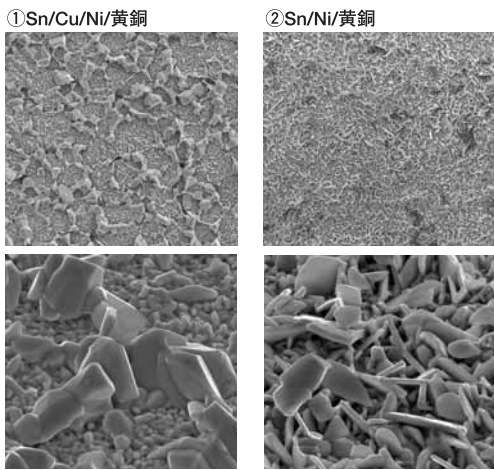
第3図 コネクタ端子のウイスカ観察事例



ウイスカは、①のみに発生している。常温において発生するウイスカは、Snめっき／黄銅界面に形成する金属間化合物（①： Cu_6Sn_5 、②： Ni_3Sn_4 ）の成長による圧縮応力の発生が主な要因とされる。

金属間化合物の分布状態を第4図に示す。金属間化合物は、Snを酸で溶解し表面から観察している。

第4図 金属間化合物の分布状態

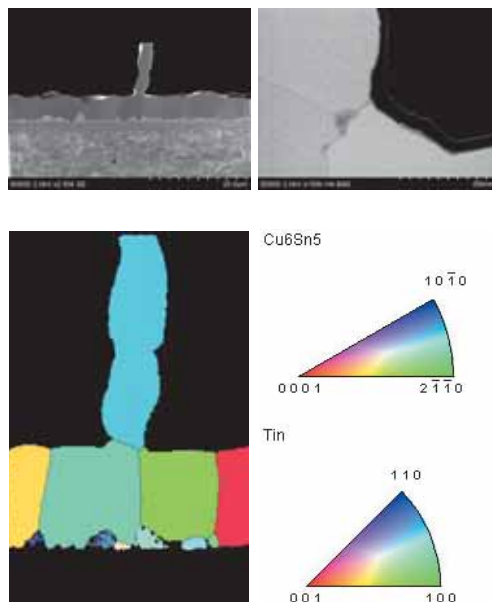


Cu_6Sn_5 結晶は、黄銅界面の全面に均一性をもって成長するのではなく、結晶粒界に沿って顕著に成長し、結晶粒内では比較的均一に成長する。このためSnの結晶粒内は、粒界に沿って成長する Cu_6Sn_5 結晶が体積膨張することにより、圧縮応力が発生するとされている。

Ni_3Sn_4 結晶は、黄銅界面の全面に特徴的な板状結晶が成長する。したがって、粒界に沿って顕著に成長する特性がなく、成長が遅いとされるため、仮に体積膨張により圧縮応力が発生したとしてもその影響は分散されるためほとんどないと考えられている。

ウイスカ発生部の断面観察事例を第5図に示す。ウイスカは、Snめっき表面側の結晶粒界三重点から、めっきの方位とは異なる結晶方位の単結晶で成長している。その三重点には、拡散速度の速いCu原子が酸化もしくは金属間化合物を生成し存在していると考えられる。ウイスカ発生部のSnめっき表面は、一般的なものと比較すると顕著に酸化している。このように金属間化合物の分布、発生、成長の様子を確認することで圧縮応力の大小を評価できる可能性がある。

第5図 ウイスカ発生部の断面観察事例

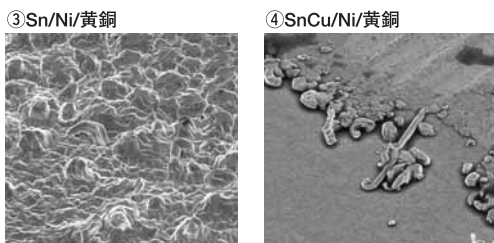


C-4 外部応力型ウイスカ評価方法

SnおよびSn系合金めっきに外力負荷を加えると、圧痕部周辺にウイスカが発生することは、これまででも多く報告されている。

コネクタ端子に、外力負荷を加え発生させたウイスカの観察事例を第6図に示す。

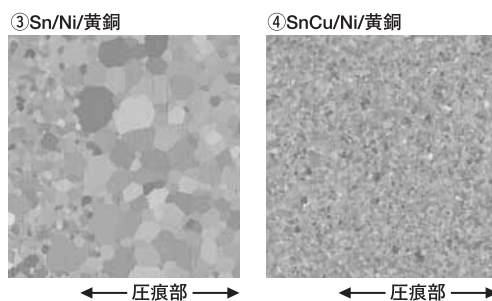
第6図 外力負荷部のウイスカ観察事例



③は、圧痕端部のみに針状ウイスカが発生し、圧痕部周囲にノジュール状のものが多い。④は、細長い針状ウイスカが多数発生している。

圧痕部のSnめっき組織の観察事例を第7図に示す。

第7図 圧痕部のSnめっき組織観察事例

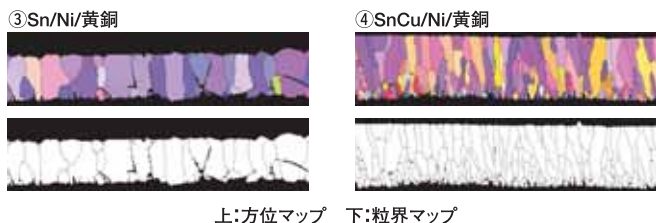


参考文献

*1)

山下拓馬ほか：
第20回エレクトロニクス
実装学会講演大会後援論
文集，(2006)，24A-18，
p212.

第8図 初期状態の断面結晶方位解析事例



断面初期状態の観察事例を第8図に示す。

③は、圧痕端部直下のSn結晶粒が、柱状結晶から粗大化し大きな粒状結晶に再結晶が進んでいると考えられる。④は、非常に細かな柱状結晶が整

然と並び圧痕に関係なく、再結晶はほとんど確認できない。すなわち、この再結晶性は、応力指数による大小関係を示し、外力負荷によるウィスカ発生が、めっき膜内部の圧縮応力発生後、応力緩和現象にともなう多軸圧縮応力場の形成が起こり、臨界値を越えたときにウィスカ発生が

起こる*1)とした知見と一致する。

外力負荷によるウィスカ発生数および発生後の長さは、Snの再結晶性を評価することで予測できる可能性がある。

C-5 はんだウィスカ評価事例

Sn-Ag-Cu系はんだより発生するウィスカ評価は、今後注目の一つである。

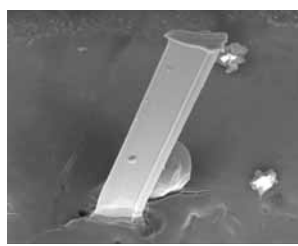
基板リードを高温・高湿試験(85℃、85%)後に発生させたウィスカの観察事例を第9図に示す。

はんだウィスカは、この事例のようにほとんどの場合、酸化・腐食環境下で発生している。したがって、そのウィスカ発生・成長メカニズムを検討するには、Snの酸化・腐食状況を調査する必要がある。

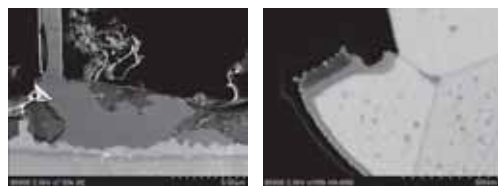
はんだウィスカ発生部の断面観察事例を第10図に示す。ウィスカ発生部のみSnが存在し、その周囲は腐食性生物で覆われ、Sn表面も酸化している。

はんだウィスカ発生メカニズムの解明には、金属間化合物の成長、フラックスによる腐食の促進、フ

第9図 はんだウィスカの観察事例



第10図 はんだウィスカの断面観察事例



ラックスによる保護膜形成での抑制、酸化膜の有無などを複合的に評価しなければならず、根元部近傍を繰り返し観察する必要がある。

コネクタ端子などのリード材料に使用するSnめっきは、Auめっきで代替可能とされている。しかしながら、はんだボール、パンプなどに使用するPbフリーはんだは、代替が困難とされていることから、ウィスカ抑制の評価は大きな課題である。その評価の一環としてウィスカ根元部の断面観察をFIB/SEMにより繰り返すことは最適と考えられる。

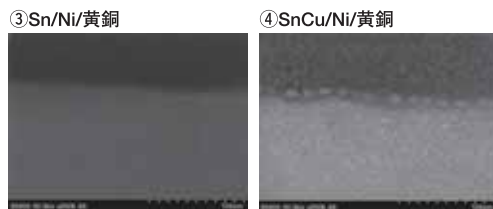
C-6 Snめっき酸化膜厚さの評価事例

ウィスカ評価の大きな課題は、Sn酸化膜構造の確認である。Snの酸化膜厚さは、定量的な評価としてAESによるデプスプロファイル解析が主流である。しかしながら、Si換算による膜厚評価であることから、相対比較としての解析となる。正確な厚さの解析を行うためには、高度な試料作製と観察が必要となる。高分解能FE-SEMによる酸化膜の観察事例を第11図に示す。

数nm程度の酸化膜でも従来のようにTEM観察するのではなく、SEM観察により評価することが

可能である。さらに、合金、酸化膜組成などの解析には、TEM観察などが必要である。

第11図 酸化膜の断面観察事例



ウィスカ発生メカニズムの解析は、複合的な要因から発生するとされるため、困難かつ高度な技術が必要とされている。今回紹介した事例のように、要因分けし、高分解能FE-SEMおよび高速加工FIB

を使用する解析のみでも、メカニズムの解明に一步近づけると考えられるため積極的に活用いただきたい。