

実装印刷配線板信頼性に関する研究

(第 十 一 報)

表面実装配線板はんだ部のき裂に関する研究

名古屋市工業研究所
中部エレクトロニクス振興会

平成 8 年 8 月

序

中小企業をとりまく経済環境は依然として厳しく著しい転換期にあります。とりわけ製造業においては、大企業の生産拠点の海外移転にともなう下請の分業構造の再編成をよぎなくされ、新しい製品や技術を開発し、新事業を創出することが求められています。また、企業活動のグローバル化には国際規格に即した品質管理を取り入れることが求められ、欧州の市場統合化は、一部に混乱を招くほどに、この傾向に拍車をかけています。さらに地球規模の環境保全に即した生産体制の確立が求められています。作業員の健康を重点にした環境保全対策から地球上の全生命の保護を目的にした環境保全対策が必要になりました。オゾン層の破壊や地球の温暖化を起こさない生産技術の開発や、使用済み製造物の回収およびその再利用も含めたすべての製造物の管理技術の開発が求められています。

このような問題を着実に解決していくことが中小企業の経営の安定化と企業の発展の鍵となります。当所では、業界共通の技術的問題の解決のために、中小企業団体との共同研究制度を設け、当所と業界団体とが経費を分担し、共同して課題の解決に努めています。平成7年度からは、電子機器の品質と信頼性の向上および地球環境の保全にかなった生産技術の開発を目指し、中部エレクトロニクス振興会と共同して「電子機器の信頼性評価ならびに電磁環境技術に関する研究」に取り組んでいます。

この度、その研究成果の一部をとりまとめ、報告書「表面実装における接合の信頼性に関する研究」を発行する運びになりました。本報告書は、温度変動により表面実装部に発生するき裂に関するもので、パッド形状やはんだ量を変化させた時のき裂発生を実験とシミュレーションの両面から検討し、寿命予測や長寿命を実現する最適パッド形状について研究したものです。

本報告書が、関係業界の実装印刷配線板の信頼性向上に寄与することはもとより、関係各位にご高覧いただき何らかのお役に立つことができれば幸いです。

名古屋市工業研究所
所長 寺田 仁計

表面実装における接合の信頼性に関する研究

－技術委員会研究報告書第十一報発行にあたって－

中部エレクトロニクス振興会は、会員企業間の情報交換、共通技術の導入や課題解決のための研究、さらには毎年恒例となっている中部エレクトロニクスショーの開催などを通して、当地区のエレクトロニクス事業の振興を図るために活動しております。

当会組織の中で、技術委員会は、会員企業が抱えている基本的な共通問題の研究を行い、その成果を活かして、技術力の向上を図ることを目的としおり、現在、28社の企業が参加し研究を行っております。

技術委員会は4つの分科会から構成されています。それぞれのテーマは、「振動環境に関する研究」、「表面実装に関する研究」、「静電気破壊についての研究」、「無洗浄による脱フロンの研究」となっております。各分科会は、毎月研究会を開催し、参加メンバーによる熱心な研究が続けられています。そして、その成果は研究が一段落したところで報告書としてまとめられて発行されてきました。

今回の報告書は第十一報で、「表面実装における接合の信頼性に関する研究」であります。本テーマの研究は第2分科会が、平成4年以来名古屋市工業研究所との共同研究として行ってきたものであり、歴大な実験がベースとなっており、非常に実戦的な知見が得られる内容となっております。

技術委員会は、今後も活発に活動を続けてゆくつもりであります。皆様のかかわらぬ御理解と御支援を、今後ともよろしくお願いいたします。

終わりに、この度の共同研究には名古屋市より格別の御配慮を賜ったことに深く謝意を表すとともに、本研究を進めるにあたり、ご指導いただいた中部大学副学長岩田幸二先生に心からお礼を申し上げます。

目次

1	緒言	1
2	経過	2
3	実験概要	2
4	試験基板	3
4.1	基板設計	3
4.1.1	基板仕様	3
4.1.2	パターン設計	3
4.2	実装部品	6
4.2.1	チップコンデンサ	6
4.2.2	チップ抵抗	6
4.3	実装	7
4.3.1	メタルマスク	7
4.3.2	はんだペースト	7
4.3.3	実装条件	8
4.3.4	洗浄	9
4.4	まとめ	9
5	フィレット形状測定	11
5.1	目的	11
5.2	測定方法	11
5.2.1	測定装置	11
5.2.2	測定サンプル	11
5.2.3	測定条件	12
5.3	測定結果	12
5.3.1	測定結果処理方法	12
5.3.2	測定結果の評価	13
5.3.3	フィレット形状	15
6	冷熱衝撃試験	18
6.1	目的	18
6.2	実験方法	18
6.2.1	試験装置	18
6.2.2	試験方法および条件	18

7	断面観察	19
7.1	目的	19
7.2	実験方法	19
7.2.1	試料数	19
7.2.2	観察した冷熱サイクル数	19
7.2.3	観察用試料の作成方法	19
7.2.4	観察方法	19
7.2.5	き裂長さの測定	19
7.3	結果	20
7.3.1	き裂の発生位置別の代表例	20
7.3.2	き裂の進展傾向	21
7.3.3	き裂長さ測定結果	26
7.4	はんだフィレット断面観察のまとめ	29
8	導体抵抗測定	30
8.1	目的	30
8.2	測定方法	30
8.2.1	測定装置	30
8.2.2	測定サンプル	30
8.2.3	測定条件	30
8.3	測定結果	30
8.4	まとめ	30
9	有限要素法による解析	32
9.1	目的	32
9.2	解析方法	32
9.2.1	要素分割	32
9.2.2	材料特性値	34
9.2.3	境界条件	35
9.3	計算結果	35
9.3.1	2次元モデルと3次元モデルによる計算結果の比較	35
9.3.2	3次元解析結果の特徴	36
9.3.3	加熱と冷却時の比較	39
9.3.4	実験結果と計算値の比較	40
9.4	FEM解析のまとめ	48

1 0	考察	
1 0 . 1	チップ素子接合部の疲労寿命予測	50
1 0 . 1 . 1	き裂発生寿命の予測	50
1 0 . 1 . 2	き裂進展寿命の予測	51
1 0 . 1 . 3	最終破断寿命の検討	52
1 0 . 2	疲労寿命予測式とパターン設計の影響	52
1 0 . 2 . 1	き裂進展経路長さ L_c に及ぼす設計水準の影響の考え方	52
1 0 . 2 . 2	き裂進展経路 L_c に及ぼすフィレット形状の影響	53
1 0 . 2 . 3	き裂寿命予測式の妥当性	54
1 1	まとめ	56
1 1 . 1	はんだフィレット断面観察	56
1 1 . 2	導体抵抗測定	56
1 1 . 3	F E M解析	56
1 1 . 4	疲労寿命予測と設計水準の影響	56
1 2	今後の課題	57

1 緒言

エレクトロニクスをめざましい発展の中で常に信頼性を支える重要な裏方的役割を果たしているのが、はんだ接合技術である。電子機器の軽薄短小の要求に答え、ICパッケージはDIP等の挿入タイプからSOP、QFP等といった表面実装タイプへ、抵抗・コンデンサ等もチップ化され、はんだ接合技術もディップ部品のためのフローソルダリングから表面実装部品のためのリフローソルダリングへ大きく進化した。更なる高密度実装を実現するため、ICパッケージの狭ピッチ化・チップ部品の小型化が加速されその種類も多種多様化してきている昨今である。

第2分科会では、前回報告の第7報においてプリント配線板の温度サイクルで発生する歪みによるはんだ接合部のクラックと硫化水素下における腐食に着目し、研究を進めた。部品としてはチップコンデンサ・チップ抵抗・ミニモールドダイオード・セミパワートランジスタの4種、プリント配線板の材質としてFR-4・CEM3・XPC・アルミナの4種をフロー・リフローではんだ付けし上記環境試験を実施し、電気特性・部品強度・外觀変化・クラックの成長を比較、考察を加えた。それぞれの破壊に至る傾向等様々な事実が明らかにされたが、特にはんだ量と接合強度に相関が認められたものの定量化までには至らなかった。

又、第5報「コネクタのはんだクラックの研究」においては、垂直型コネクタの片面基板取り付けの場合に限定されるが、有限要素法より求めた塑性歪み量より熱衝撃に対する寿命予測が可能であることが確認された。

そこで、今回の研究では表面実装において、チップ部品に対し、実験することなしに、最適パターン設計、最適はんだ量の決定ならびに寿命予測を可能とすることを目的とした。具体的には、以下の3点を目的とすることとした。

- (1) プリント配線板に表面実装されたチップ部品において、パッド形状とフィレット形状を可変し温度サイクルで発生するクラックの発生傾向を実験により調査する。
- (2) 2次元及び3次元有限要素法により、はんだのクラックの発生位置、進行過程、を解析する。
- (3) チップ部品に対し、最適パターン設計最適フィレット形状と寿命の予測ができる関係式を求める。

2 経過

H 4 年	7 月	: 研究テーマの決定
	8 月～	: 予備実験のパラメータ決定・基板設計制作・実装
H 5 年	2 月	: フィレット形状の非破壊測定方法の検討
	3 月～	: 冷熱衝撃試験 1 0 0 0 サイクル実施 : フィレット 3 次元測定
	5 月	: 冷熱衝撃試験後の断面観察
	6 月～	: 予備実験 2 回目の実施
	1 1 月	: 2 次元有限要素法解析による塑性歪み計算
	1 2 月～	: 本実験開始
H 6 年	1 月～	: 実装
	4 月～	: 冷熱衝撃試験開始
	5 月～	: 断面観察開始
	1 0 月～	: 導体抵抗測定開始
H 7 年	5 月	: 冷熱衝撃試験 3 0 0 0 サイクル終了
	6 月～	: データ解析 : 3 次元有限要素法解析
H 8 年	1 月～ 4 月	: まとめ

3 実験概要

フィレット形状測定	: 有限要素法解析のためフィレット形状のデータ化が必要。 レーザーによる 3 次元測定を実施した。
冷熱衝撃試験	: 高温 1 2 5 °C、低温 - 5 5 °C それぞれ 3 0 分間を 1 サイクルとした。
クロスカット観察	: クラックの発生位置・進展過程・破断状態を断面観察した。
導体抵抗測定	: 破断サイクル数を電氣的に測定し、故障率を求めた。
有限要素法解析	: 2 次元・3 次元で塑性歪み・応力分布を解析した。

4 試験基板

4.1 基板設計

4.1.1 基板仕様

試験に用いたプリント配線板の仕様について表4.1に示す。

表4.1 プリント配線板の仕様

基板材料	ガラスエポキシ基板 FR-4
層数	片面
銅箔厚	35 μ m
板厚	1.6 mm
基板サイズ	84.0 \times 150.0 mm
スルーホール	なし
表面処理	耐熱プリフラックス*1

*1通常産業用プリント配線板の表面処理はHASL (Hot Air Solder Leveler) が主流だが、フィレット形状のバラツキを抑えるためにイミダゾール系の耐熱プリフラックス仕上げとした。

4.1.2 パターン設計

試験に用いたプリント配線板の全体図を図4.1に示し、パターン設計を表4.2に示す。

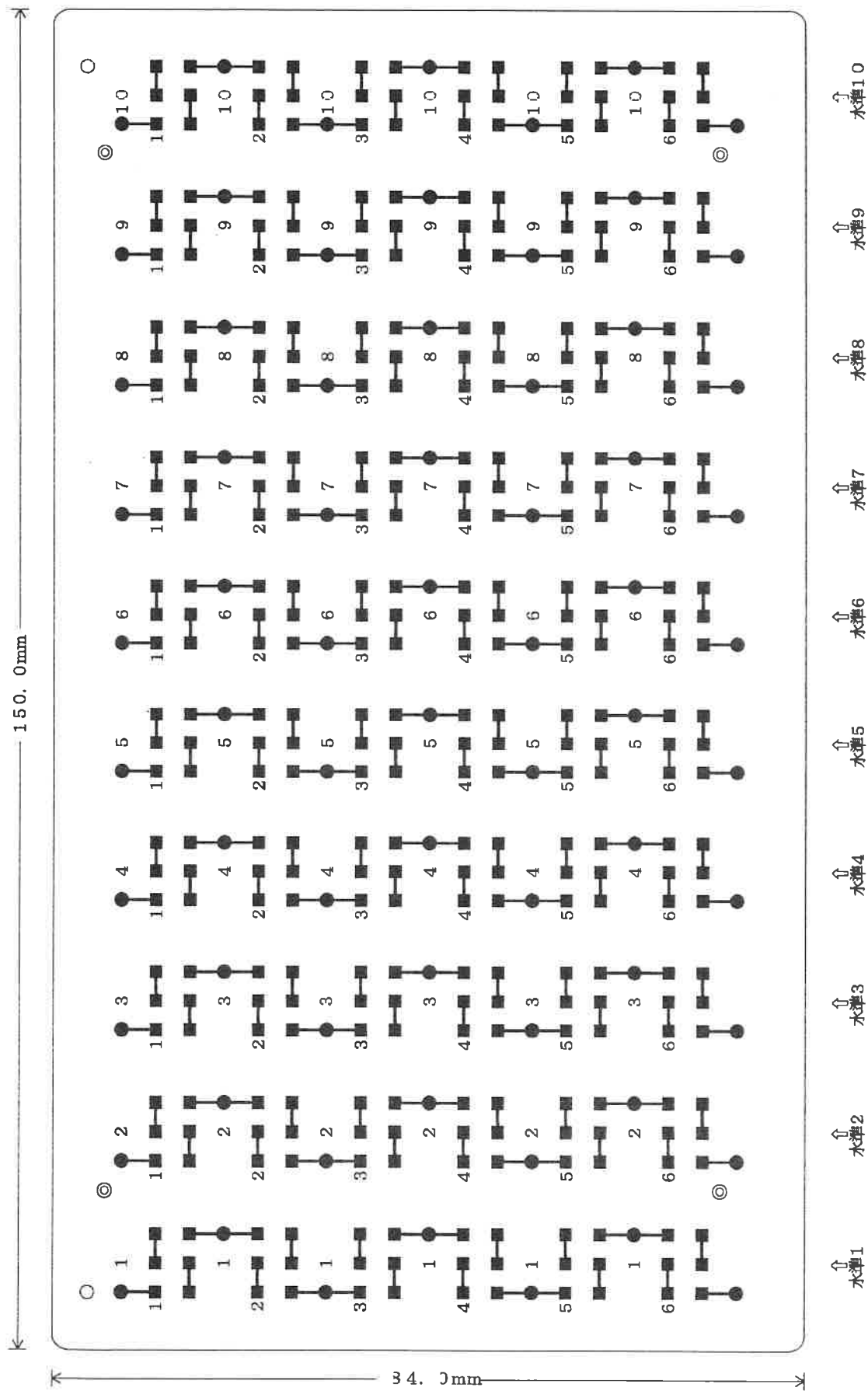


図4.1 プリント配線板の全体図