

Title	樹脂系プリント配線板上へのフリップチップ接合部の熱疲労に関する材料科学的研究
Author(s)	莊司, 郁夫
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/41366">https://hdl.handle.net/11094/41366</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	しょう じ いく お 夫 莊 司 郁 夫
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 4 1 5 2 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 10 年 9 月 30 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 工学研究科生産加工工学専攻
学 位 論 文 名	樹脂系プリント配線板上へのフリップチップ接合部の熱疲労に関する材料科学的研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 小林 紘二郎 (副査) 教 授 仲田 周次 教 授 宮本 勇

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、樹脂系プリント配線板上へのフリップチップ接合部の熱疲労寿命を評価するため、接合部はんだ材の変化に伴う熱疲労寿命変化を評価し得る有効因子を導入し評価手法の構築を目的としたものであり、全 7 章より構成されている。

第 1 章は緒言であり、本研究の背景及び研究目的について述べている。

第 2 章では、樹脂系プリント配線板上のフリップチップ接合部に要求される耐熱疲労性、接合部材料、接合方式について検討し、室温から 373 K 程度の温度域において 20 サイクル以上の耐熱疲労性が必要であり、接合部材としては多様な形成方法を持つ Au と Pb フリーはんだを用いて接合部を形成することが有効であることを示している。また、表面実装部品が混在する一般的な基板の実装法においては、コンベア炉を用いた一括リフロー方式が最も生産性に優れることを示している。

第 3 章では、樹脂系プリント配線板上に Au バンプと各種はんだ材を用いたフリップチップ接合部を形成し、生産工程中で接合部の受ける熱応力を想定した熱サイクル試験を行い接合部の熱疲労寿命値を評価し、同時に組織観察を行っている。その結果、In-rich はんだが Sn-rich はんだに比べ優れた熱疲労寿命値を示し、In-rich なはんだ材においては熱サイクル試験後に接合部のはんだ材の形状変化が認められたことから、はんだ材自身が変形することにより接合部にかかる熱応力を緩和することを確認している。

第 4 章では、はんだ材自身のせん断試験を行い、はんだ材の機械的特性および変形モードを検討している。その結果、せん断歪み速度の減少に伴い最大せん断応力値は減少する傾向を示し、フリップチップ接合部で問題となるような歪み速度領域においては最大せん断応力値は急激に低下し始めることから、変形機構の主要因はクリープ変形であるものと推測している。更に、破断面組織の観察結果より、本研究で問題とする歪み速度領域においては、すべてのはんだ材においてクリープ変形の影響が無視できないことを示している。

第 5 章では、樹脂系プリント配線板上へのフリップチップ接合部の熱疲労寿命値とはんだ材の機械的特性との関係について検討している。機械的特性のうち特にクリープ特性に注目することにより、はんだ材の変化に伴う熱疲労寿

命変化を評価するための有効因子として、296 Kにおけるはんだ材のクリープ特性値を示す  $\dot{\gamma}/\tau$  値を提案している。更に、熱サイクル試験のプロファイル分析及び各はんだ材の応力緩和曲線を用いて296 Kにおける  $\dot{\gamma}/\tau$  値が373 Kのそれよりも寿命予測に有効であることを示している。

第6章では、接合部の長期的信頼性評価に必要となる接合部反応層の成長に関する活性化エネルギー値等の物理定数を評価している。優れた熱疲労寿命値を示す In-48Sn はんだと Au の接合部に着目し、接合界面に生じる反応層の同定および成長過程について調べている。組織観察の結果より、接合部中には成長速度の速い Au-Sn 系の金属間化合物相は成長せず、ポイドも観察されなかったことから、実使用環境下においても優れた耐熱疲労性を有する接合部であることを示している。

第7章では、以上で得られた知見を総括し、本論文の結論としている。

## 論文審査の結果の要旨

電子機器の軽薄短小化および低コスト化の双方の要求を満足する樹脂系プリント配線板上のフリップチップ接合部においては、半導体チップと基板材の熱膨張係数差から生じる熱応力が原因の接合部の熱疲労破壊が信頼性上問題となる。特に、接合部のピッチが狭くなり接合部寸法が小さくなると、実使用環境下における熱疲労に加え生産工程内において接合部が受ける熱応力も接合部の熱疲労寿命に強く影響を及ぼすようになるため、耐熱疲労性に優れる接合材の開発が重要となる。更に、近年では人体および地球環境への影響から Pb フリーはんだに関する研究が盛んに行われ、フリップチップ接合部へもその適用が期待されており、はんだ材の変化に伴うフリップチップ接合部の熱疲労寿命値変化を評価するための有効因子を構築することが可能となれば、今後のフリップチップ接合用はんだ材の研究開発に貢献する。

本研究は、はんだ材の変化に伴う樹脂系プリント配線板上のフリップチップ接合部の熱疲労寿命変化を評価するため、有効因子を導入し、生産工程中に接合部が受ける熱応力を対象に評価手法を構築したものである。その成果の要約を次に示す。

- (1)樹脂系プリント配線板の耐熱温度以下の融点を持つ各種共晶系はんだ材を用いたフリップチップ接合部の熱疲労寿命値を求めている。更に、接合部の組織観察結果より、優れた熱疲労寿命値を示す In 系はんだにおいては、熱サイクル試験中にははんだ材自身が変形することにより接合部に生じる熱応力を緩和することを示している。また、接合部に生成する反応相の分析結果より、各種はんだ材を用いたフリップチップ接合部に対する最適な接合法を提案している。
- (2)はんだ材のせん断試験より得られたせん断歪み速度と最大せん断応力値との関係より、樹脂系プリント配線板上のフリップチップ接合部で問題となるような歪み速度においては、クリープ変形が変形の主要因となることを推測し、破断面の組織観察結果より金属組織学的見地からもクリープ変形が主変形となることを確認している。
- (3)はんだ材の変化に伴う樹脂系プリント配線板上のフリップチップ接合部の熱疲労寿命変化を評価するための有効因子として、はんだ材のクリープ特性値を示す新たなパラメータを導入している。特に、生産工程内で接合部の受ける熱応力を想定した熱サイクル環境下においては、室温におけるはんだ材のクリープ特性値を用いてはんだ材の変化に伴うフリップチップ接合部の熱疲労寿命変化を評価することが可能となることを示している。
- (4)優れた熱疲労寿命値を示す Au と In-48Sn はんだのフリップチップ接合部に注目し、接合部界面に生成する反応相の成長過程について評価している。各反応相の結晶構造学的解析より接合部界面においてはポイドの生成を伴わない反応拡散が起こることを示している。更に、接合部の長期信頼性評価に必要な反応相成長の際の活性化エネルギー値を求め、Au と In-48Sn はんだによるフリップチップ接合部は実使用環境下においても優れた耐熱疲労性を示すことを明らかにしている。

以上のように、本論文は、樹脂系プリント配線板上のフリップチップ接合部が生産工程中に受ける熱応力を対象と

し、各種はんだ材を用いたフリップチップ接合部の熱疲労寿命値とはんだ材自身の機械的特性との関連性を整理し、はんだ材の変化に伴うフリップチップ接合部の熱疲労寿命変化を評価するための有効因子を導入し、その評価手法の構築を行ったものである。特に、従来の表面実装型電子部品を対象とした評価手法において耐熱疲労性を低下させる要因とみなされていたクリープ変形を積極的に利用して熱応力を緩和するはんだ材ほど優れた熱疲労寿命値を示すという見地に基づき、接合部の信頼性評価を行う手法を提案したものであり、生産加工工学、材料科学の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。