

はんだミニチュア試験片を用いた 電子デバイスはんだ接合部の破損寿命予測法の開発

野崎峰男

1 目的

電子デバイスのはんだ接合部は電源の on/off に伴い、被接合部品間の熱膨張係数の差により繰返し熱応力を受ける。さらにはんだは室温で著しくクリープを呈するため、動作中の電子デバイスのはんだ接合部は疲労とクリープによる損傷を受けることが知られている¹⁾。これまではんだ接合部の疲労およびクリープ損傷を評価するため、はんだ試験片を用いた数々の破損寿命評価が実施されてきた²⁻⁴⁾。しかしはんだ接合部の寸法は約 0.1~1mm であるにもかかわらず、これらの破損寿命評価は、ほとんどが標点部の直径 10mm 程度の試験片(バルク試験片)を用いたものであった。したがってはんだ接合部設計への適用を目指した破損寿命評価を実施するためには、はんだ接合部とできるだけ同等寸法の試験片(ミニチュア試験片)を用いることが必要となる。

これまでの研究で、破損寿命評価法として粒界すべり損傷モデルが Sn-3.0Ag-0.5Cu ミニチュア試験片に適用可能であることを明らかにしてきた⁵⁾。本研究ではさらに、クリープ疲労試験後の同ミニチュア試験片の金属顕微鏡観察から粒界すべりの有無を調査し、粒界すべり損傷モデルの Sn-3.0Ag-0.5Cu ミニチュア試験片への適用妥当性を破壊形態から検証した。また Sn-3.0Ag-0.5Cu ミニチュア試験片の破損寿命に及ぼす Sn-3.0Ag-0.5Cu 微視構造の影響についても明らかにした。

2 実験方法

ミニチュア試験片(標点部断面の直径:3mm、平行部の長さ約 6.4mm)⁶⁾のクリープ疲労試験は、電気油圧サーボ疲労試験機を使用し、図 1 に示す基本および複合ひずみ波形を用いて温度 313K で実施した。複合ひずみ波形とは波形の異なる 2 種類の基本波形で構成され、TH 波に対して PC 波または CP 波を組み合わせたものである。全ひずみ範囲は、PP 波では 0.5、0.7、1.0、1.2% の 4 レベル、CC、PC、CP、TH、THPC、THCP 波ではそれぞれ 0.7% とした。また破損繰返し数 N_f は、引張側応力振幅が $1/2 N_f$ 時のそれから 25% 低下したときの繰返し数として定義した。

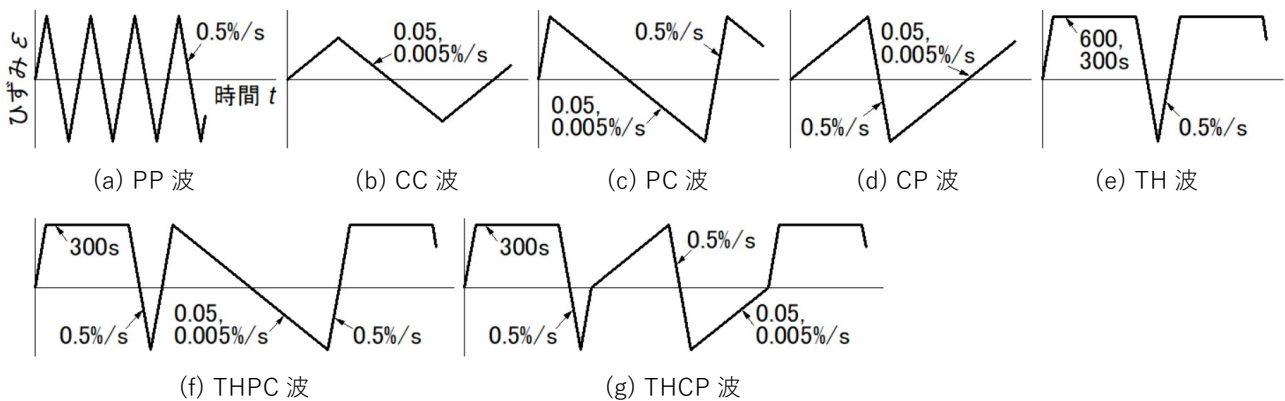


図 1 基本ひずみ波形(上段)および複合ひずみ波形(下段)

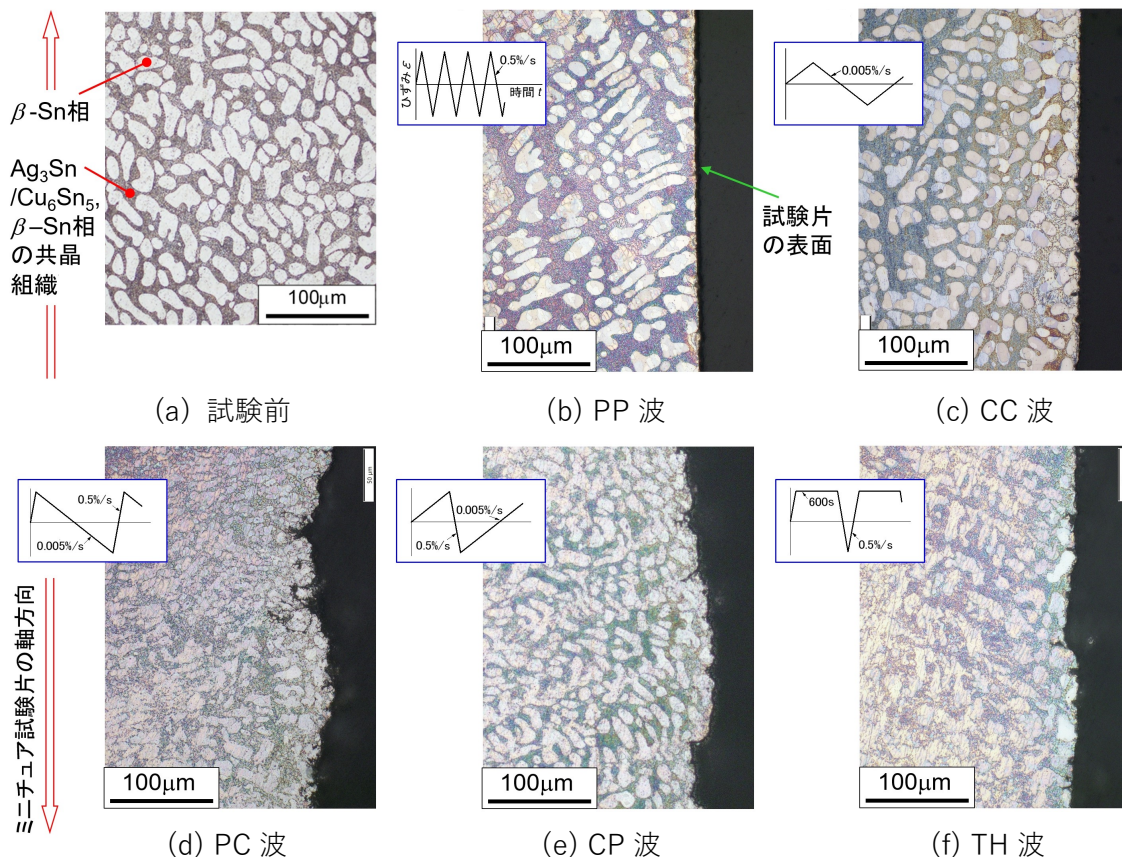


図2 クリープ疲労試験後の Sn-3.0Ag-0.5Cu ミニチュア試験片の組織

3 結果と考察

PP、CC、PC、CP、TH波を用いた疲労試験後に Sn-3.0Ag-0.5Cu ミニチュア試験片の標点部長手方向の組織を金属顕微鏡で観察したものを図2に示す。図に示すように、クリープ疲労試験前は機械加工により滑らかであったミニチュア試験片の表面が、CC、PC、CP、TH波の繰返し負荷後は、程度の差はあるものの同表面に凹凸が観察された。これらの凹凸から、 β -Sn相とそれ以外の組織 ($\text{Ag}_3\text{Sn} / \text{Cu}_6\text{Sn}_5$ と β -Snとの共晶組織)との粒界ですべりが結果として生じていたことが推察される。またPC、CP、TH波の β -Sn相はPP波のそれに比較して変形が著しい。このことはPC、CP、TH波の破損寿命は、PP波のそれに比べて短いことの一要因であると考えられる。

4 結論

PP、CC、PC、CP、TH波を用いた疲労試験後の破壊形態の観察から、 β -Sn相とそれ以外の組織との粒界ですべりが生じていたことが推察された。このことにより Sn-3.0Ag-0.5Cu ミニチュア試験片の破損寿命評価への粒界すべり損傷モデルの適用は妥当性が高いと考えられる。

参考文献

- 1) 日本溶接協会編：標準マイクロソルダリング技術，日刊工業新聞社，135 (2002)
- 2) X.J.Yang, C.L.Chow, and K.J.Lau, Int.J.Fatigue, 25, 533 (2003)
- 3) Y.Tsukada, H.Nishimura, H.Yamamoto, and M.Sakane, ASME J.Electron.Packag., 127, 407

(2005)

4) M.Nozaki, M.Sakane, Y.Tsukada, and H.Nishimura, ASME J.Eng.Mater.Technol., 128, 142 (2006)

5) 野崎峰男, 兵庫県立工業技術センター研究報告書, 31 (2022)

6) 日本材料学会はんだ強度評価法 WG: はんだのミニチュア試験法標準Ⅲ 低サイクル疲労試験, JSMS-SD-17-20, 日本材料学会, 5 (2020)

(問合せ先 野崎峰男)