

Title	Sn-Ag-AI系合金はんだを用いたC-BGA接合の熱疲労特性評価
Author(s)	田中, 順一; 鈴木, 直人; 成田, 敏夫
Citation	第14回マイクロエレクトロニクスシンポジウム論文集, 217-220
Issue Date	2004-10
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/14837
Rights	Copyright (C) 2004 社団法人エレクトロニクス実装学会(Japan Institute of Electronics Packaging)JIEP
Туре	article (author version)
File Information	14micro2004.pdf



# Sn-Ag-AI 系合金はんだを用いた C-BGA 接合の熱疲労特性評価

Evaluation of Thermal Fatigue Cycle Property for Solder Joints in C-BGA with Sn-Ag-Al Solder Alloy

田中順一鈴木直人成田 敏夫

Junichi Tanaka Naoto Suzuki Toshio Narita 北海道大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Hokkaido University

We investigated thermal fatigue cycle property for solder joints in C-BGA with Sn-Ag-Al solder alloys. Sn-2Ag-0.1Al showed better property than Sn-3Ag-0.5Cu against thermal fatigue. Sn-2Ag-0.1Al solder bump were deformed during thermal cycle, and it was thought that this deformation inhibited large stress concentration at the interface.

### 1. 緒言

携帯電話を代表とした電子機器は近年小型化が急 速に進むに伴い、BGA(Ball Grid Allay)及び CSP(Chip Size Package)等の高密度実装が用いられてきている。 加えて、バンプの微細化が進行しており、はんだ接 続部の信頼性に対する要求はますます厳しくなって いる。

電子機器の使用時において、BGA 接合部はチップ の発熱及び放熱によって、熱サイクル環境下に曝さ れる。特に自動車向け搭載機器では、より厳しい熱 サイクル環境下に置かれることになる。従って、耐 熱疲労特性の向上は、はんだ接続部の信頼性向上を 目指す上で必要不可欠な課題であると考えられる。

現在、熱サイクルに対して信頼性の高い鉛フリー はんだとして、Sn-Ag-Cu系はんだが用いられつつあ るが接合基板の種類やバンプ形態によっては、必ず しも高信頼性を得られない。本研究室では、過酷な 熱サイクル条件下に置かれる実装機器への使用を想 定した鉛フリーはんだ合金の研究を進めている。著 者らは以前に、絶縁基板としてセラミックスを、ベ ース基板として Cuを用いたパワーモジュール接合 について熱サイクル試験を実施し、Sn-Ag-Al系合金 が Sn-Ag-Cu系はんだと比較して優れた熱疲労特性 を示すことを報告している<sup>(1)</sup>。 本研究では、熱膨張係数の違いが大きい基板同士 の接合により、はんだ接合部に負荷される熱応力が 多大となる C-BGA 接合に Sn-Ag-Al 系合金はんだを 用いて熱サイクル試験を実施した。その結果を、 Sn-Ag-Cu 系はんだを用いた場合の結果と比較・検討 することにより、Sn-Ag-Al 系合金はんだの熱疲労特 性を評価した。

### 2. 実験方法

BGA のインターポーザー基板はアルミナセラミ ックスを、実装基板には FR-5 をそれぞれ用いた。 基板の模式図を Fig.1 に示す。はんだバンプは 760 µm 径のものを用い、ピッチサイズ 1.27mm、256 ピ ンで接続した。インターポーザー側の W 電極には Ni-Au めっきを施し、実装基板側の Cu 電極には Sn-3Ag-0.5Cu はんだペーストを印刷した。C-BGA は 実装基板上に 6 基搭載し、リフロー接続した。リフ ローピーク温度は 233 で、溶融時間は約 30 秒であ った。

熱サイクル試験は-40 125 、1 サイクル各 30 分で実施し、0、100、200、500 サイクル経過後の試 料のクラック長さの測定及び断面観察を実施した。 測定及び観察は、サイクル経過後の BGA を対角線 上に切り出し、最外周のバンプについて SEM を用





(a) C-BGA (b) Printing wiring board

(c) Cross-section of solder bump



Fig.2 Length of crack against number of cycles.

いて行った。

はんだバンプには Sn-2Ag-0.1Al と Sn-3Ag-0.5Cu の 2 種類の合金はんだを用いた。

## 3. 実験結果

3.1 クラック長さの測定結果

Fig.2にSn-2Ag-0.1Al及びSn-3Ag-0.5Cuはんだの、 各サイクル終了後のクラック長さを測定した結果 を示す。クラック長さはW 電極の端の点から、ク ラック先端位置から接合面に垂線を引き交差した 点までの距離を測定し、バンプ両側で得られた値を 加算することで求めた。Sn-2Ag-0.1Alではクラック の進行速度はほぼ一定であり、500 サイクル経過後 でも破断には至らなかった。一方、Sn-3Ag-0.5Cuは 100 サイクルまではクラックの進行速度は非常に遅 延したが、200 サイクルに至ると急激にクラック進 行速度は上昇し、500 サイクル経過後には破断が確 認できた。

# 3.2 はんだバンプの観察

Fig.3 に Sn-2Ag-0.1Al 及び Sn-3Ag-0.5Cu はんだの、 0、100、200、500 各サイクル経過後におけるバンプ 観察写真を示す。Sn-2Ag-0.1Al は、サイクル初期に クラックは W 電極界面近傍を進行していたが、500 サイクル経過後に、はんだバンプ中心部に向かって いくのが確認できた。一方、Sn-3Ag-0.5Cu では、ク ラック 500 サイクルで界面近傍を平行に進行し、バ



Fig.3 Cross-section of solder bump after thermal cycle (-40 125 ).

ンプ両側のクラックが連結して破断に至っているの が確認できた。

また、クラック長さの測定に加えて、はんだバン プの変形量を測定した。はんだバンプの変形量は、 W 電極の端の点から、はんだボールがくびれた位置 を決め、接合面に垂線を下ろして交差した点までの 距離を測定し、バンプ両側で得られた値を加算する ことで求めた。Fig.4 に結果を示す。Sn-2Ag-0.1Al はサイクル数の増加に伴い、変形量も増大したのに 対し、Sn-3Ag-0.5Cu ではサイクル数が増加しても、 変形量は非常に小さかった。いずれの合金において



Fig.4 Amount of deformation against number of cycles.

もクラック数に対するバンプ変形量の勾配は、ほぼ 一定となっていた。

#### 3.3 クラック及び組織の観察

Fig.5(a)(b)に Sn-2Ag-0.1Al、Sn-3Ag-0.5Cu の熱サイ クル試験前における W 電極界面近傍の組織写真を 示す。また、(c)(d)に 500 サイクル経過後における W 電極界面近傍の組織写真を、(e)(f)に 500 サイクル経 過後におけるはんだバンプ中心部の組織写真を示す。

Fig.5(a)(b)に示すように、熱サイクル試験前ではいずれの組織も、微細な金属間化合物により構成された共晶相が初晶相を取り囲むネットワーク構造を形成していた。しかし、Fig.5(c)(d)に見られるように、500 サイクル経過後には、Sn-2Ag-0.1Al、Sn-3Ag-0.5Cuいずれの合金においてもクラック近傍において金属間化合物が粗大化し、全体的に分散した組織へと変化し、初晶相と共晶相との区別が付かなくなった。

Fig.5(e)(f)より、500 サイクル経過後のはんだバン プ中心部の組織は、Sn-2Ag-0.1Al と Sn-3Ag-0.5Cu と で違いが見られた。Sn-2Ag-0.1Al では、はんだバン プ中心部においてもクラック近傍と同様に金属間化



Fig.5 Microstructure of solder bump at the W/Solder interface and inner solder bump of Sn-2Ag-0.1Al and Sn-3Ag-0.5Cu before and after thermal cycles .

合物が粗大化し、共晶領域が壊れ分散した組織へと 変化した。一方、Sn-3Ag-0.5Cuのはんだバンプ中心 部では、サイクル前と同様に、共晶相が初晶相を取 り巻くネットワ - クが存在した。従って、 Sn-3Ag-0.5Cuで組織変化が観察された領域は、W電 極界面近傍及び Cu 電極界面近傍のクラック発生付 近だけであった。

## 4. 考察

Sn-3Ag-0.5Cuにて温度サイクルの経過による組織 変化は、W 電極界面周辺及び Cu 電極周辺のみで発 生し、はんだバンプ全体では殆ど変化は認められな かった。BGA 接合の構造上、熱サイクルにより発生 する熱応力は界面近傍が最も大きく、はんだバンプ の中心部は比較的熱応力は小さくなる。よって、は んだバンプ内において熱応力が多大に負荷されてい る位置において、組織変化が見られることから、今 回のケースにおいては、温度サイクルによる組織変 化は温度の影響より、熱応力の影響が大きかったと 考えられる。Sn-Ag 系、Sn-Ag-Cu 系では、無荷重下 における長時間の時効処理により金属間化合物及び 初晶 -Sn 相が粗大化するという報告があるが<sup>(2)</sup>、本 研究においては時効処理に伴う組織変化は観察され なかった。一方、Sn-2Ag-0.1Al では、温度サイクル の経過と共にはんだバンプの界面方向に対する変形 が見られ、はんだバンプ全体に組織変化が見られた。 これは、はんだバンプの変形により、界面近傍への 応力集中を緩和し、バンプ全体への応力の分散が起 こった結果であると考えられる。しかし、 Sn-3Ag-0.5Cu は、はんだバンプの変形が非常に小さ く、組織変化も界面近傍のみとなっていた。これは、 はんだバンプの変形による応力の分散が起こらず、 応力は界面近傍に集中していたことを示していると 考えられる。

Sn-2Ag-0.1Al、Sn-3Ag-0.5Cu で現れた違いは、は んだ材料の強度及び延性に関係すると考えられる。 Sn-3Ag-0.5CuはSn-2Ag-0.1Alと比較して共晶量が多 く、強度が大きい合金であるため、熱サイクル初期 においてはクラックが殆ど進展していなかった。し かし、強度が大きい合金は一旦クラックが発生する と、熱サイクル後期に見られるようにクラックは急 激に進展する。一方、Sn-2Ag-0.1Alは、以前の研究 から、Alの微量添加により -Sn 相内において微細 な亜結晶組織が得られる為に、強度と延性とを兼ね 備えた合金である<sup>(3)</sup>。そのため変形による応力の分 散が可能になり、結果的にクラックの進展速度を遅 延させたと考えられる。

# 5. 結言

本研究により、以下の結論が得られた。

- Sn-2Ag-0.1Al は Sn-3Ag-0.5Cu と比較してクラックの進展速度が遅く、良好な熱疲労特性を示した。
- (2) Sn-2Ag-0.1Al は、はんだバンプの変形により熱応力をはんだバンプ全体に分散させた結果、クラックの進展速度を遅延させたと考えられる。

## 参考文献

(1) 著者他, 10th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics" 149-154 (2004)
(2)Q.Xiao, H.J.Bailey, W.D.Armstrong; Journal of Electronic Packaging 208-212 Vol.126 (2004)

(3) 著者他, 9th Symposium on "Microjoining and Assembly Technology in Electronics" 213-218 (2003)