

(様式第4号)

鉛フリーはんだ微小接合部に形成された金属間化合物の極点図測定
Small area pole figure measurements of intermetallics formed at lead-free solder joint

野北和宏¹、宮岡志典²、大谷亮太³、隅谷和嗣³
Kazuhiro Nogita¹, Motonori Miyaoka², Ryota Ohtani³, Kazushi Sumitani³

クイーンズランド大学¹、日本スペリア社²、九州シンクロトロン³
The University of Queensland¹, Nihon Superior Co. Ltd.², SAGA Light Source³

1. 概要

鉛フリーはんだにおいて、 Cu_6Sn_5 は重要な金属間化合物である。 Cu_6Sn_5 は固体において二つの結晶構造を有する。すなわち、 186°C 以上の温度での六方晶 $\text{eta-Cu}_6\text{Sn}_5$ からそれ以下の温度での単斜晶 $\text{eta}'\text{-Cu}_6\text{Sn}_5$ へ固相変態を起こす。本研究では、九州シンクロトロンのBL15において、鉛フリーはんだ微小接合部に形成された Cu_6Sn_5 の極点図測定を試みた。

Cu_6Sn_5 is the key intermetallic compound for lead-free solders. The Cu_6Sn_5 has two crystal structures in the solid state, with an allotropic transformation occurring at 186°C , from monoclinic $\text{eta}'\text{-Cu}_6\text{Sn}_5$ at lower temperatures to hexagonal $\text{eta-Cu}_6\text{Sn}_5$ at higher temperatures. In this study, small area pole figure measurements of Cu_6Sn_5 formed at lead-free solder joint had been tried at BL15 in Kyushu synchrotron.

2. 背景と研究目的：

はんだの対環境性向上で特に重要な点は、基板のCuとはんだ母体のSnとの界面に形成される数マイクロメートルの Cu_6Sn_5 金属間化合物相の性状(厚さや界面粗さなど)をいかにして制御するかにかかっているといても過言ではない。はんだ接合の強度を支配するのは、接合部の Cu_6Sn_5 金属間化合物であるため、その機械的性質や物性を知る必要がある。それと同時に、電子回路の小型化、高集積化および高電流密度化により、はんだ接合部 Cu_6Sn_5 金属間化合物相の物性に関するナノレベルでの理解が不可欠となっている。

Cu_6Sn_5 金属間化合物は、 186°C 以上の温度で六方晶、それ以下で単斜晶となり、固相変態を起こすことが知られている。固相変態による体積変化は約2%であり、この体積変化は、はんだ界面の接合性に多大なる影響を及ぼすことが懸念される。すなわち、固相変態により、界面にクラックが発生したり、歪エネルギーを蓄積し、接続信頼性を低下させる。極最近、申請者は、 Sn-0.7Cu-xNi バルク試料を用いたTEMによる結晶格子像観察および電子線回折図形実験により、このバルク試料中の Cu_6Sn_5 が $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ になることにより、高温安定相の六方晶が室温

でも安定化し、単斜晶への固相変態を抑制することを発見した[1]。すなわち、 Cu_6Sn_5 中の微量Niの存在が、はんだ接合部のクラックの発生を抑制する可能性を示した。この現象は、鉛フリーはんだの接続信頼性の向上に大きな影響を与えるものであるため、工業的に非常に重要な発見である。

前回の(課題番号:080625N)BL15による Cu_6Sn_5 の粉末X線回折およびXAFS測定は、事前に調整された Cu_6Sn_5 粉末を用いた実験であり、実際に使用されているはんだ接合部の金属間化合物ではない。実際にCu基板とはんだとの接合部に形成される直径約 $400\mu\text{m}$ のBGAはんだ接合部の微小領域の結晶方位に関する情報は、通常のXRDによる極点図測定では得ることができない。極微小領域の Cu_6Sn_5 の結晶方位を知ることは、鉛フリーはんだの接続信頼性の向上に大きな影響を与えるものである。よって、本研究の目的を、「鉛フリーはんだ微小接合部に形成された金属間化合物の極点図測定」とする。

3. 実験内容：

Cu基板のBGA(直径 $500\mu\text{m}$ のはんだボール)からはんだボールを選択的に溶解して除去

し、Cu基板上にIMCのみが露出した試料（露出部は直径約400 μm）のテクスチャー測定を六方晶[10-11]方向の極点図として行った。入射エネルギーは8 keVとし、X線ビーム径を最小の0.5mmとした。試料は、Cu基板のみ、Sn-07Cu、Sn-3Ag-05CuおよびSn-07Cu-005NiボールはんだでIMCを形成させた基板の計4種類。また、予備試料として、1cm x 1cmのCu板上にIMCが形成された試料（全領域にIMCが形成されている）も用意し、万一BGA試料の測定において十分なX線強度を得られない場合、この板状試料に形成されたIMCの極点図測定を行うこととした。さらに、IMCのみではなく、下地のCuの配向も測定し、方位関係を解析した。

4. 結果、および、考察：

図1にBGA試料のX線回折ピークを示す。(a) Sn-07Cu、(b) Sn-07Cu-005Niおよび(c) Cuバックグラウンドの回折ピークの比較において、 $2\theta=31^\circ$ 付近に(c)Cuバックグラウンドではみられない反射が(a)および(b)で確認されたが、バックグラウンド反射が強く、それらピークの解析までには至らなかった。その原因として、直径約400μmの測定領域に対するX線ビーム径の広さ(500 μm以上)、また、Cu以外の基盤樹脂からの反射が考えられる。

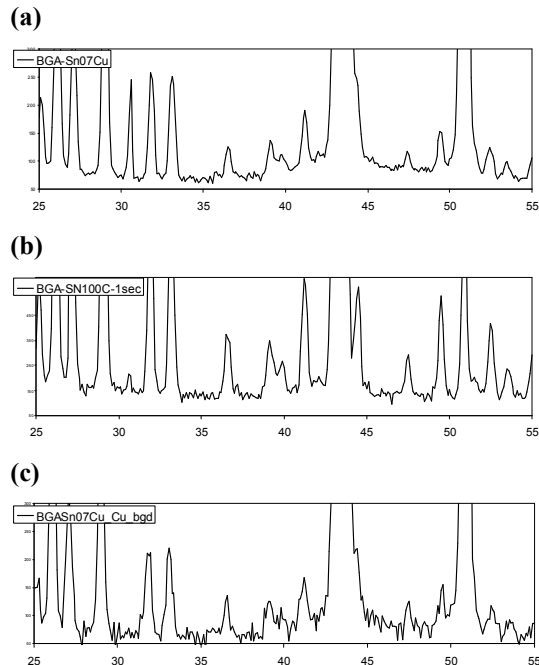


図1 各BGA試料のXRDプロファイル

図2に板状試料のX線回折ピークを示す。(a)Sn-07Cu、(b) Sn-07Cu-005Niの回折ピークにおいて、(a)Sn-07Cuで明らかに $2\theta=30-45^\circ$ に単斜

晶からの反射が認められた。

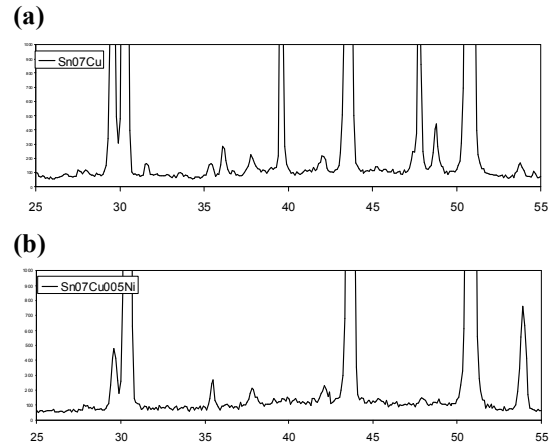


図2 各板試料のXRDプロファイル

今回の実験では、BGA試料からの回折強度が弱く、バックグラウンドとの十分な分離が出来なかったため、実験の最終目的であるBGA試料からの極点図測定まで至らなかった。

5. 今後の課題：

バックグラウンドを極力取り除く必要がある。そのためは、測定試料面以外のCuおよび樹脂を事前に取り除く必要がある。また、極点図測定に要する時間も再考する必要がある。

6. 論文発表状況・特許状況

既に前回の実験結果（課題番号：080625N）をICEP2009(Int. Conf. on Electronics Packaging 2009, at Kyoto Japan)およびJOM(A publication of The Minerals, Metals & Materials Society, USA)に投稿中。

7. 参考文献

[1] K. Nogita and T. Nishimura, Scripta Materialia 59 (2008) 191-194.

8. キーワード

・XRD

X線が結晶格子によって回折される現象を利用して物質の結晶構造を調べ、結晶内部で原子がどのように配列しているかを決定する手法。