

宇宙用表面実装はんだ付工程標準 (JERG-0-043)技術データ集

2022年 3月 29日 制定

宇宙航空研究開発機構

免責条項

ここに含まれる情報は、一般的な情報提供のみを目的としています。JAXA は、かかる情報の正確性、有用性又は適時性を含め、明示又は黙示に何ら保証するものではありません。また、 JAXA は、かかる情報の利用に関連する損害について、何ら責任を負いません。

Disclaimer

The information contained herein is for general informational purposes only. JAXA makes no warranty, express or implied, including as to the accuracy, usefulness or timeliness of any information herein. JAXA will not be liable for any losses relating to the use of the information.

発行

〒305-8505 茨城県つくば市千現 2-1-1 宇宙航空研究開発機構 安全・信頼性推進部 JAXA(Japan Aerospace Exploration Agency)

目 次

1. 1.1 1.2 1.3	総則. 目的. 適用筆 付帯	範囲 事項	1 1 1 1
2. 2.1 2.2	関連2 適用2 参考2	文書 文書 文書	2 2 3
3.	技術を	データー覧	4
付録	1	如日 甘仁の如人 山にとては) お拉人如の教亡も不の投計	1 1
技術アータ	1	部前・基权の組合セによるはんに接合部の熱心力金の検討	1-1
技術アータ	2	部品・基板の組合せによるはんに接合部の熱波万寿命の検討	2-1
技術アータ	3	はんに付フント形状の熱疲万寿命に及ばす影響の使討	3-1
技術アータ	4	はんだ竹上街の比較	4-1
技術アータ	5	はんに材料による熱波方寿命への影響使討	5-1
技術アータ	6	はんに材料のマイクレーションへの影響検討	6-1
技術アータ	7	ノフック人成分の検討	
技術アータ	8	土な沈伊方法の比較表	8-1
技術アータ	9	フロン代替洗浄剤の部品表面洗浄性の検討	9-1
技術アータ	10	端十のつさ組成の熱波方性への影響使討	10-1
技術アータ	11	はんた供給とはんたフィレット形状の検討	11-1
技術アータ	12	繰り返しリフローによるはんた接合部信頼性検討	12-1
技術テータ	13	局所加熱法の条件検討とはんだ接合部信頼性検討	13-1
技術テータ	14	部品・材料に関する耐洗浄性の検討	14-1
技術テータ	15	基板洗浄度評価方法の検討	15-1
技術データ	16	はんだフィレット形状と寿命の関係	16-1
技術データ	17	はんだ付部再加工条件と寿命の関係	17-1
技術データ	18	非イオン界面活性剤の評価法の検討	18-1
技術データ	19	ファインピッチパッケージ及び表面実装工法の評価	19-1
技術データ	20	熱衝撃試験と温度サイクル試験による比較評価	20-1
技術データ	21	フラックス残渣の影響評価方法	21-1
技術データ	22	外観判定基準の比較	22-1
技術データ	23	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本	23-1
技術データ	24	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(板状電極部品)	24-1
技術データ	25	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(スタックコンデンサ部品)	25-1
技術データ	26	積層セラミックコンデンサのはんだ付工法の評価	26-1
技術データ	27	ガルウィングリード部品のはんだ付外観と信頼性評価	27 - 1

1. 総則

本文書は、「宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-043)」において引用される技術データ(技術 データ1~27)について、その詳細情報を示すものである。

1.1 目的

本文書は、JERG-0-043 に規定する要求事項、品質保証事項などの事項について、その背景/事例/ 評価データを解説し、JERG-0-043の利用に資することを目的とする。

1.2 適用範囲

- (1) 本書は、表面実装部品の高信頼性電気接続を得るためのはんだ付についての参考情報を示すものである。
- (2)本書は、契約上の仕様書で規定された場合に適用する。この場合、契約の相手方のみならず、契約の 一部を履行する下請業者等においても本書を適用しなければならない。 ただし、対象となる実装基板がリードスルー実装と表面実装との混合タイプの場合には、リードスルー実 装について JERG-0-039「宇宙用はんだ付工程標準」(以下 JERG-0-039 という。)を、表面実装については本書を適用する。又、ハイブリッド IC 及びマイクロ波 IC は、本書の適用外とするが設計条件の 工程の認定試験については本書によるものとする。
- (3) その他の適用範囲については、上位文書である JERG-0-043 に従うものとする。

1.3 付帯事項

付帯事項については、上位文書である JERG-0-043 に従うものとする。

2. 関連文書

下記の文書は、本書に規定する範囲内において、本書の一部をなすものである。特に規定のない限り本 書適用時の最新版とする。

2.1 適用文書

- (1) 宇宙航空研究開発機構文書
 - a. JERG-0-039 宇宙用はんだ付工程標準
 b. JERG-0-040 宇宙用電子機器接着工程標準

 一部品接着固定、コンフォーマルコーティング及びポッティング
 - c. JERG-0-041 宇宙用電気配線工程標準
 - d. JERG-0-042 プリント配線板と組立品の設計標準
 - e. JERG-0-043 宇宙用表面実装はんだ付工程標準
- (2) 公共規格等

ANSI 規格

a.	ANSI/J-STD-004	Requirements for Soldering Fluxes
b.	ANSI/J-STD-005	Requirements for Soldering Pastes
c.	ANSI/J-STD-006	Requirements for Electronic Grade Solder Alloys and Fluxed and Non-Fluxed Solid Solder for Electronic Soldering Applications

JIS 規格

a. JIS Z 3282	はんだ
---------------	-----

b. JIS Z 3284 ソルダペースト

IPC 規格

a.	J-STD-001	JOINT INDUSTRY STANDARD Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies
b.	IPC-TM-650	Test Methods Manual

2.2 参考文書

下記の文書は、本書の記載内容を補足するために参考となるものである。

JIS 規格

a.	JIS K 3362	合成洗剤試験方法
b.	JIS K 3363	合成洗剤の生分解度試験方法
c.	JIS K 8101	エタノール(99.5) (試薬)
d.	JIS K 8839	2ープロパノール(試薬)

MIL 規格

a.	MIL-STD-202	Test Methods for Electronic and Electrical Component Parts
b.	MIL-STD-1276	Leads for Electronic Component Parts

FEDRAL 規格

a. TT-I-735 Isopropyl Alcohol

ASTM 規格

a.	ASTM B 488	Electrodeposited Coatings of Gold for Engineering Uses
b.	ASTM B 545	Standard Specification for Electrodeposited Coating of Tin
c.	ASTM B 700	Standard Specification for Electrodeposited Coating of Silver for Engineering use

AMS 規格

a.	AMS 2418	Plating Copper
b.	AMS 2422	Plating, Gold

SAE-AMS(Aerospace Material Specification)規格

- a. SAE-AMS-P-81728 Plating, Tin-Lead (Electrodeposited)
- b. SAE-AMS-QQ-N-290 Nickel Plating (Electrodeposited)

IPC 規格

- a. IPC-SM-782 Surface Mount Land Patterns
- b. J-STD-001FS Space Applications Electronic Hardware Addendum to J-STD-001F Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies

ESA 資料

- a. ECSS-Q-ST-70-08C Manual soldering of high-reliability electrical connections
- b. ECSS-Q-ST-70-38C High-reliability soldering for surface-mount and mixed technology"

3. 技術データー覧

本文書に示す技術データ 1~27 について、上位文書である JERG-0-043 において引用される項番との 対応表を以下に示す。

技術	反升	JERG-0-043D
No.	口小	引用項番
1	部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱応力歪の検討	5.1.1
2	部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討	5.1.1
3	はんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響の検討	5.1.2
4	はんだ付工法の比較	5.2.1
5	はんだ材料による熱疲労寿命への影響検討	5.3.1
6	はんだ材料のマイグレーションへの影響検討	5.3.1
7	フラックス成分の検討	5.3.1
8	主な洗浄方法の比較表	5.3.3
9	フロン代替洗浄剤の部品裏面洗浄性の検討	5.3.3
10	端子めっき組成の熱疲労性への影響検討	5.3.4
11	はんだ供給とはんだフィレット形状の検討	5.4.1 5.4.2
12	繰り返しリフローによるはんだ接合部信頼性検討	5.7.1
13	局所加熱法の条件検討とはんだ接合部信頼性検討	5.7.2
14	部品・材料に関する耐洗浄性の検討	5.8.1
15	基板洗浄度評価方法の検討	5.8.2
16	はんだフィレット形状と寿命の関係	5.9.3
17	はんだ付部再加工条件と寿命の関係	5.10
18	非イオン界面活性剤の評価法の検討	5.3.3
19	ファインピッチパッケージ及び表面実装工法の評価	4.3 4.4.2 5.1.2
20	熱衝撃試験と温度サイクル試験による比較評価	4.4.1 4.4.2
21	フラックス残渣の影響評価方法	5.3.3
22	外観判定基準の比較	5.9.3
23	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本	5.9.3
24	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(板状電極部品)	5.9.3
25	はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本(スタックコンデンサ部品)	5.9.3
26	積層セラミックコンデンサのはんだ付工法の評価	5.7.2
27	ガルウィングリード部品のはんだ付外観と信頼性評価	5.9.3

技術データ1~27の詳細内容について、各付録に示す。

技術データ1

部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱応力歪の検討

	目 次	
1.	はじめに	. 1-2
2.	評価方法	. 1-2
2.1	対象表面実装型部品及び実装基板	. 1-2
2.2	シミュレーション条件	. 1 - 3
3.	結果	. 1-5
3.1	表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討	1-5
3.2	実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討	1-6
4.	まとめ	. 1-7
5.	参考文献	. 1-7

図表目次

図 1.1-1	主な表面実装型部品及びリード部品の形状	. 1-2
図 1.3-1	表面実装型部品の違いによるはんだ接合部熱応力歪の検討結果	. 1-5
図 1.3-2	実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討結果(チップ形ネットワーク抵抗器)	. 1-6
表 1.2-1	表面実装型部品の違いによる 熱応力歪の検討	. 1-3
表 1.2-2	実装基板の違いによる熱応力歪の 検討	. 1-3
表 1.2-3	シミュレーション条件	. 1-3
表 1.2-4	シミュレーション用材料定数	. 1-4
表 1.3-1	表面実装型部品の違いによるはんだ接合部熱応力歪の検討結果	. 1-5
表 1.3-2	実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討結果	. 1-6

1. はじめに

宇宙用電子機器において、実装部品と実装基板の熱膨脹係数差等により発生するはんだ接合部 の熱応力歪の検討が重要である。下記に、主な表面実装型部品及びリード部品を示すが、本資料 では、これらの代表的な表面実装型部品と各種実装基板の組合せによるはんだ接合部の熱応力歪 の検討として、FEM (Finite Element Method:有限要素法)コンピュータシミュレーション解析 を行ったものである。

(a) ストレスリリーフ構造の端子





(a-1)内曲げリード端子 側面端子の広いタイプ

(a-2) 内曲げリード端子 側面端子の狭いタイプ





(a-3) 内曲げリード端子

(a-4) 内曲げリード端子 低面から出ているタイフ゜側面から出ているタイフ゜



図 1.1-1 主な表面実装型部品及びリード部品の形状

- 2.評価方法
- 2.1対象表面実装型部品及び実装基板

対象表面実装型部品及び実装基板の組合せについて、表 1.2-1 及び表 1.2-2 に示す。

表 1.2-1	表面実装型部品の違いによる
	熱応力歪の検討

		旅術の「正学行民間
項	目	種類[()内は図 1.1-1 に対応する記 号]
1	SMD (材質及び 構造を 考慮) (L × W × T)	 ①チップ 形タンタル電解コンデ ンサ (a-1) (3.2mm×1.6mm×1.6mm) ②セラミックハ[°] ッケージ 形QFP (a-4) (43.2mm×43.2mm×4.6mm) ③プ ラスチックハ[°] ッケージ 形QFP (a-4) (12.2mm×12.2mm×2.8mm) ④角形チップ 固定抵抗器 (b) (2.0mm×1.27mm×0.5mm) ⑤チップ 形ネットワーク抵抗器 (c) (10.16mm×4.5mm× 0.635mm)
2	基板	ガラスエポキシ基板
3	はんだ	Sn-Pb 共晶

表 1.2-2 実装基板の違いによる 熱応力歪の検討

	7117-1	
ļ	項 目	種 類
		[()内は表 1-1 に対する記号]
1	SMD	チップ 形ネットワーク抵抗器
		(c)
2	基板	①ガラスエポキシ基板
	(材質を考慮)	②CIC メタルコア基板
		③セラミック基板
3	はんだ	Sn-Pb 共晶

2.2 シミュレーション条件

シミュレーション条件及び材料定数については、表 1.2-3 及び表 1.2-4 に示す。

	項目	種
1	解析種類	3次元温度定常弹性熱応力解析
2	解析ソフト	MSC/NASTRAN
3	想定環境	-30° C \sim $+100^{\circ}$ C
4	評価歪	 ①主歪 ε : Δ ε = • ε (Tmin) • + • ε (Tmax) • ②相当歪 ε eq : Δ ε eq = • ε eq (Tmin) • + • ε eq (Tmax) • ※ ε eq = 2/3× {(ε x - ε y)²+(ε y - ε z)²+(ε z - ε x)²+2/3(γ xy²+γ yz²+γ zx²)}1/2 ※ ε x, y, z : x, y, z 方向の歪 γ xy, yz, zx : xy, yz, zx 面のせん断歪

表 1.2-3	シミュ	レーショ	ン条件

	項目	キング 串		\$742H	保施强係数	秋回 44	M	比熱		鹄 戌	
		N/RB ⁸	(kg/mm²)	I	1/X	₩/(m·K)	(cal/s·mm·C)	J/(kg·K)	{cal/g.t}	kg/m²	(g/ma³)
4247-9 4444-9	兼存(V]:0,)	3,63×10°	{3.70×10 ⁴ }	0.25	6.70×10 ^{- 6}	20.93	{ 2.00×10-3 }	8.37×10-1	(2.00×10 ⁻¹)	3.80×10*	[3,80×10 ⁻³]
長にな	第 [[[(はんだ)	3.00×10*	{3.06×10 ³ }	0.40	2.30×10 ⁻¹	50,23	{1.20×10 ⁻¹ }	1.47×10-*	{3.50×10 ⁻¹ }	8.40×10°	(8.40×10 ⁻³)
41年かび。	素体(A),0,)	3.63×10*	{3.70×10'}	0.25	6.70×10-*	20.93	{ 2.00×10-*}	8.37×10-4	{2.00×10 ⁻¹ }	3.80×10°	(3.80×10 ⁻³)
国产组代器	内部電摄(Ag-Pd)	1,03×10*	{1.05×10'}	0.38	1.90×10-*	426.98	{1.02×10 ⁻¹ }	2.34×10-4	(2.60×10 ⁻²)	1.10×10*	(1.10×10 ⁻²)
	外部電掻(はんだ)	3,00×10 ⁴	{3,06×10 ³ }	0.40	2.30×10 ⁻⁴	50,23	(1.20×10 ⁻¹)	1.47×10-1	(3.50×10 ⁻¹)	8.40×10°	(8.40×10-3)
9791 電解	₹JF 樹脂	1.44×10*	{1.47×10 ³ }	0.30	1,70×10 ^{- 5}	0,67	{1,60×10 ⁻⁴ }	c-01x92.1	(3.00×10 ⁻¹)	1,87×10 ³	{1,87×10 ⁻⁴ }
67275	y-F (Ni)	2,14×10°	{2.18×10 ⁺ }	0.34	1.30×10 ⁻⁵	8.79	{2.10×10 ⁻¹)	4.19×10-3	{:-01×00'1}	7,90x10 ³	{ c -01x06 - 2 }
7.7740	モールドは対照	1:37×10*	{[.40x10 ³]	0.30	1.80×10-*	0.87	{1.60×10 ⁻⁴ }	1.21×10-3	{2,90×10 ⁻¹ }	1,80×10°	{1,80x10 ⁻³ }
41 L	y-F*(42784)	1.47×10°	{1.50×10 ⁺ }	0.30	4,46×10.4	13.40	{3.20×10 ⁻³ }	4.48×10-1	(1-01×10-1)	8.20×10 ³	{8.20×10-3}
t5245 App	莱体(Als0s)	3.63×10*	{3.70×10'}	0.25	8,70×10-4.	20,93	{ 2.00×10-3 }	8.37×10-4	(1-01×00'2)	3.80×10°	(3.80×10-3)
-13A	J−ト*(427¤{)	1.47×10*	{1.50x10'}	0.30	4.46×10-*	13.40	{ a.20x10.a)	4.48×10-4	(1,01×10,1)	8.20×10°	(8.20×10 ⁻³)
実装基板	カラェ≰基板* ¹	2.94×104	{3.00×10 ³ }	0.20	1.80x10-5	267,91	{e.40×10-*)	1.31×10 ⁻³	{3.18×10 ⁻¹ }	3.26×10°	{3,26×10 ⁻³ }
	74注) 基板	3.63×10*	(3.70×10')	0.25	6.70×10-4	20.93	{5.00×10 ⁻³ }	B.37×10-	{2.00x10 ⁻¹ }	3,80×10°	{3.80×10-"}
	CIC基板• ¹	3,53×10*	(3.60×10°)	0.20	1.40×10 ⁺ 5.00×10 ⁻ 5	26,79	{e-01×07-9}	1.40×10 ^{- 2}	{3,35×10 ⁻¹ }	3.57×10°	{3.57×10-3}
はんだ材料	Sn-Pb	3,00×101	{3.06×10 ¹ }	0.40	2.30×10 ⁻⁵	50.23	{1.20×10 ⁻¹ }	1.47×10-1	{ 3.50×10-* }	8.40×10 ³	{8.40×10-3}

用材料定数
\mathcal{A}
Π
1
Ì
Ц
111
~
\$
. 2-4
-
表

1-4

3. 結果

3.1 表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討

表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討結果について、表 1.3-1 及び図 1.3-1 に示す。表 1.3-1 及び図 1.3-1 には各部品の実装基板の熱衝撃試験結果より求めた特性寿命 も合わせて示す。

			12 410 4 (11 0) 1 ()
部 品 名	はんだ接合部語	至(×10 ⁻³)	特性寿命 (η)
	主歪	相当歪	(試験結果より)
チップ形タンタル電解コンデンサ	4.19	1.71	3660
セラミックパッケージ形 QFP	7.71	5.78	3270
プラスチックパッケージ形 QFP	5.48	2.89	3300
角形チップ固定抵抗器	8.95	6.22	1730
チップ形ネットワーク抵抗器	11.00	8.13	1160

表 1.3-1 表面実装型部品の違いによるはんだ接合部熱応力歪の検討結果

※ セラミックパッケージ形 QFP に関しては、試験時に接着剤等での固定を行っており、解析モ デルと内容が異なる。



図 1.3-1 表面実装型部品の違いによるはんだ接合部熱応力歪の検討結果

この結果から、シミュレーションでの歪値と寿命とには相関関係があり、熱応力設計を行う上 で、厳しいと考えられる部品(チップ形ネットワーク抵抗器等の LCC 構造の部品)については、 シミュレーションでの歪評価を行う必要がある。

3.2 実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討

実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討結果について、表 1.3-2 及び図 1.3-2 に示す。

		(チップ形ネ	・ットワーク	抵抗器)	
基 板 名		名	はんだ接合音	祁歪(×10 ⁻³)	特性寿命 (η)
		14	主歪	相当歪	(試験結果より)
ガラスエポキシ	基板		4.75	2.15	1160
CIC メタルコア	基板		4.72	2.14	1500
セラミック基板	ī		5. 29	2.89	830

※ 実装基板比較のためはんだ接合部のモデルを簡略化しているため、はんだ接合部に発生する 歪は図 1.3-1 とは異なる。



図1.3-2 実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の検討結果(チップ形ネットワーク抵抗器)

1-6

この結果から次のことが言える。

- a. 実装基板の違いによるはんだ接合部の熱応力歪の比較では、部品と基板の熱膨張係数の近い セラミック基板との組合せが熱応力歪及び特性寿命が悪い結果となった。一方、部品と基板 の熱膨張係数の2番目に近いCICメタルコア基板が熱応力歪及び特性寿命が最も良い結果と なった。
- b. コンピュータシミュレーションでは、モデル形状及び基板の材料定数以外は同じ形状及び値を用いている。一方、基板の材料定数については表 1.2・4 に示す値を用いているが、表面実装部品の場合、部品の大きさに占めるはんだ接合部の割合が大きく、はんだ材料自身の熱膨張係数(Sn-Pb 共晶の場合は、2.3×10⁻⁵)を考慮して最適化する必要があり、熱応力設計を行う上で、厳しいと考えられる部品と基板とはんだ材料の組合せについては、シミュレーションでの歪評価を行う必要がある。
- 4. まとめ

上記検討結果により、部品・基板の組合せによる熱応力歪の検討については次の事が言える。

- a. ストレスリリーフ構造の電極端子の表面実装型部品は、リード端子による熱応力歪の緩和に よりはんだ接合部に発生する熱応力歪を軽減し、寿命延長が期待できる。
- b. 一方、ノンストレスリリーフ構造の電極端子の表面実装型部品は、熱応力歪が直接はんだ接 合部に集中するため、熱応力歪が大きく、また寿命が短い。
- c. 部品と基板の組合せによる熱応力歪の関係は、表面実装型部品の場合はんだ材料自身の熱膨 脹係数を考慮する必要がある。
- d. 熱応力設計を行う上で、FEM コンピュータシミュレーションでの熱応力歪解析が有効であ り、熱応力設計上厳しいと考えられる部品と基板の組合せについては、熱応力歪解析での確 認が必要である。
- 5. 参考文献

平成4年度 共通部品の開発 (4-17) 高密度実装技術の確立 (その3) 2-4

技術データ2

部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討

	目 次	
1.	はじめに	.2-2
2.	供試体の作成	2-2
3.	試験条件・評価項目	2-2
4.	結果	2-3
4.1	表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討	2-3
4.2	部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討	2-5
5.	まとめ	2-6
6.	参考文献	2-7

図表目次

図 2.4-1	表面実装型部品の違いによる熱疲労寿命の検討結果	2-4
図 2.4-2	部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果	2-5
表 2.3-1	対象表面実装型部品及び実装基板	2-2
表 2.3-2	評価方法・条件測定項目	2-3
表 2.4-1	表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果	2-3
表 2.4-2	部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果	2-5
表 2.5-1	部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討	2-7

1. はじめに

宇宙用電子機器において、部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討が重要 である。技術データ1に、主な表面実装型部品及びリード部品を示したが、本資料では、この代 表的な表面実装型部品と各種実装基板の組合せでの熱衝撃試験による熱疲労寿命の検討を行った ものである。

2. 供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作成 した。

供試体サンプルの種類を表 2.3-1 に示す。

試験条件·評価項目

供試体に表 2.3-2 に示す試験及び評価を行い、部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲 労寿命の確認を行った。

-						
琈	〔 目	種類	品番	製造メー	NASDA-QPL 品の区別	
				カ	(〇印 NASDA-QPL 品)	
		①チッフ。形タンタル電解コンテ゛ンサ	ECSHIC Y105	松下電子		
		(3.2mmx1.6mmx1.6mm)		部品(株)		
		②セラミックパッケージ形QFP	QFP232-G-4040	東芝(株)		
		(43.2mmx43.2mmx4.6mm)				
		③プラスチックパッケージ形QFP	SQFH048-P-1010	松下電子		
		(12.2mmx12.2mmx2.8mm)		工業(株)		
	SMD	④角形チップ固定抵抗器		福井松下		
	SMD (材質及7K	(RMS15)	RMS15K333JR	電器(株)	0	
1	(何貢及し) 構造な考慮)	(2.0mmx1.27mmx0.5mm)				
	悟垣を写慮) (I _₩ ₩₩┳T)	⑤角形チップ固定抵抗器		福井松下		
	(LAWAI)	(RMS35)	RMS35K333JR	電器(株)	0	
		(3.94mmx1.27mmx0.5mm)				
		⑥ チッフ 形フィルムコンテ ンサ	ECW VD3	松下電器		
		(6.4mmx4.1mmx2.0mm)		産業(株)		
		⑦ チップ形ネットワーク抵抗器		福井松下		
		(10.16mmx4.5mm	RZCS16K1001JA	電器(株)	0	
		x0.635mm)	С			
2	基板	① ガラスエポキシ基板		松下電子		
				部品(株)		
		② CIC メタルコア基板		日立化成	\bigcirc	
				(株)	0	
		③ セラミック基板(96%アルミナ)		松下電子		
		(パターン組成:Ag-Pd,Ag,Ag-Pt)		部品(株)		
3	はんだ	Sn-Pb 共晶				
	(ソルタ゛ーへ゜ースト)					

表 2.3-1 対象表面実装型部品及び実装基板

表 2.3-2 評価方法·条件測定項目

項目	条件
試 験 項 目	熱衝撃試験(気相) -30℃(30 分) ⇔ +100℃(30 分)
測定項目	 ①外観観察 ②電気特性

4. 結果

4.1 表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討

表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果について、表 2.4-1 及び図 2.4-1 に示す。

部品名	外観検査	電学	気検 査
н н чн	特性寿命(η)※1	限界寿命 ※2	特性寿命(η) ※3
① チップ 形タンタル電解コンテンサ ※4	4780	未測定	未測定
② セラミックハ [°] ッケーシ [*] 形 QFP	3460	2000	12100
③ 7° ラスチックパッケージ形 QFP	4950	6000	*5
④ 角形チップ固定抵抗器(RMR15)	1650	9000	12700
 角形チップ固定抵抗器(RMR35)※ 4 	1380	8000	17900
⑥ チップ形フィルムコンデンサ ※4	1660	未測定	未測定
⑦ チップ形ネットワーク抵抗器	1160	1500	5550

表 2.4-1 表面実装型部品の違いによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果 (熱衝撃試験: -30℃(30分) ⇔ +100℃(30分)、ガラスエポキシ基板、Sn-Pb 共晶の場合)

※1 外観検査の特性寿命は、外観検査でのはんだクラック発生数(判定基準は JERG-0-043 本文 表 5-11-1 及び表 5-11-4 参照) についてワイブル解析を行い、その特性寿命(η)を用いた。

※2限界寿命は、電気検査によりオープン不良が発生する第1発生サイクル数を限界寿命とした。

※3電気検査の特性寿命は、オープン不良数についてワイブル解析を行い、その特性寿命(η)を 用いた。

※4※4については、参照として CIC メタルコア基板のデータを記載している。

※5-線については、故障発生数が少ないため、統計処理ができなかったため、寿命値は記して いない。



(注) セラミックパッケージ形 QFP での外観検査と電気検査の寿命値の逆転す る現象は、外観検査の特性寿命値が統計数値のためによる。

図 2.4-1 表面実装型部品の違いによる熱疲労寿命の検討結果 (熱衝撃試験:-30℃(30分) +100℃(30分)、ガラスエポキシ基板、Sn-Pb 共晶の場合) この結果から、次のことが言える。

- a. ストレスリリーフ構造の端子の表面実装型部品については、リード端子による熱応力歪の吸収により外観検査で検出されるはんだクラックの発生寿命(外観検査、特性寿命)は遅いが、限界寿命についてははんだ接合部位がノンストレスリリーフ構造の端子の表面実装型部品よりも小さいため、限界寿命は速くなる傾向がある。
- b. 一方、ノンストレスリリーフ構造の端子の表面実装型部品については、はんだ接合部に発生 する熱応力歪は大きくなる傾向はあるが、はんだ接合部部位が比較的大きいため、限界寿命 は長くなる。また、はんだクラックの発生寿命(外観検査、特性寿命)及び限界寿命は部品 形状(大きさ)、部品材質による影響があり、部品スパン(はんだ接合部位間距離)及び部品 材質と基板材質の熱膨脹係数差の影響が大きい。
- c. LCC 構造の表面実装型部品については限界寿命が短く、基板、はんだ材料、フィレット形状等の組合せによっては、十分な信頼性が確保できない場合がある。これは1)熱応力歪が、はんだ接合部部位に直接加わるため、2)凹面端子構造のため、はんだフィレット形状が十分形成されない(技術データ16の図16-2参照)等が考えられるため、十分な評価が必要となる。

4.2 部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討

部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果について、表 2.4-2 及び図 2.4-2 に示す。

部品名	其 板	外観検査	電気	食 査
цх нн AH		特性寿命 (η)	限界寿命	特性寿命 (η)
ヤラミックパ ッケージ 形 QFP	① ガラスエポキシ基板	3460	2000	12100
	② CIC メタルコア基板	4850	9000	
	① ガラスエポキシ基板	1650	9000	2700
角形チップ固定抵抗器(RMR15)	② CIC メタルコア基板	1530	10000	5400
	③ セラミック基板	1300		
	① ガラスエポキシ基	1160	1500	5550
チップ。形ネットワーク抵抗器	② CIC メタルコア基板	1520	2000	9580
	③ ③ セラミック基板	830	10000以上	

表 2.4-2 部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討結果 (熱衝撃試験:-30℃(30分)⇔+100℃(30分)、Sn-Pb 共晶の場合)

※1各種寿命値は、表 2.4-1と同様







この結果から、次のことが言える。

- a. CIC メタルコア基板については、いずれの表面実装型部品との組合せにおいても、はんだク ラックの発生寿命(外観検査、特性寿命)及び限界寿命は、ガラスエポキシ基板と比較して 寿命が長い傾向がある。特に、セラミックパッケージ形 QFP とチップ形ネットワーク抵抗器 との組合せでは顕著であり、これはこれらの大型部品については、部品の大きさに占めるは んだ接合部位の割合が小さく、そのため部品の熱膨脹係数(いずれも 6.7×10⁻⁵)に対し、熱 膨脹係数差の小さい CIC メタルコア基板(CIC メタルコア基板:1.4×10⁻⁵、ガラスエポキン基板 1.8×10⁻⁵)の方が有利であると考えられる。
- b. セラミック基板については、はんだクラックの発生寿命(外観検査での特性寿命)はガラス エポキシ基板より短いが、限界寿命は著しく長くなる傾向がある。
 これは、Ag系の厚膜のセラミック基板特有の問題であるはんだ接合部/基板界面での溶食等 によるクラックによるためであり、一旦クラックが入ることにより熱応力歪が緩和され、そ の後の進展を防止するためと考えられる。しかし、熱衝撃試験条件②-55℃(30分)⇔+125℃(30 分)のように熱応力歪が大きく発生する場合は、完全にはんだ接合部/基板界面が剥離し、か えって寿命低下を招く。
- c. 部品・基板の組合せによる問題としては、その組合せが信頼性に大きく影響するため、十分 な評価・検討が必要である。

5. まとめ

上記検討結果を表 2.5-1 に示すが、部品・基板の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命においては次の事が言える。

- a. ノンストレスリリーフ構造の端子の表面実装型部品、特にLCC構造のように凹形フィレットとなる場合は、接合方法(はんだ材料、他の接合方法の検討)の検討、部品・基板の変更、 温度条件の改善等を含めた検討を行う必要がある。
- b. また、Ag系の厚膜のセラミック基板のはんだ接合部/基板界面での溶食等によるクラックの 問題等の部品、基板特有の問題については十分な評価・検討が必要である。

	<u> 迎 </u>		基 板		
端子形状	い かんち 一致 かんしん かんしん かんしん かんしん かんしん かんしん かんしん かんし	樹脂基板	CIC メタルコア	セラミック	考 察/注 意 事 項
	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	闷加空似	基板	基板	
	数端子	0	0	0	リードによる熱応力歪 の緩和により、十分信
(a) ////////////////////////////////////					頼性が確保できる。
件但	多 端 子 (QFP 等)	\bigtriangleup	0~△	$\bigcirc \sim \bigtriangleup$	はんだ接合部位が極端 に小さい場合は、限界 寿命が短くなる。
(b) /ンストレスリリーフ	セラミック素体	0~Δ	0~Δ	0	熱応力歪が緩和されに くいため、部品/基板 /はんだの組合せによ る熱応力歪の軽減が重 要である
構造	プラスチック素体	0	0~Δ	0~Δ	熱応力歪が緩和されに くいため、部品/基板 /はんだの組合せによ る熱応力歪の軽減が重 要である
(c) LCC	CC 構造	$ riangle \sim imes$	Δ	Δ	熱応力歪が緩和されに くく、凹面端子のため、 フィレットが十分形成 されない等により十分 な信頼性が確保できな い場合がある。

表 2.5-1	部品・基板	の組合せによるはんだ接合部の熱疲労寿命の検討	寸
(Sn-Pb 共晶、	条件-30℃(30 分)⇔+100℃(30 分)の場合)	

※ 〇:十分信頼性が確保できる。

△:信頼性が確保できる。

×:条件(はんだフィレット形状等)により信頼性が確保できない場合がある。

6. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)4-1-3

技術データ3 はんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響の検討

	目、次	
1.	はじめに	3-2
2.	評価方法(熱衝撃試験)	3-2
2.1	供試体の作成	3-2
2.2	対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状	3-2
2.3	試験条件・評価項目	3-3
3.	評価方法(FEM コンピュータシミュレーション)	3-3
3.1	対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状	. 3-3
3.2	シミュレーション条件	3-4
4.	結果及び考察	3-6
5.	参考文献	3-8

図表目次

	対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状	図 3.2-1
分))に及ぼす 影響 3-7	各部品のはんだ付ランド形状の熱疲労寿命(-30℃(30 分)⇔100℃(30	図 3.4-1 検討結界
	対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状	表 3.2-1
	評価方法・条件測定項目	表 3.2-2
	対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状	表 3.3-1
	シミュレーション条件	表 3.3-2
	シミュレーション用材料定数	表 3.3-3
	各部品のはんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果	表 3.4-1
	各部品のはんだ付ランド形状最適水準	表 3.4 - 2

1. はじめに

宇宙用電子機器において、適切なはんだフィレットを形成するための各部品別に適切なはんだ 付ランドを設計することが、はんだ接合部の熱疲労寿命を向上させる上で重要である。本報告で は、代表的な表面実装型部品についてのはんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響について 熱衝撃試験及び FEM コンピュータシミュレーション解析を行ったものである。

2. 評価方法(熱衝撃試験)

2.1 供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作成した。

2.2 対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状

対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状について、表 3.2-1 及び図 3.2-1 に示す。

S M D	はんだ付ランドパラメータ	水 準 値
セラミックパッケージ形 QFP	(a) ランド幅	1 水準(0.4mm)
(リード幅 : 0.30mm)	(b1)後方突き出し寸法	3水準(0.0mm、0.5mm、1.0mm)
	(b2)突き出し寸法	1 水準(0.5mm)
プラスチックパッケージ形 QFP	(a) ランド幅	1 水準(0.35mm)
(リード幅 : 0.35mm)	(b1)後方突き出し寸法	3水準(0.0mm、0.25mm、0.5mm)
	(b2)突き出し寸法	3水準(0.0mm、0.5mm、1.0mm)
角形fッ7°固定抵抗器	(a) ランド幅	1 水準(1.25mm)
(MMA13) (郊县框·1 27mm)	(b1)後方突き出し寸法	1 水準(0.0mm)
(月2日111日 ・ 1.27111111)	(b₂)突き出し寸法	3水準(0.2mm、0.6mm、1.0mm)

表 3.2-1 対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状



(a)セラミックハ[°]ッケージ 形 QFP 及びフ[°] ラスチックハ[°]ッケージ 形 QFP (b)角形チッフ[°] 固定抵抗器(RMR15)
 図 3.2-1 対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状

2.3 試験条件·評価項目

供試体に表 3.2-2 に示す試験及び評価を行い、はんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響の確認を行った。

項目	条 件
試験項目	熱衝撃試験(気相)
	-30℃(30分)⇔100℃(30分)
測定項目	① 外観観察
	② 電気特性

表 3.2-2 評価方法・条件測定項目

3. 評価方法(FEM コンピュータシミュレーション)

3.1 対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状

対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状について、表 3.3-1 に示す。

S M D	はんだ付ランドパラメータ	水準値
セラミックハ゜ッケーシ゛形 QFP	(a) ランド幅	1水準(0.4mm)
(リード幅 : 0.30mm)	(b1)後方突き出し寸法	2水準(0.0mm、0.5mm)
	(b₂)突き出し寸法	1 水準(0.5mm)
プラスチックパッケージ形 QFP	(a) ランド幅	1 水準(0.35mm)
(リード幅 : 0.35mm)	(b1)後方突き出し寸法	3水準(0.0mm、0.25mm、0.5m)
	(b₂)突き出し寸法	3水準(0.0mm、0.5mm、1.0mm)
角形fッフ [°] 固定抵抗器	(a) ランド幅	1 水準(1.25mm)
(KINIK15) (郊县幅·1 27mm)	(b1)後方突き出し寸法	1 水準(0.0mm)
(口口口)田 . 1.27111111)	(b₂)突き出し寸法	3水準(0.2mm、0.6mm、1.0mm)

表 3.3-1 対象表面実装型部品及びはんだ付ランド形状

3.2 シミュレーション条件

シミュレーション条件及び材料定数については、表 3.3-2 及び表 3.3-3 に示す。

項	〔 目	種	類
1	解析種類	3次元温度定常弹性熱応力解析	
2	解析ソフト	MSC/NASTRAN	
3	想定環境	-30°C~+100°C	
4	評価歪	①主歪 ε : $\Delta \varepsilon = \varepsilon (Tmin) + \varepsilon ($	Tmax)
		②相当歪-モーーq:Δ ε 。 q= ε 。 q(Tmin)	+ ε _{eq} (Tmax)
			+ $(\epsilon_{z} - \epsilon_{x})^{2}$ + $2/3(\gamma_{xy}^{2} + \gamma_{yz}^{2})^{2}$
		+ γ_{zx}^{2})	
		※ εx,y,z x,y,z 方向の歪	
		※γ _{xy, yz, zx} :xy,yz,zx 面のせん断歪	

表 3.3-2 シミュレーション条件

	項目	本とう事		\$7 7 7tt	線膨張係数	熱伝導剤	1 41.	比熱		密度	
		N/ma ²	{kg/am*}	1	1/K	N/(⊪·X)	{cal/s·mn·U}	J/(kg·K)	{cal/g·C}	kg/m³	{g/mu ³ }
角形秒/° 困念堆抽哭	莱体(Al₂0₀)	3.63×10 ⁵	{3.70×10*}	0.25	6.70×10-6	20.93	{2.00×10 ⁻³ }	8,37×10-1	{2.00x10 ⁻¹ }	3.80×10 ³	{3.80×10 ⁻¹ }
	内部電極(Ag-Pd)	1.03×105	{1.05×10 ⁴ }	0.38	1,90×10 ⁻⁵	426.98	{1.02×10 ⁻¹ }	2.34×10-1	{5.60×10 ⁻² }	1.10×10*	{1,10×10 ⁻² }
	外部電極(はんだ)	3.00×10*	{3,06x10 ³ }	0.40	2.30×10 ^{- 5}	50.23	(1.20×10 ⁻¹)	1.47×10-4	{3.50x10 ⁻² }	8.40×10 ³	{8.40×10 ⁻³ }
7°7,447 080	€ルF樹脂	1.37×10*	{[1.40x10 ³]	0,30	1.80×10 ⁻⁵	0.67	{1.60x10 ⁻⁴ }	1.21×10 ⁻³	{2.90×10 ⁻¹ }	1.80×10 ³	{ 1,80×10 ⁻³ }
	9-1*(42701)	1.47×105	{1.50×10 ⁺ }	0.30	4,46×10 ⁻⁶	13.40	{3.20×10 ⁻³ }	4.48×10-4	{1.07×10 ⁻¹ }	8.20×10 ³	(8.20×10-3)
t5ミック. ∩ BD	素体(Al ₂ 0』)	3.63x10*	{3.70×10 [•] }	0.25	6,70×10-€	20.93	<pre>{5.00x10⁻³}</pre>	8.37×10-4	{2.00×10 ⁻¹ }	3.80×103	{3.80×10 ⁻³ }
K 1-L	y-ド(427n1)	1.47×105	{1.50×10 ¹ }	0.30	4,46×10 ⁻⁶	13.40	{3,20×10 ⁻² }	4.48×10-4	{1,07×10-1}	8.20×10 ³	{8.20×10 ⁻³ }
実掞基板	ᢧラェ ҝ 基板*¹	2.94×104	{3.00×10 ³ }	0.20	1.80×10 ⁻⁵ 5.00×10 ⁻⁵	267.91	{8.40x10 ⁻ ² }	1.31×10-3	{3.18×10 ⁻¹ }	3.26×10 ³	{3.26×10 ⁻³ }
はんだ材料	Sn - Pb	3.00×10 ⁴	{3.06×10 ³ }	0.40	2,30×10 ⁻⁵	50.23	{1.20×10 ⁻² }	1.47×10-4	{3.50×10 ⁻² }	8.40×10 ³	{8.40×10 ⁻³ }

ン用材料定数
ί Μ
ا ک
Н
2
. 3-3
表 3.

※1 ガラエポ基板の線膨張係数については、上段がX、Y方向、下段がz方向の値である。

3-5

4. 結果及び考察

各部品のはんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果について、表 3.4-1 及び図 3.4-1 に示す。

	はんだ付		FEM シミュレーション		熱 衝 撃 試 験 (-30℃(30分)⇔100℃(30分))				
部 品 名	ラント゛ハ゜ラメ ータ	水準値	接合部歪($\times 10^{-3}$)	外観検査	電気	検 査		
	7		主歪	相当 歪	特性寿命(η)	限界寿命	特性寿命(7)		
セラミックハ゜ッケーシ゛	(b ₁)	0.0mm	未評価	11.38	5390				
形 QFP	後方突き	0.5mm	未評価	9.42	5980				
(リート・幅	出し寸法	1.0mm	未評価	0.26	5760				
: 0.30mm)		1.011111	/\т Т П П П	9.20	5700				
フ゜ラスチックハ゜ッ	(b ₁)	0.0mm	6.46	3.83	3000	8000	10900		
ケーシ [*] 形 QFP	後方突き	0.25mm	6.13	3.29	3330	9000	13700		
(リード幅:	出し寸法	0.5mm	5.71	3.05	3500	8000	19600		
0.35mm)	(b ₂)	0.0mm	6.16	3.30	未評価	8000	13400		
	突き出し	0.5mm	5.86	3.29	3330	9000	13700		
	寸法	1.0mm	6.28	3.54	1660	8000	19600		
角形チップ	(b ₂)	0.2mm	3.17	未評	1470	5000	32700		
固定抵抗器	突き出し			伸					
(RMR15) (部 品 幅 ·	寸法	0.6mm	3.05	未評価	2610	8000	99800		
1.27mm)		1.0mm	3.08	未評 価	1850	7000	45500		

表 3.4-1 各部品のはんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果

※1 判定基準については、表 2.4-1 と同様。

※2 全組合せについて評価していないため、一部の組合せについては未評価となっている。



図 3.4-1 各部品のはんだ付ランド形状の熱疲労寿命(-30℃(30分)⇔100℃(30分))に及ぼす 影響検討結果 (○:主歪、●:外観検査、特性寿命(η)、▲:電気検査、限界寿命)

表 3.4-2 各部品のはんだ付ランド形状最適水準

部 品 名	はんだ付ランドパラメータ	最 適 水 準
セラミックハ゜ッケーシ゛形 QFP	(b1)後方突き出し寸法	1.0mm
プラスチックパッケージ形 QFP	(b1)後方突き出し寸法	0.5mm
	(b₂) 突き出し寸法	0.5mm
角形チップ固定抵抗器(RMR15)	(b ₂) 突き出し寸法	0.6mm

この結果から、はんだ付ランド形状の熱疲労寿命に及ぼす影響について明らかになり、はんだ 量等の工法上のの要因についても考慮する必要があるが、その最適水準は表 3.4-1 のようになり、 その他の部品についても、適切なはんだフィレットを形成するために各部品別に適切なはんだ付 ランドを設計する必要がある

5. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)4-1-6

技術データ4 はんだ付工法の比較

				目			次				
1.	はじ	めに			••••••				 	4-	2
2.	参考	文献		•••••					 	4-	3
				X	表	目	次				
表	4.1-1	はんだ付	工法の比較	•••••				••••••••••••	 		2

1. はじめに

宇宙用電子機器において、実装工法として、1)はんだ付工法(AuSn はんだ付工法含む)、2)ワ イヤボンディング工法がある。特にはんだ付工法については、表 4.1-1 にはんだ付工法の種類と 宇宙用電子機器への適用検討として示すように、全体加熱法、局所加熱法があり、さらに 9 種類 の工法に分類され、それぞれ宇宙用電子機器の実装形態等の条件により使い分ける必要がある。

工法の種類 イメージ図				各種特性の内容								評	
				栽密度	作業部部が			修正容易	 唐性	適用部品			1曲
				(ピッチ)	安 定 性	熱	その他	部品交換	接修正	<i>─</i> 般 リド有	一般 リード無	半 導 体	
		赤外線		(0.5)	0	\bigtriangleup	0	×	×	0	0	0	\bigtriangleup
	リフ	エアー (赤外 併用)		○ (0.3)	0	0	0	×	×	0	0	0	0
全体	D	VPS		(0.5)	0	0	△ (瀦)	×	×	0	0	0	△ 種々の半 田ご困難
加		ホット プレー ト) (0.5)	\bigtriangleup	0	0	×	×	0	0	0	\bigtriangleup
熱	フロ	ウェー ブ		△ (1.0)	0	\bigtriangleup	△ (<ねれ)	×	×	0	0	\bigtriangleup	\bigtriangleup
	1	ディップ		· △ (1.2)	0	\bigtriangleup	△ (<ねh)	×	×	0	0	\bigtriangleup	\bigtriangleup
	レ-	ーザー	K-1.1+2.4) (0.65)		$ \stackrel{\bigtriangleup}{\sim} \times $	0		$\begin{array}{c} \bigtriangleup \\ \thicksim \\ \times \end{array}$	\bigcirc \sim \bigtriangleup	△ (?)	0	
局所	光刊	ビーム) (0.65)	\bigtriangleup	\bigcirc \sim \bigtriangleup	0		\bigcirc \sim \bigtriangleup	\bigcirc \sim \bigtriangleup	△ (?)	0	0
加	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,	てづけ		△ (0.65)		\bigcirc \sim \bigtriangleup	0	0	0	0	0	0	△ (○) 修正
熱	ホッ	ットエア		\bigcirc (0.5)	0	\bigcirc ~ ×	0		0	0	\bigtriangleup	0	$\sim \times$
	パノ	レスヒート	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	(0.3)	0	0	0	\bigtriangleup	\triangle	0	×	0	\bigtriangleup

表 4.1-1 はんだ付工法の比較

※ ○:有利であるもしくは十分適用できる、△:やや劣るもしくは適用できる、
 ×:劣るもしくは条件等により適用できない

※ ホットプレートは、両面実装に対しては採用できない。

2. 参考文献

平成2年度 共通部品の開発 (2-13) 高密度実装技術の確立 (その1) 2-3-2

技術データ5 はんだ材料による熱疲労寿命への影響検討

目 次

1.	はじ	こめに	. 5-2
2.	供討	载体	. 5-2
4	2.1	供試体の作成	. 5-2
2	2.2	はんだ材料	. 5-2
3.	試験	ę	. 5-3
	3.1	試験条件	. 5-3
ė	3.2	評価項目	. 5-3
4.	結果	<u>+</u>	. 5 - 3
2	4.1	はんだ材料物性に関する結果	. 5 - 3
2	4.2	はんだクラック発生に関する結果	. 5-5
2	4.3	はんだ組織の変化に関する考察	. 5-6
5.	まと	: め	. 5-8
6.	参考	5文献	5-10

図表目次

図 5.4-1	各はんだ材料の信頼性試験での評価結果	. 5-6
図 5.4-2	はんだ組織の変化(-55℃(30分) +125℃(30分))	. 5-7
表 5.2-1	評価サンプルの種類	. 5-2
表 5.2-2	評価はんだ材料組成	. 5-2
表 5.3-1	評価方法・条件	. 5-3
表 5.3-2	測定項目	. 5-3
表 5.4-1	各はんだ材料の物性値と信頼性試験結果	. 5-4
表 5.5-1	評価まとめ	. 5-9

1. はじめに

本資料は、宇宙用電子機器に用いるプリント配線板における実装技術について、特に接合に用いるはんだ材料に関して、一般に広く用いられている Sn-Pb 共晶はんだ(Sn63・Sn60)を含めた各種はんだ材料の熱疲労寿命について評価・検討したものである。

2. 供試体

2.1 供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作成した。供試体サンプルの種類を表 5.2-1 に示す。

2.2 はんだ材料

項

1

2

3

 \mathbf{S}

D

はだ

基板

目

今回使用したはんだ材料は、一般的にエレクトロニクス分野で使用されるはんだ材料系 Sn-Pb-X 系、Sn-X 系、Pb-X 系、In-Pb 系、Au 系の中でプリント配線板実装を目的としているので融点の規制及び濡れ性の規制から表 5.2-2 に示す 11 種類の材料を選定した。

表 5.2-1 評価サンプルの種類

表 5.2-2 評価はんだ材料組成

	種 類	系	番	融点	(組 成	QQ-S-
Μ	角形チップ固定抵抗器		号	(°C)		(wt%)	571E
		Sn-Pb	1	183		63Sn-37Pb	0
		系				(共晶はんだ)	
k	使用実績等を考慮し、	Sn-Pb	2	181	\sim	47Sn-48Pb-2Ag	—
	表 5.2-2 に示す 11 種の材	- X 系		198		-3Sb	
	料		3			16Sn-75Pb-4Ag	—
	ガラスエポキシ基板			212	\sim	-5Sb	
			4	357		65Sn-31Pb	—
						$^{-4}B_1$	
			(5)	167	\sim	505n-35.5PD	—
			_	188		-5.0Ag 55Sn-35Ph-1Ag	
			(6)	170		-8Ri-1Sh	—
				178	\sim	001100	
				232			
				195			
				155			
				112			
		Sn-X 系	$\overline{(7)}$	216		95.535Sn	_
				-10		-3.465Ag-1Cu	
			(8)	222	\sim	91Sn-3.5Ag-	_
			0	245		1Cu-0.5Bi-4Sb	
		In-Pb	9	173	\sim	50In-50Pb	\bigcirc
		系	10	211		40In-60Pb	\bigcirc
				193	\sim		
				231			
		Au-Sn		280		80Au-20Sn	\bigcirc

3. 試験

3.1 試験条件

供試体に表 5.3-1 に示す各種試験を行い、はんだ材料の熱疲労寿命の確認を行った。

3.2 評価項目

供試体の評価については、表 5.3-2 に示す項目について実施した。

		表 5.3-1	評価方法・条件
項	Ē		条件
= N	1	熱衝撃試験	-55°C(30分)
武		(気相)	⇔+125°C(30 分)
験	2	ハ゜ワーサイクル	定格 ON(5分)
_		試験	OFF(5 分)
項	3	高温クリープ	スパン 100mm での 2mm
目		試験	歪(125°C)

 表 5.3-2
 測定項目

 目
 条
 件

 注 項
 ①外観観察

項

則定項	①外観観察
E	②固着力(接合強度)
	③電気特性
	(4)DPA
	⑤はんだ材料の物性
	値
	⑥はんだ材料の濡れ
	性

※ パワーサイクル試験においては、定格負荷により定常状態において 100℃迄温度上昇した。

4. 結果

4.1 はんだ材料物性に関する結果

各はんだ材料の物性値と信頼性試験結果を表 5.4-1 に示す。はんだの熱疲労性に影響する特性としては、引張強度、伸びそしてヤング率があるが 63Sn-37Pb 共晶と比較して、Sn-X 系は引張強度、 ヤング率とも大きいが、反対に伸びは小さい。一方、In-Pb 系は引張強度、ヤング率とも小さいが、 伸びは変わらない。Au-Sn は強度、ヤング率とも 5 倍程度大きい。Sn-Pb-X 系については材料物性 の改善は見られない。

	14 / お井小					-	0	V	-	0 V	1	DL	A 75
			Sn-Pb				Sn-Pb	-X		Sn-X	III-PD		Au糸
はんた成分		Sn-Pb	Sn-Pb	-Ag-Sb	Sn-Pb-Bi	Sn-Pb-Ag	Sn-Pb-Ag-Bi-Sb	Sn-Ag-Cu	Sn-Ag-Sb-Cu-Bi	In-	Pb	Au-Sn	
数字			1	2	3	4	5	6	\overline{O}	8	9	10	11
	融卢 [℃]		183	181	212	167	178	135	216	222	173	193	280
			100	-198	-357	-188	-232	-172	210	-245	-211	-231	200
	ここの	[N/mm ²]	60.11	64.23	-	58.46	60.21	59.72	77.37	78.94	35.30	—	284.4
1+1 +	JI J	{kgf/mm ² }	{6.13}	{6.55}		{5.92}	{6.14}	{6.09}	{7.89}	{8.05}	{3.60}		{29.0}
はんに	伸び	[%]	38.0	64.0	_	45.0	42.0	32.0	32.0	29.0	38.0		-
17 11 10 11	というがす	[N/mm ²]	2.63×10^4	2.62×10 ⁴	-	2.87×10^4	3.09×10 ⁴	—	4.55×10^4	4.84×10 ⁴	9.69×10 ⁴	—	1.07×10 ⁵
	マンク学	{kaf/mm ² }	{2683}	{2674}		{2929}	{3151}		{4644}	{4933}	{988}		{10890}
12	はんだ材料濡れ	±	5	4	×	1	2	6	3	9	7	8	, _ ´
	はんだ組織	_我 の変化	あり	あり		あり	あり	あり	なし	なし	なし	なし	なし
	種类	Ę	Cu-Sn	Cu-Sn		Cu-Sn	Cu-Sn	/	Cu-Sn	Cu-Sn	Cu-In	Cu-Sn	Cu-Au
		Осу	1.7	1.5		3.4	1.6	/	2.3	1.9	1.7		
	金属間化合物	Ļ	Ļ	Ļ	/	Ļ	Ļ		Ļ	Ļ	Ļ	/	
	成長	1000cy	2.4	2.5		2.7	3.0		2.3	2.5	2.4	/	
	[<i>μ</i> m]	Ļ	Ļ	Ļ	/	Ļ	Ļ		Ļ	Ļ	Ļ	/	
		2000cy	3.2	2.7		3.6	3.2		3.4	3.2	2.8		
		Осу	0	0	/	0	0		0	0	0	/	0
	はんだクラック	\downarrow	Ļ	\downarrow		Ļ	Ļ		Ļ	Ļ	Ļ	/	\downarrow
熱衝撃試験	13/01_////	1000cy	50	28		54	21		40	51	15	/	0
	无工奴	Ļ	Ļ	Ļ		Ļ	Ļ		Ļ	Ļ	Ļ	/	\downarrow
		2000cy	156	130		153	114		79	103	108		0
		Осу	28.43	27.45		22.55	22.55		27.45	35.30	1.0		
			{2.9}	{2.8}		{2.3}	{2.3}		{2.8}	{3.6}	{0.1}		
	はんだ	\downarrow	Ļ	\downarrow		Ļ	Ļ		Ļ	Ļ	Ļ		
	接合強度	500cy	19.61	24.52		21.57	20.59		25.50	28.43	1.0		
	[N]		{2.0}	{2.5}		{2.2}	{2.1}		{2.6}	{2.9}	{0.1}		
	{kgf}	\downarrow	Ļ	Ļ		Ļ	Ļ		Ļ	Ļ	Ļ	/	
		1000cy	17.65	21.57	/	17.65	19.61	/	23.54	28.43	1.0	/	/
			{1.8}	{2.2}	/	{1.8}	{2.0}	/	{2.4}	{2.9}	{0.1}	/	/
	ブルのお	m	2.49	2.44	/	2.56	2.19		2.07	1.80	2.56	/	—
	アレガギリバ	MTTF	1952	2311		2130	2624	/	2770	2734	2599		-

表 5.4-1 各はんだ材料の物性値と信頼性試験結果
4.2 はんだクラック発生に関する結果

各はんだ材料の信頼性試験での評価結果を図 5.4-1 に示す。はんだクラックの発生については、 熱衝撃試験において Au-Sn、Sn-X 系、In-Pb 系、Sn-Pb-X 系、63Sn-37Pb 共晶はんだの順にク ラックが発生しにくい傾向があり、Au-Sn はんだでは全くクラックは発生せず、Sn-X 系はんだに ついてはワイブル解析での特性寿命では 63Sn-37Pb 共晶はんだの 1.5 倍~2 倍程度である。一方、 パワーサイクル試験では、In-Pb 系のみクラックが確認されたが、他のはんだ材料についてはク ラックは見られなかった。これは熱衝撃試験の方がパワーサイクル試験よりも厳しいためと考え られる。(熱衝撃試験の $\Delta T = 125 \cdot (-55) = 180^{\circ} \text{C}$ 、パワーサイクル試験の $\Delta T = 100 \cdot (25) = 75^{\circ} \text{C}$ 、表 5.3-1 参照のこと。)また高温クリープ試験においては、伸びの大きい In-Pb 系を除いてクリープ 破断(はんだクラック)に至るものは見られず、In-Pb 系を除いて十分クリープ強度があると言 える。



(a) 熱衝撃試験(-55℃(30分) +125℃(30分)、角形チップ固定抵抗器、ガラスエポキシ基板の場合)



(b) パワーサイクル試験(定格 ON(5 分)OFF(5 分)、角形チップ固定抵抗器、ガラスエポキシ基 板の場合)



(c) 高温クリープ試験 (スパン 100mm での 2mm 歪(125°C)) (〇、●: Sn-Pb 共晶、△、▲: Sn-Pb-X、▽、▼: In-Pb、□、■: Sn-Ag-X、◇、◆: Au-Sn)

図 5.4-1 各はんだ材料の信頼性試験での評価結果

4.3 はんだ組織の変化に関する考察

はんだ組織の変化について図 5.4-2 に示す。63Sn-37Pb 共晶はんだと Sn-Pb-X 系は α 相(Pb) と β 相(Sn)の 2 相組織であり、試験時間の経過とともに α 相の粗大化が確認された。

Sn-X系についてはAg3Sn等の金属間化合物が針状組織として存在するが、顕著な組織変化は 見られない。これは第2相の金属間化合物のSn相への固溶する程度が小さく粗大化しにくいた めである。In-Pb系については、固溶体組織を示し、試験時間の経過に伴う組織の変化は見られ ない。Au-Sn系はんだはAuSnの金属間化合物とAu相共晶組織であるが組織の顕著な変化は見 られない。



図 5.4-2 はんだ組織の変化(-55℃(30分) +125℃(30分))

5-7

5. まとめ

上記検討結果を表 5.5-1 に示すが、はんだ材料と熱疲労寿命については次のことが言える。

- はんだ材料と熱疲労寿命については、Au-Sn 系はんだ、Sn-X 系はんだのように硬く剛性があり、熱歪みに対して塑性変形しにくい材料が熱疲労寿命が長い。
- ② はんだ組織と熱疲労寿命については、具体的に固溶体型組織、もしくは第2相が金属間化合物のようにSn相への固溶する程度が小さく粗大化しにくい粒子強化型(Au-Sn系、Sn-X系)材料が熱疲労性に優れている。しかし、いずれも融点が高いため(Au-Sn系:融点280℃、Sn-X系

:融点 220~240℃)、部品・基板への影響について十分考慮する必要がある。

		試 作	評価		
はんだ材料	熱衝撃 試験	^{n°} ワーサイクル 試験	高温クリープ 試験	総合評価	技術的考察
63Sn-37Pb	4	1	1	4	β相とα相の2相組織のため、相間すべりによる塑性変形が起こりやすく、相関拡散及び再結晶化による組織の粗大化によるはんだ劣化がおこるため信頼性上一部の組合せでNGとなる。
Sn-Pb-X 系	4	1	1	4	Sn-Pb 共晶はんだに Ag ₃ Sn が微 細分布しているため、機械的強度 はやや改善されるが基本的に β 相と α 相の 2 相組織のため信頼 性上一部の組合わせで NG とな る。
Sn-X 系	2	1	1	2	母相である Sn に Ag3Sn が分散 した粒子強化型はんだで、相関す べりにでの塑性変形によるはん だクラックや相間拡散による粗 大化が起こりにくく信頼性上 OKとなる。
In-Pb 系	3	2	2	3	Pb に In が固溶した単相組織の ためSn-X系同様塑性変形による はんだクラックや相間拡散によ る粗大化が起こりにくいがはん だ強度が低い。はんだ濡れ性が悪 いなど In-Pb 系特有の問題があ るため信頼性上一部の組合わせ でNG となる。
Au-Sn 系	1	1	1	1	Au-Sn はんだは、硬質で2相組 織であるが金属間化合物 AuSn と組成領域の狭いく相(Au)では 相間拡散が起こりにくいため組 織の粗大化はほとんど見られず、 信頼性上OKとなる。問題となる のは、融点が高いため実装部品の はんだ付時の耐熱性が課題であ る。

表 5.5-1 評価まとめ

※ 表中の数字(順位)は、各試験項目別のはんだ材料間の熱疲労性に関する序列(優1⇔4劣) を示す。

※ 総合評価は、はんだの熱疲労性については全ての項目を満たす必要があるが、特にパワー部 品や基板の反りの評価を除いては熱衝撃試験での評価が有効であるため、熱衝撃試験の結果 を重視した。

6. 参考文献

平成2年度 共通部品の開発 (2-03) 高密度実装技術の確立 (その1) 2-4-2,3

技術データ6 はんだ材料のマイグレーションへの影響検討

目 次

1.	はじめに6	·3
2.	評価方法6·	·3
2.1	はんだ材料のマイグレーションメカニズムについて(材料物性評価の検討)6	·3
2.2	フラックス、洗浄条件等の各種要因によるマイグレーション寿命への影響について6	·4
2.3	チップ部品の裏面電極間及び狭ピッチリード間マイグレーションの可能性について6	$\cdot 5$
3.	結果6·	·6
3.1	はんだ材料のマイグレーションメカニズムについて(材料物性評価の検討)6	·6
3.2	フラックス、洗浄条件等の各種要因によるマイグレーション寿命への影響について 6	·8
3.3	チップ部品裏面電極間及び狭ピッチリード電極間マイグレーションの可能性について…6	·9
4.	参考文献	0

図表目次

図 6.2-1	はんだ材料のマイグレーション概念図6-3
図 6.2-2	ポテンショスタット装置6-4
図 6.2-3	クーロスタット装置
図 6.2-4	ポテンショスタット装置6-4
$ extsf{X}$ 6.2-5	試験基板6-5
図 6.3-1	アノード分極曲線の自然電位測定結果(電解のしくみ)
図 6.3-2	腐食電流測定結果
図 6.3-3	はんだ材料の違いによる検討結果6-9
図 6.3-4	フラックスの違いによる影響6-9
図 6.3-5	温度条件による影響
図 6.3-6	電界強度による影響
図 6.3-7	部品裏面電極間マイグレーション 結果6-10
図 6.3-8	浸漬洗浄後の部品裏面洗浄残渣量の比較
図 6.3-9	1.0mm×0.5mm チップ部品裏面 電極間マイグレーション写真(無洗浄、3000h)6-10
図 6.3-10	0.5mm ピッチ QFP リード 電極間マイグレーション写真(無洗浄、1700h)6-10

-1 評価試料	6-3
-2 評価項目	6-5
-3 試験基板	6-5

表 6.2-4	評価項目	6-5
表 6.3-1	アノード分極曲線の勾配	6-6
表 6.3-2	Sn、Pb、Agの水酸化物の溶解度積とイオン濃度	6-6
表 6.3-3	濾紙法の結果	6-6

1. はじめに

表面実装化、高密度化やフロン規制に伴う代替洗浄化によるマイグレーション性への影響については不明確な点が多い。本資料は、フラックスを中心としたはんだ材料のマイグレーションへの影響について検討したものである。

- (1) はんだ材料のマイグレーションメカニズムについて
- (2) フラックス、洗浄条件等の各種要因によるマイグレーション寿命への影響について
- (3) チップ部品の裏面電極間及び狭ピッチリード電極間マイグレーションの可能性について

2. 評価方法

2.1 はんだ材料のマイグレーションメカニズムについて(材料物性評価の検討)

はんだ材料のマイグレーションメカニズムについて、図 6.2-1 に示すように 4 つに区分し、評価を行った。

また、評価試料を表 6.2-1 に示す。



ステップ

- ① 溶解…アノード分極曲線、腐食電流
- ② 析出…溶解度
- ③ 移行…濾紙法
- ④ 元…カソード電流

図 6.2-1 はんだ材料のマイグレーション概念図

表	6.	2 - 1	評価試料	5
衣	ю.	2^{-1}	一 計 1 町 武 小	5

項	目	具体的内容
(1) 電極材料		端子材料として考えられる下記の材料を対象とした。
		①Sn-Pb 共晶、②Sn-Ag はんだ、③Sn、
		④Ag、⑤Cu
(2) フラックス材料		フラックス 100mg を純水 40mg に溶かし、45℃、48h 放置したも
		\mathcal{O}_{\circ}
		①Br 系活性剤、活性剤量(0.025%、0.2%、0.5%)
		②F 系活性剤、活性剤量(0.2%)

① アノード分極曲線

図 6.2-2 に示すように、ポテンショスタットを用 い各電極材料の各フラックス抽出液におけるアノ ード分極測定を行い、電極間の水のパスが十分な 時の腐食のされやすさを見る。(アノード分極曲 線の勾配が急なほど腐食しやすい。)

- ・参照電極: 飽和カロメル電極
 ・対極: 作用電極と同一の電極材料
- ・電位掃引速度 : 10mV/s
- ② 腐食電流 図 6.2-3 に示すように、クーロスタット装置を用い、各電極材料の各フラックス抽出液における腐食電流の測定を行った。
 - ・参照電極、対極 : 試料と同一の電極材料
 - •設定電圧: 5V
 - ・設 定 容 量 : 0.1µF
- 溶解度積

化学便覧による文献値を引用した。ここで、溶解 度積(Ksp)は、飽和溶液における陰陽両イオンの濃 度(mol/1)の積で難溶性のほど、溶解度積は小さ い値となる。

④ カソード分極曲線
 図 6.2-4 に示すように、ポテンショスタットを用

い各飽和溶液におけるカソード分極曲線の曲線測 定を行った。カソード電極には、水素過電圧の材 料によるばらつきを抑えるため、Ptを使用した。 また、N₂ガスを約11/minの流量で30分間通気し て脱気を行い、溶存酸素の影響を抑えた。



図 6.2-2 ポテンショスタット装置



図 6.2-3 クーロスタット装置



図 6.2-4 ポテンショスタット装置

2.2 フラックス、洗浄条件等の各種要因によるマイグレーション寿命への影響について

表 6.2-2 の評価項目について、表 6.2-3 及び図 6.2-5 に示す櫛形基板を用いて湿中負荷寿命試験 を行った。

項 目	具体的内容
(1)はんだ組成	①Sn-Pb 共晶、②Sn-Ag 系
(2)試験基板	①ガラスエポキシ基板
	②導体間距離 1)0.318mm、2)0.635mm
(3)フラックス	①活性剤種類 1)Br 系(ハロゲン量: 0.025%、0.05%、0.2%、0.5%)
	2)F系 (ハロゲン量 : 0.2%)
	②固形分量 1)20%、2)40%、3)60%
(4)コーティング	①ブタジエン系、②アクリル系、③ウレタン系
(5)試験条件(温度)	①40°C、②60°C、③80°C
(6)試験条件(湿度)	①40%、②70%、③90%
(7)試験条件(電圧)	(175V, (2150V, (3300V, (4600V, (51200V))))

表 6. 2-2 評価項目

表 6.2-3 試験基板

_		(単位 mm)
	I 型	Ⅱ型
導体幅	0.635	0.318
導体間隔	0.635	0.318
重ね代	18.0	15.75



図 6.2-5 試験基板

2.3 チップ部品の裏面電極間及び狭ピッチリード間マイグレーションの可能性について

表 6.2-4 の評価項目について、チップ部品の裏面電極間及び狭ピッチリード間マイグレーショ ンの可能性について検討した。

項 目	具体的内容
(1)対象 SMD	①プラスチックパッケージ形 QFP(リード間ピッチ 0.635mm、0.5mm)
	②角形チップ固定抵抗器(2.0mm×1.25mm、1.0mm×0.5mm)
(2)試験基板	ガラスエポキシ基板
(3)はんだ材料	Sn-Pb 共晶
(4)フラックス	①活性剤種類:Br系、②ハロゲン量:0.025%、0.05%、0.2%、0.5%
(5)洗浄条件	①洗浄剤:IPA、EC-7R、クリンスルー750H
(洗浄無含む)	②洗浄条件:浸漬洗浄(5 分)、すすぎ(3 分)、乾燥 110℃、30 分
(6)試験条件	60°C、90%RH、200V

表	6.	2-4	評価項	E
1	U •	<u> </u>		⊢

- 3. 結果
- 3.1 はんだ材料のマイグレーションメカニズムについて(材料物性評価の検討)
- (1) 溶解過程
- a. アノード分極曲線

アノード分極曲線の各電極の自然電位及びアノード分極曲線の勾配を図6.3-1及び表6.3-1に 示す。自然電位は溶解にしやすさを示し、Ag、Cuは溶解しやすいが、Sn-Pb 共晶、Sn-Ag 系はんだ、Sn、Pb は溶解しにくい傾向がある。一方、アノード分極曲線の勾配は溶解の反 応速度を示すが、反応速度の大きいほうから Pb、Ag、Cu、Sn-Pb 共晶、Sn-Ag 系はんだ、 Sn の順となり、はんだ材料の比較では Sn-Ag 系はんだの方が溶解しにくいことがわかる。 フラックスの比較では活性剤量の増加に従い、反応速度は速くなり、ハロゲンの種類として は Br の方が F より反応速度は大きい。

b. 腐食電流

腐食電流の測定結果を図 6.3-2 に示すが、腐食電流が大きいほど、溶解しやすいが、Pb、Ag は溶解しやすいが、Cu、Sn-Pb 共晶、Sn-Ag 系はんだ、Sn は溶解しにくい傾向がありアノ ード分極曲線の結果と一致している。

A 0.0	
分極曲線の勾配	緩やか
①はんだ材料間	Sn < Sn-Ag 系 < Sn-Pb
	< Cu $<$ Ag $<$ Pb
②フラックス	F0.2% < Br0.025% < Br0.05
比較	< Br0.2%

表 6.3-1 アノード分極曲線の勾配

表 6.3-2 Sn、Pb、Ag の水酸化物の溶解度積とイオン濃度

Ksp	Ksp	[M+]
Sn (0H) 2	8×10 ⁻²⁹	3×10 ⁻¹⁰
Pb (OH) 2	2×10^{-7}	4×10 ⁻³
AgOH	4×10^{-5}	6×10 ⁻³

※ Ksp:溶解度積、[M+]:陽イオン濃度

表 6.3-3 濾紙法の結果

		116 11131	
電極材料	短絡時	間 (min)	移行元素
	1 回 目	2 回 目	
Sn-Pb 共晶	2	4	Pb
Sn-Ag 系	16	11	Sn



図 6.3-1 アノード分極曲線の自然電位測定結果(電解のしくみ)



図 6.3-2 腐食電流測定結果

6-7

(2) 析出過程

Sn、Pb、Agの水酸化物の溶解度積とイオン濃度を表 6.3-2 に示す。Sn、Pb、Agの順に難溶性を示し、Sn は溶解しにくく難溶性のため陽極で析出し、Pb は溶解しやすいが難溶性のため陽極で析出し、Ag は溶解しやすく可溶性のため陰極に移行すると考えられる。

(3) 移行過程

表 6.3-3 に濾紙法の結果を示すが、はんだ材料間の比較では Sn-Pb 共晶の方が Sn-Ag 系はんだより移行しやすく、移行した元素はそれぞれ Pb、Sn であった。

(4) 還元過程

カソード分極曲線における電位に対する電流の勾配は、Ag、Sn、Pb の順に急であり、この順 に還元されやすいことがわかった。

(5) 材料物性評価によるはんだ材料のマイグレーション性について

材料物性評価によるはんだ材料のマイグレーション性については次のことが言える。

- a. 材料物性からは Sn、Pb については陽極では溶解度の小さい水酸化物として析出するが、Ag は再イオン化し、陰極で還元されデンドライド(樹脂状)の形態を示す。
- b. 各元素のマイグレーション性については Sn は Pb より耐マイグレーション性がよいため、 Sn-Ag 系はんだは Sn-Pb 共晶はんだより耐マイグレーション性は優れていると言える。
- 3.2 フラックス、洗浄条件等の各種要因によるマイグレーション寿命への影響について
- (1) はんだ材料の違いによる影響

図 6.3-3 にはんだ材料の違いによる検討結果について示すが、材料物性上では Sn-Ag 系はんだ が耐マイグレーション性がよいが、湿中負荷寿命試験においては Sn-Ag 系はんだと Sn-Pb 共晶は んだでは明確な差は見られなかった。

(2) フラックスの違いによる影響

フラックスの違いによる影響について、活性剤量の結果を図 6.3-4 に示す、マイグレーション が発生しているのはいずれも活性剤量の多い 0.2%及び 0.5%であり、活性剤量が耐マイグレーシ ョン性に影響することをわかる。また、ロジンを中心とした固形分量の影響もあり、特に固形分 量が低下することにより、かえってフラックス中の活性剤の相対濃度が高くなり耐マイグレーシ ョン性を低下させる傾向がある。

(3) コーティング剤による影響

コーティング剤による影響については、いずれもコーティング剤しているものについてはマイ グレーションは認められず、コーティング剤の適切な(透湿性、防水性のよいもの)の選択によ り耐マイグレーション性を向上させる。 (4) 試験条件による影響について

温度条件による影響について、図 6.3-5 にアレニウスプロットした結果を、電圧条件による影響について、対数プロットした結果を図 6.3-6 に示す。いずれも温度、負荷電圧の加速性が見られ、またマイグレーションの発生はいずれも相対湿度 90%RH であり、湿度による加速性も確認されている。これらの検討よりはんだ材料のマイグレーション寿命は、下記のように示される。



3.3 チップ部品裏面電極間及び狭ピッチリード電極間マイグレーションの可能性について(1) チップ部品裏面電極間マイグレーションの可能性について

通常のフラックスでは 5000 時間まで試験を継続したが、マイグレーションの発生は見られな かった。しかし、前述しているように固形分量の少なく、ハロゲン量の多いフラックスではマイ グレーションの発生が見られた。その結果を図 6.3-7 及び図 6.3-9 に示すが、その傾向として洗浄 条件と相関があり、無洗浄、IPA 洗浄、EC-7R 洗浄、クリンスルー750H 洗浄の順にマイグレー ションが発生しやすい傾向があり、これは図 6.3-8 に示すようにチップ部品裏面の洗浄残渣の多 い順と一致しており、悪いフラックスの使用し、洗浄不十分な場合等の組合せにおいてはマイグ レーションの発生する可能性があることがわかる。 (2) 狭ピッチリード電極間マイグレーションの可能性について

図 6.3-10 に示すように、0.5mm ピッチ QFP での一部実装条件の悪いもの(位置ずれによる隣 接間距離の小さくなったもの)を除き、マイグレーションは認められない。これは、リード電極 間距離という点では、チップ部品裏面より不利であるが、フラックスの残渣については電極間に 残りにくいため、かえってマイグレーションは発生しにくいと考えられる。しかし、前述してい るように、実装条件によってはマイグレーション性が低下するため十分検討する必要がある。

(ppm)

0.050

0.025

1

オ

 $\boldsymbol{\Sigma}$

ク

义



試験時間(h)

図 6.3-7 部品裏面電極間マイグレーション 結果



図 6.3-9 1.0mm×0.5mm チップ部品裏面 電極間マイグレーション写真(無洗浄、3000h)

4. 参考文献

						o	
₹ ŀ	000	0 <u></u> 無	<u>,</u> 洗浄	IPA	EC-7R	」 クリンスルー	ĺ
6.3	-8 ž	浸漬液	先浄後 上	洗浄 の部品 七較	• 剂 裏面洗浴	争残渣量	の
192							



図 6.3-10 0.5mm ピッチ QFP リード 電極間マイグレーション写真(無洗浄、1700h)

平成4年度	共通部品の開発	(4-17)	高密度実装技術の確立	(その3)	3-1-1
平成5年度	共通部品の開発	(5-14)	高密度実装技術の確立	(その4)	3-3-1

技術データ7 フラックス成分の検討

目 次

1.	はじめに	7-2
2.	MIL 規格のフラックスに関する記述	7-2
3.	評価試料	7-2
4.	評価方法	7-3
5.	結果	7-4
6.	評価結果まとめ	7-5
7.	まとめ	7-5
8.	参考文献	7-6

図表目次

表 7.2-1	MIL-F-14256E	7-2	2
表 7.3-1	評価ソルダペースト(フラックス)	7-2	2
表 7.4-1	評価方法	7-3	3
表 7.6-1	評価結果まとめ	7-8	5

1. はじめに

実装基板の絶縁信頼性を確保するため、宇宙用はんだ付において MIL 規格の RMA に相当する フラックスが使用されている。しかし、脱フロン洗浄化に伴いフラックスは多様化しており、本 資料ではソルダペーストのフラックスについて MIL 規格を中心に評価検討を行い、評価方法及び フラックスに関する課題について検討したものである。

2. MIL 規格のフラックスに関する記述

MIL 規格(MIL-F-14256E)を表 7.2-1 に示す。

汞 (.2-1 MIL-F-14230E							
項目		R	RMA	R A			
種	類	ロジンベース (活性化していない)	若干活性化したロジン	活性化したロジン			
水溶液	夜抵 抗	1,000 Ω·m以上	1,000 Ω·m以上	500 Ω·m以上			
		{100,000 Ω·cm 以上}	{100,000 Ω·cm以上}	{50,000 Ω·cm以上}			
シルバークロメート		合 格	合 格				
ハロゲン含有量		_	0.04 meq/g 以下	0.284 meq/g 以下			
銅鏡	試 験	合 格	合 格				
電圧印加耐湿試験		1×10 ⁸ Ω以上	1×10 [®] Ω以上	1×10 ⁸ Ω以上			
広がり	性試験	—	90 nm ² 以上	100 nm ² 以上			

表 7.2-1 MIL-F-14256E

3. 評価試料

表 7.3-1 に評価試料を示す。評価試料として、脱フロン洗浄を目的とした RMA のフラックス、 ハロゲンが含まれず有機酸系の活性剤のみで活性力を確保している無洗浄を目的としたフラック ス及び比較対象として RA のフラックスについて評価を行った。

記号	フラックス	活性剤	ベース樹脂	備考
А	RMA	Br系、0.05C1%含有	ジン系、60%含有	少量のハロゲン添加により活性力
				を維持。
В	RMA	ノンハロゲン、市販品	ロジン系	市販のノンハロゲン品、濡れ性良好。
С	無洗浄対応	ノンハロゲン、有機酸塩系	合成樹脂系	数種の有機酸を塩の形にし活
				性力を維持
D	無洗浄対応	リンハロケン、有機酸 1.0%含有	ロジン系、60%含	有機酸のみで活性力を維持。
	有			
Е	RA (比較	Br系、0.2C1%含有	ジン系、60%含有	比較対象として追加。
	用)			

表 7.3-1 評価ソルダペースト(フラックス)

4. 評価方法

評価方法について表 7.4-1 に示す。

区分	絶縁信頼性		濡れ性	
	リフロー前	リフロー後	濡れ性	リフロー後
評価項目	① 水溶液抵抗	① ウォータト゛ロッフ。試験	1 メニスコク ラフ	① 実装後外観
	② 銅鏡腐食試験	② オメガメータ測定		
	③ シルハッークロメート	③ 絶縁信頼性試験		
	④ ウォータト゛ロップ。試験	(60℃、90%R H)		

表 7.4-1 評価方法

5. 結果

評価結果について、下記に示す。



6. 評価結果まとめ

評価結果まとめについて表 7.6-1 に示す。

	クリームはんだ 評価項目		А	В	С	D	Е	備考
		水溶液比 抵抗測定	0	0	×	×	×	$\bigcirc: 1 \times 10^{3} \Omega \cdot m$ 以上 ×: 1×10 ³ Ω・m以下
リフロー 加熱前 縁 信 頼 性		銅鏡腐食	\bigtriangleup	0		_	×	
	1171-	シルハ゛ークロメート	\bigcirc	\bigcirc	-	_	\times	
	ウォータート゛ロッ プ 試験	\bigtriangleup	0	×	×	0	MIL 規格評価以外の項目	
		ウォータート゛ロッ プ 試験	\bigtriangleup	\bigtriangleup	\sim \sim \sim	\bigtriangleup	$\sim \sim$ 0	MIL 規格評価以外の項目
	リフロー 加熱後	オメガメータ測 定	0	×	0	×	×	\bigcirc : 2.17 μ gNaCl/cm ² 未満 {14 μ gNaCl/inch ² } \times : 2.17 μ gNaCl/cm ² 以上 {14 μ gNaCl/inch ² }
		絶縁信頼性 試験(Ω)	$3 imes 10^7$	$3 imes 10^{7}$	$3 imes 10^7$	-	$3 imes 10^{7}$	60°C,90%RH,200V,2000時間
		メニスコク゛ラフ	\triangle	\triangle	_	X	0	フラックスの評価
Ŷ	需れ性	リフロー後外観	$\sim \sim$	0	\bigtriangleup	×	0	リフロー条件:ピーク温度 235°C

表 7.6-1 評価結果まとめ

※ ○:良好、 △:あまりよくない。 ×:不良

- 7. まとめ
- (1) RMA のフラックス及び有機酸系無洗浄対応のフラックスついて
- a. リフロー加熱前では MIL 規格の評価(銅鏡腐食試験,水溶液抵抗,シルバークロメート)で は、RMA に相当するが、リフロー加熱後には RA のフラックスと同等の量のイオン性物質が 検出されるはんだペーストがある。(評価試料 B 等)
- b. 有機酸系の無洗浄対応のフラックスについては、濡れ性を確保するために多量の有機酸が含 まれており、反面リフロー加熱前の絶縁信頼性は当然悪い。又、リフロー加熱後に有機酸が 全て反応せず残渣した場合リフロー後の絶縁信頼性は悪いと考えられる。(評価試料 C、D等)
- c. また、絶縁信頼性への影響としては、ハロゲンや有機酸のような腐食成分量による影響のみでなく、フラックス中に含まれるロジン等の固形分による影響もあり、特に固形分が少ない場合はリフロー後の残渣中におけるイオン性残渣の相対量は多くなり、絶縁信頼性を低下させる可能性がある。

- (2) フラックスの評価方法について
- a. 一般には、フラックスは原則として MIL 規格の RMA に適合するものだが、有機酸系のフ ラックスのように一部新規フラックスの中には、リフロー加熱後にイオン性物質が多く検出 されるため、MIL 規格では十分検出されない場合があり、その場合の評価方法としてリフロ ー加熱後のオメガメータ測定やウォータドロップマイグレーション試験がフラックスの評価 方法として有効である。
- b. 特にフラックスの変更を行う場合は、本文 4.4 項の工程の認定試験に示される絶縁信頼性試験による確認を十分行う必要がある。
- 8. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)3-4-1

技術データ8 主な洗浄方法の比較表

	目、次	
1.	はじめに	
2.	主なフロン代替洗浄剤と、その特徴	
3.	参考文献	
	図表目次	

表 8.2-1	主なフロン代替洗浄剤とその特徴	8-	$\cdot 2$
---------	-----------------	----	-----------

1. はじめに

実装基板の洗浄には従来、フロン洗浄剤(CFC-113)が広く用いられていたが、オゾン層破壊問題のため使用できなくなっている。一般市場ではこの機会にフラックス材料や信頼性評価基準の見直しにより無洗浄に変更するケースが多いが、宇宙分野においては代替洗浄が妥当と思われる。以下に主なフロン代替洗浄剤の特徴について示す。

2. 主なフロン代替洗浄剤と、その特徴

下表に主な洗浄剤の種類及び具体名とその特徴を示す。なお、洗浄剤の具体名については、当 然ながら刻々と変化するものであり、参考としてのせているにすぎない。

区 分		主な洗浄剤(及びメーカ)	i	洗浄力	J	信頼	i性	フ	安全	性	オ		
					イ	非	局	部	洗	ラ	引	有	3
					オ		所	品が	浄	ット	火	毒	ソ
					ン		(ス	グメ	残	リー	性	性	~
					化生	,,,	キ		尦	への			~
					沿		间	\sim		新			破
					剤					規			1
					/14					性			壊
	水(純	K)											
水				(フラックスは水溶性を使用)	0	\triangle	\triangle	0	0	\times	0	\bigcirc	0
	水溶性洗浄剤	界面活性	主剤系	クリンスルー750H,710M (花王)						0	0	0	1
	(ク゛リコール			ハ゜インアルファ ST-100S (荒川化学)						$\widehat{\langle}$	$\widehat{\varsigma}$	$\widehat{\varsigma}$	
Ŧ	エーテル系)			サンエレック B-12 (三洋化成)	\bigcirc	\bigcirc	\triangle	\triangle	\triangle	Á	Á	Á	\bigcirc
糸				SN-OX1830 \sim 3 ($\# \lor 17$ `ı)						\smile	\sim	\smile	
				DK ビークリア CW-5790 (第一工業製薬)									
		アルカリケンイ	上系	アクアクリーナ 210SEP (三栄化学)	\bigcirc	0	\triangle	\triangle	\triangle	0	\bigcirc	0	0
	準 水 系	炭化	天然系	EC-7R (日本アルファメタルス)	\bigcirc	0	0	\triangle	\triangle	0	\triangle	0	0
洃	(水すすぎ)	水素糸	石油系	テクノクリーナ 335 (生和産業)			_						0
俗				コールト ゙クリーナ P3-375 (ヘンケル白水)	\triangle	0	\bigcirc	\triangle	\triangle	0	\triangle	\triangle	0
		炭化水素	素系	テクノクリーナ 219 (生和産業)					0				
剤		(石油羌	()	コールト、クリーナ P3-225 (ヘンケル自水)	\bigtriangleup	\bigcirc	\bigcirc	\triangle	\bigcirc	\bigcirc	\triangle	\bigtriangleup	\bigcirc
7.14				アクサレル 32 (三井 DFC)		_							
	フロン	アルコー	ール糸		\triangle	\bigcirc	\triangle	\bigcirc	0	\triangle	\triangle	\bigcirc	0
系	(CFC-113)	2.11	-7:		^	\cap	^	^	^		_		
		シリヨン	/糸	<i>TULAT</i> (東乙)	\triangle	\bigcirc	\triangle	\triangle	\triangle	\bigcirc	\triangle	\triangle	\bigcirc
		HCFC		ノザビクリーン AK-225,225AES(旭伸子)	\bigtriangleup	\cup	\cup	\cup	\bigcirc	\square	\cup	\triangle	\triangle
*					^					\sim		\triangle	X
参业	$7 H \rightarrow (OE)$	7-119)		ノレオン〇〇〇 (二开 DFC) ガノココン(A A A (b) (かいが))	\square	\cup	\cup	\cup	\bigcirc	\cup	\cup	\bigtriangleup	×
写		J-119)		ダイ ノロンムム(ダ 1キジ上業)							I		

表 8.2-1 主なフロン代替洗浄剤とその特徴 (○:優れている △:やや問題あり ×:問題あり)

- ① 水 イオン性残渣を洗うという点では理想的で、かつ電子部品へのダメージも水自体としてはない。一方、従来のロジン系フラックスは使えず水溶性フラックスを用いる必要があり、高信頼性タイプのフラックスを開発・採用しないと残渣は吸湿性があるだけに危険になる。場合によっては部品内部に侵入して腐食やイオンマイグレーションの要因となる。また、水の表面張力は大きいため、チップ部品裏面等の局所部の十分な洗浄のためには、洗浄工法(ジェットスプレー等)の検討も重要である。
- ② 水溶性洗浄剤 界面活性剤と水を主成分として、必要により高沸点溶剤(多価アルコー ル等)やアルカリケン化剤を加えたものが各種市販されている。洗浄力という点では優れ ているようだが、水すすぎを必要とし、すすぎや乾燥が不十分だと洗浄剤自体の残渣が残 ることになりフロンに比べ消滅しにくく、吸湿性がある場合は問題となる。洗浄剤の成分 を見るとすぐわかることだが、樹脂材料等(ウレタン、スチレン、アクリル、塩ビ等)へ の影響は大きいものがあり、一部の電子部品にはダメージを与える。又、洗浄剤によりロ ジンとの反応生成物が残ることもある。
- ③ 炭化水素系洗浄剤.界面活性剤と石油系溶剤又は dーリモネンという天然物質を加えたもの が各種市販されている。すすぎを水で行う準水系タイプと IPA 等で行うタイプがあるが、 どちらにしても引火性を有しているので、洗浄装置側での配慮が必要である。電子部品へ の影響という点では水溶性溶剤とほぼおなじだが、やや影響の少ないものが多いようであ る。
- ④ アルコール洗浄剤. IPA は従来から一部で用いられてきているが、洗浄力はやや劣り、又フラ ックスもフロン対応の従来のものをそのまま用いると問題となるケースが多いようである。
 電子部品へのダメージという点では水と同様にあまり問題とならない。
- ⑤シリコン系洗浄剤.現状では一社しか市販されていない。実際には低分子シリコンにかなりの多価アルコール類を混合しているようだが、電子部品へのダメージ度合は水溶性洗浄剤とアルコール洗浄剤の中間程度である。
- ⑥ HCFC いわゆる代替フロンとして開発されたが、オゾン破壊係数が 0 でないことから、2020年には全廃(1995年12月時点)が決められている。したがって、当面の間の使用は可能であるが、環境問題の観点から、基本的には使用を避けるべきである。
- 3. 参考文献

平成5年度 フロン対策実装基板洗浄性の研究、2-3-1

技術データ9 フロン代替洗浄剤の部品裏面洗浄性の検討

目 次

1.	はじめに	9-2
2.	評価対象フロン代替洗浄剤	9-2
3.	評価方法	9-2
4.	結果	9-3
4.1	各種洗浄剤及び洗浄方法による清浄度比較結果	9-3
4.2	洗浄残渣による絶縁信頼性への影響について	9-4
5.	まとめ	9-4
6.	参考文献	9-6

図表目次

図 9.3-1	評価方法及び評価フロー		9-2
図 9.4-1	洗浄後のオメガメータ測定	值	9-3
図 9.4-2	洗浄後のイオンクロマト測	定值	9-3
図 9.4-3	浸漬洗浄後の部品裏面写真	(クリンスルー750H)	9-4
図 9.4-4	浸漬洗浄後の部品裏面写真	(EC-7R)	9-4
図 9.4-5	浸漬洗浄後の部品裏面写真	(テクノクリーナ 219)	9-4
図 9.4-6	浸漬洗浄後の部品裏面写真	(IPA)	9-4
図 9.5-1	イオンマイグレーション発	生数	9-6
図 9.5-2	洗浄後の無機陰イオン量…		9-6

表 9.2-1	評価対象洗浄剤	9-2
表 9.5-1	フロン代替洗浄剤と部品裏面洗浄性検討結果まとめ	9-5

1. はじめに

フロン規制により各種代替フロン洗浄剤が使用されてきているが、狭ピッチリード間及び部品 裏面等の洗浄性については劣る場合がある。一方、これらの表面実装特有の狭ピッチリード間及 び部品裏面等の洗浄性についてはその清浄度評価方法は明らかになっていない。本資料は、各種 洗浄剤及び洗浄方法について実装基板及び部品裏面の清浄度の比較評価及び絶信頼性評価を行い、 その洗浄性の比較及び清浄度評価方法について明らかにする。

2. 評価対象フロン代替洗浄剤

表 9.2-1 評価対象洗浄剤に示すように、一般に使用されているフロン代替洗浄剤 4 系統 6 種類について評価した。

また、洗浄方法としては、浸漬、超音波、シャワー、ブラシの4方法について検討した。

	分	類	記号	洗净剤名
水	グリコールコ	ニーテル系	A	パインアルファST-100S
系	(高濃度界面	面活性剤系)	B	クリンスルー750H
	······································		C	DKピークリアCW-5790
溶	準水系	天然系	D	E C – 7 R
剤	非準水系	石油系	E	テクノクリーナ219
系		アルコール系	F	ΙΡΑ

表 9.2-1 評価対象洗浄剤

3. 評価方法

Г

評価方法及び評価フローを図 9.3-1 に示す。

試験片の作成	・基 板 : ガラスエポキシ基板(24mmx54mm, t=15mm)
1	・部 品 :角チップ抵抗 (RMR15)
	 クリームはんだ : RAグレード (Br系)
	(フラックス薄類)
	, 基版1故の部品数, n = 10
} ∀ '	
<u>洗</u> 净	・洗 浄 剤 :表9-1参照
	・洗 浄 方 法 :浸漬洗浄
	超音波洗净1617/1、47kHz
	シャワー洗浄…1 18×10 ⁵ Pa{1 2kg/cm ² } 30cm H
	ブラン法法ブランビアス
	・沈伊宋仟(固正):沈伊時間5分、すずぎ3分、乾燥110℃、30分
_清净度評価 ├-	・オメガメータ測定
	・イオンクロマト (ハロゲンBr)
	•光学籍卷辞相名
L	
	・イオンクロマト(ハロゲンBr) ・光学顕後鏡観察

図 9.3-1 評価方法及び評価フロー

- 4. 結果
- 4.1 各種洗浄剤及び洗浄方法による清浄度比較結果

実装基板全体及び部品裏面の清浄度評価としてオメガメータ測定及びイオンクロマト測定を行った結果を図 9.4-1 及び図 9.4-2 に示す。また、浸漬洗浄での各種洗浄剤による洗浄後の部品裏面の光学顕微鏡写真を図 9.4-3~図 9.4-6 に示す。



上記の結果より次のことが言える。

- ① 洗浄剤の比較では、グリコールエーテル系の洗浄剤が最も洗浄性が優れているが、 IPA は洗浄性がよくない。
- ② 洗浄方法の比較では超音波洗浄が最も洗浄性が優れており、部品裏面の洗浄性よい。 次にシャワー洗浄が優れている。
- ③ グリコールエーテル系のように洗浄性の優れた洗浄剤では、比較的洗浄性のよくない。 浸漬洗浄でも十分洗浄されている。
- ④ 実装基板全体のオメガメータ測定による清浄度と局所的に残渣する部品裏面のイオンクロマト測定による清浄度は極めて相関があり、洗浄剤や洗浄方法の違いによる特異性は見られない。



図 9.4-3 浸漬洗浄後の部品裏面写真 (クリンスルー750H)



図 9.4-5 浸漬洗浄後の部品裏面写真 (テクノクリーナ 219)



図 9.4-4 浸漬洗浄後の部品裏面写真 (EC-7R)



図 9.4-6 浸漬洗浄後の部品裏面写真 (IPA)

4.2 洗浄残渣による絶縁信頼性への影響について

1.0mm×0.5mm サイズのチップ形固定抵抗器(抵抗値 1MΩ)の部品裏面での洗浄残渣による 絶縁信頼性への影響について 60°C、90%RH、200VDC の耐湿試験を行った。結果を図 9.4-2 に 示すが、3,000 時間において洗浄残渣の比較的多い無洗浄、IPA 洗浄、EC-7R で部品裏面でのマ イグレーションが確認され、比較的洗浄残渣の少ないクリンスルー750H では認められず、洗浄 残渣による絶縁信頼性への影響が明らかになった。

5. まとめ

技術データ7にフロン代替洗浄剤の主な特徴を示しているが、ここではフロン代替洗浄剤と部 品裏面洗浄性について、各種洗浄剤及び洗浄方法での検討結果についてまとめる。

区分	洗浄剤/洗浄方法	洗浄力	コメント	注意点	写 真
	(1)水系/グリコール		・評価したすべての	・水すすぎである	
	エーテル系		洗浄剤の中で一番	が、洗浄力が強い	
	①パインアルファ		裏面洗浄力が優れ	ため、すすぎ不十	
	ST-100S	\bigcirc	ている。	分での洗浄剤自	図 9.4-3
	②クリンスルー750H		(特にクリンスルー)	身による腐食の	
	③DK ビークリア			可能性がある。	
	CW-5790				
各	(2)準水系/天然系		・洗浄方法によって	・水と置換しにく	
	①EC-7R		裏面の清浄度が大	いため浸漬洗浄	
種			きく異なる。	等の物理的に洗	
			,	浄しない方法に	
洗		\wedge		対しては不利で	図 9.4-4
				ある。	
浄				・イオン性残渣に	
				対して洗浄性が	
剤				トくたい	
	(3) 非淮水系/石油系		 ・ 部品車面清海性け 	・水すすぎを行わ	
比	()テクノクリーナ		自起で樹脂分に対	たいために イオ	
	210	\wedge	民気で、個加力に対	い此建法を溶解	2 0 4-5
較	213		り 3 俗所住が 優れ ている レ 去 う ら わ	ノビス祖を俗件	凶 9.4 0
			ているこうんりれ		
	(1)北淮水区 /		る。	・即訪歴のため	
	(4)升华小示/		・仉伊刀伝にかれ	・印印印印の IDA 白色が建切	
		\sim	りり表面に刈りる	IFA日夕か残留 ナステレけない	
	UIPA	~	流行性かよくない 	りつことはない ぶ 沈海地はトイ	凶 9.4-6
				か、沈伊性はよく	
				ない。	
	い没須沈伊		・物理的な力かない	・ 沈伊性のよい 洗	
		×	にめか沈伊性かよ	伊創との組合せ の明へ ※# ※ ※ ※	
洗			< 1210°	の場合、洗浄かり	
浄	(2)超首波洗浄		・部品表面を含めて	 ・ 部品への影響が 	
		\bigcirc	一番洗浄性がよい	大きい。(宇宙用	
方		<u> </u>		では原則として	
				禁止されてる。)	
法	(3)シャワー洗浄		・洗浄剤の違いによ	・洗浄条件(角度	
		\bigtriangleup	るばらつきが小さ	強さ、時間)によ	
比			lv₀	る影響が大きい	
ا مل	(4)ブラシ洗浄		・洗浄剤にかかわら	・基板表面の洗浄	
較		$\mathbf{\vee}$	ず洗浄性がよくな	のため部品裏面	
		^	い。	の洗浄性がよく	
				ない。	

表 9.5-1 フロン代替洗浄剤と部品裏面洗浄性検討結果まとめ





6. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)

技術データ10 端子めっき組成の熱疲労性への影響検討

目 次

1.	はじめに	10-2
2.	供試体の作成	10-2
3.	試験条件・評価項目	10-2
4.	結果	10-2
4.1	外観観察及び電気検査による端子めっき組成の熱疲労性への影響検討	10-2
4.2	部品端子/はんだ界面接合状態の検討	10-4
5.	まとめ	10-5
6.	参考文献	10-5

図表目次

図 10.4-1	外観観察及び電気検査による端子めっき組成の熱疲労性への影響検討結果	10-3
図 10.4-2	部品端子/はんだ界面の XMA マイクロアナライザによる接合状態分析結果	10-4
表 10.3-1	供試体サンプル	10-2
表 10.3-2	評価方法・条件・測定項目	10-2

表 10.4-1 外観観察及び電気検査による電極めっき組成の熱疲労性への影響検討結果....... 10-3

1. はじめに

部品のはんだ付性を向上させるための表面処理材料として、主にはんだを中心としためっきが 用いられるが、角形チップ固定抵抗器のように、熱応力歪によるはんだクラックは主に、この端 子表面/はんだ界面近傍のはんだ内部より発生し、進展することがわかっている。本資料では、 はんだめっきにおけるめっき組成のはんだ接合部の熱疲労性への影響について検討したものであ る。

供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作 成 した。

供試体サンプルの種類を表 10.3-1 に示す。

試験条件·評価項目

供試体に表 10.3-2 に示す試験及び評価を行い、端子めっき組成の熱疲労性への影響検討を行った。

表 10.3-1 供試体サンプル

	項	目	種	類
	SM	D	角形チップ	固定抵抗器
1	よう	き組	(RMR15)	
	よりし		63Sn-37Pb	
	лл,		90Sn-10Pb	
2	基材	扳	ガラスエポキシ	/基板
3	はん	だ	63Sn-37Pb(共	に 晶)
			95.535Sn-3.46	5Ag-1Cu

表 10.3-2 評価方法・条件・測定項目

項目	条	件
試験項目	熱衝撃試験(気	相)
	-55℃(30 分)·	\Leftrightarrow
	+12	5℃(30分)
測定項目	① 外観観察固莉	 皆力
	② 電気特性	
	③ DPA(XMA	.線分析)

※ 部品端子については、内部より Ag 厚膜電極、 Ni めっきの後、はんだめっきによる外部端子 の形成を行っている。

4. 結果

4.1 外観観察及び電気検査による端子めっき組成の熱疲労性への影響検討

外観観察及び電気検査による端子めっき組成の熱疲労性への影響検討結果について、表 10.4-1 及び図 10.4-1 に示す。

はんだ材料	部品端子	外観検査	電気	検 査
	めっき組成	特性寿命(η)	限界寿命	特性寿命(η)
① 63Sn-37Pb(共晶)	① 63Sn-37Pb	1250	5000	8430
	② 90Sn-10Pb	1260	2000	8230
2	① 63Sn-37Pb	1880	5000	14100
95.535Sn-3.465Ag-1Cu				
	2 90Sn-10Pb	2060	2000	15300

表 10.4-1 外観観察及び電気検査による電極めっき組成の熱疲労性への影響検討結果

※ 各種寿命値は表 2.4-1 参照。



図 10.4-1 外観観察及び電気検査による端子めっき組成の熱疲労性への影響検討結果

この結果から、次の事が言える。

- ① 外観検査での特性寿命及び電気検査での特性寿命のように統計解析においては、部品端子の めっき組成による明確な差は見られないが、電気検査での限界寿命ではめっき組成が 90Sn-10Pbの方が 63Sn-37Pbよりも早く破断に至る傾向がある。
- ② 外観検査及び電気検査での統計解析において、本技術データ4.2項の部品端子/はんだ界面のXMA(X線マクロアナライザ)による分析でも明らかなように、部品端子/はんだ界面の接合状況は、部品端子めっき組成による明らかな差は見られないように、部品端子のめっき組成のはんだ熱疲労性への影響はほとんどないと考えられる。
- ③ 一方、電気検査での限界寿命ではめっき組成が90Sn-10Pbの方が63Sn-37Pbよりも早く破断に至る傾向が見られたのは、90Sn-10Pbの方が融点が高いために、一部の供試体においてはんだ付時に、十分濡れない(融解しない)ために十分なはんだ接合ができず、早く破断するものが見られたと考えられる。

4.2 部品端子/はんだ界面接合状態の検討

(部品端子/はんだ界面の XMA マイクロアナライザによる分析)

部品端子/はんだ界面のXMAマイクロアナライザによる接合状態分析結果を、図 10.4-2 に示す。



図 10.4-2 部品端子/はんだ界面の XMA マイクロアナライザによる接合状態分析結果

この結果から、次の事が言える。

- 部品端子/はんだ界面に Ni と Sn (はんだめっきまたはソルダペーストによる Ni 3 Sn の金 属間化合物の形成が見られ、はんだめっき組成に Pb の組成比が、90Sn-10Pb の場合は比較 的厚く 3 µ m 程度で、63Sn-37Pb の場合は 1~2 µ m 程度である。
- ② しかし、実際のはんだクラックが発生するはんだ内部での Sn と Pb の分布状況については明確な差は見られず、電極めっき組成のはんだ熱疲労性への影響は小さいと考えられる。

5. まとめ

部品端子の表面処理材料については、はんだ付性を向上させるためにはんだめっきがよく、その組成については、はんだ熱疲労性、はんだ付性を考慮する必要があり、原則として次に示すは んだめっきを行う必要がある。

① めっき組成 Sn50%~Sn90% (残りは Pb)

- ②厚 さ.....5µm以上
- ③ ただし、Ag 系焼付端子の部品の場合は、はんだめっきを直接せず、Ag の溶食防止のために Ni めっきを 3 µ m 以上した上で行う必要がある。
- 6. 参考文献

平成4年度 共通部品の開発(4-17)高密度実装技術の確立(その3)2-5-6 平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)4-1-3
技術データ 11 はんだ供給とはんだフィレット形状の検討

目 次

1.	はじめに11-2
2.	評価方法11-2
2.1	供試体の作成11-2
2.2	検討要因11-2
2.3	評価項目11-5
3.	結果11-5
4.	まとめ
5.	参考文献11-8

図表目次

図 11.2-1	各表面実装型部品の検討要因	11-3
図 11.3-1	検討結果	11-7

表 11.2-1	対象表面実装型部品及び実装基板	11-2
表 11.2-2	各表面実装型部品の検討要因	11-4
表 11.2-3	各表面実装型部品の評価項目	11-5
表 11.3-1	検討結果	11-6

1. はじめに

宇宙用電子機器において、はんだフィレット形状の熱疲労寿命への影響は大きく、特にリフロ ー工法でのはんだ供給法(主にメタルマスク印刷法)とはんだフィレット形状については密接な 関係があり、はんだ付フィレット形状を検討する上ではんだ供給法の検討を行うことが重要であ る。本資料では、はんだ供給とはんだ付フィレットの検討について、メタルマスク印刷法による 各種要因について検討を行ったものである。

2. 評価方法

2.1 供試体の作成

供試体の作成はソルダペーストをメタルマスク印刷法で基板の塗布し、部品を装着し、全体加熱法(エアリフロー法)及び局所加熱法(光ビーム法)にて加熱して行った。供試体サンプルの 種類を表 11.2-1 に示す。

衣 11.2 ⁻¹ 利家衣面天表空印印及UF表差似							
項	目	種					
1	S M D (L×W×T)	セラミックパッケージ形 QFP(43.2mm×43.2mm×4.6mm) 角形チップ固定抵抗器 (2.0mm×1.27mm×0.5mm) チップ形ネットワーク抵抗器 (10.16mm×4.5mm× 0.635mm)					
2	基 板	ガラスエポキシ基板					
3	はんだ	Sn-Pb 共晶 Sn-Pb 共晶(30 µ mAg メタルボール入り) Sn-Pb 共晶(50 µ mAg メタルボール入り)					

表 11.2-1 対象表面実装型部品及び実装基板

※ 今回対象のソルダペーストはフラックス含有量は9.5wt%のものを使用した。

2.2 検討要因

各表面実装型部品の検討要因について、図 11.2-1 及び表 11.2-2 に示す。



図 11.2-1 各表面実装型部品の検討要因

S M D	検討要因及び水準	選 定 理 由
セラミック	(a)突き出し寸法:	突き出し寸法は、熱疲労寿命への影響は小
パッケージ QFP	0.5mm	さいことが確認されているため、EIAJ 規格
		による最低必要寸法 0.5mm とした
	(b)後方突き出し寸法:	後方突き出し寸法は、EIAJ 規格による最低
	0.0mm、0.5mm、1.0mm	必要寸法 0.5mm を標準とし、その前後の
		0.0mm、1.0mmの計3条件とした。
	(c)マスク厚:	マスク厚(はんだ印刷量)は、上記条件で
	250μ m	十分フィレットが形成されるはんだ量を計
		算し、250µmとした。
	(d)Ag メタルボール	通常 10~30 µ m 程度であるが、50 µ m 程
	入りはんだ:	度以上ではその効果があるといわれてお
	$10\sim 30\mu$ m,	り、それを強制的に制御するために Ag メ
	30μ m 50μ m	タルボール入りはんだでの検討を行った。
		メタルボールの大きさについては、30 μ
		mAg メタルボールと 50μmAg メタルボー
		ルとした。
	(f)接着剤塗布	仮固定接着剤によるスタンドオフへの影響
		について検討した。
角形チップ	(a)突き出し寸法:	突き出し寸法は、メタルマスク開口形状基
固定抵抗器(RMR15)	0.2mm、0.6mm、1.0mm	板ランド形状により、精密制御が可能。
		RMR15 タイプのチップ抵抗器の標準寸法
		は、0.4mm~0.8mmの範囲で使用されてい
		るが、今回は、高密度実装を想定して、
		0.2mm(一般民生での最小寸法)、0.6mm
		(標準寸法)、1.0mm(NASDA 認定部品
		RMR15 でのフンド寸法仕様)の3 水準と
	(b)マスク厚:	フィレット形状制御では、最も有功な方法
	100μ m, 130μ m,	の1つであり、その要因の影響について、
	150μ m, 180μ m,	左記6水準とした。
-1 →°π/	210μ m, 250μ m	
ナッフ形	(a)突き出し寸法:	笑き出し寸法は、NASDA 認定部品でのフ
イツトワーク抵抗器	0.5mm 4.)明中存在	ントリ法任様のU.5mm とした。
	(6)開日往:	回型端于のため熱波ガ寿命に対し、はんた 見たタイナスツ亜ジナスため。 即回探たこ
	77ト 引法に対し 1.0 倍	重を多くする必要がめるにの、開口住をフ
	// トに刈し 1.1 倍(面積)	✓ Γ リ 伝に 刈 し、 1.0 倍、 1.1 倍、 1.2 倍と ↓ た
	して 1.21 倍/ いじた計し 10 位(素種	
	$// \ ()$ () 1.2 倍())	
	して 1.44 倍ノ (J) ママク原・	コフカ原(け) お印刷目) け 「ヨタルー
	(a)マ <i>ヘ</i> ク厚:	マハノ岸(はんに印刷重)は、上記余件で
	250μ m, 400μ m	十万ノイレットか形成されるはんた重につ
		いて 傾討する ため、 左記条件とした。

表 11.2-2 各表面実装型部品の検討要因

2.3 評価項目

各表面実装型部品の評価項目について、図 11.2-1 及び表 11.2-3 に示す。

項目	具体的内容
測定項目	① DPA(断面観察によるフィレット形状の確認)
評価項目	 (x) フィレット高さ(部品高さに対して) (y) フィレット形状(凹形、凸形、直線) (z) スタンドオフ高さ

表 11.2-3 各表面実装型部品の評価項目

3. 結果

検討結果について、図 11.3-1 及び表 11.3-1 に示す。

				→		
		効	果 因	f		
S M D	検討要因	(x)フィレッ	(y)フィレッ	(z)スタント゛	最適水準	考察
		卜高さ	卜形状	わ高さ		
セラミック	(b)後方突き	\triangle	0	\triangle	0.5mm	信頼性、実装バラツ
パッケージ	出し寸法					キを考慮して、
QFP						0.5mm が最適水準と
Q+ +						なる。
	(e)Ag メタルホ ール	\triangle	\bigtriangleup	0	50μ m	50μm メタルボール
	入り				メタルホ゛ール	により、通常の 1.5
	はんだ					倍以上のスタンドオ
						フ高さが確保でき
						る。
	(f)接着剤	\bigtriangleup	\bigtriangleup	0	有	塗布方法にもよる
	塗布					が、通常の 1.5 倍以上
						のスタンドオフ高さ
						が確保できる。
角形チップ	(a)突き出し	\bigtriangleup	\odot	\bigtriangleup	0.6mm	フィレット形状につ
固定抵抗器	寸法					いては、開口径はん
(RMR15)						だ量により影響され
						るが、フィレットバ
						フツキが吸収でき、
						信頼性の局い 0.6mm
				^	1 20	か最適水準となる。
	(d)マスク	0	\odot	\bigtriangleup	$150 \sim$	マスク厚とフィレッ
					200μ m	ト形状については、
						極めて相関かめり、 空 キ 山 レ → 辻 が
						矢 さ 田 し 小 伝 か 0.Cu u の担へ見 済水
						0.6mm の場合取週八 進は150。200 mm よ
						準は150~200μmと わる
	$(a) \Lambda \alpha J h \psi$	^	^	\cap	50	なる。 50 mm メタルボール
	(e)Ag >>>	\bigtriangleup	\bigtriangleup	0	$\frac{1}{\mu}$ μ μ	50µm メタルホール
	ホール入り				メタルホ ール	により、通用の工作
	はんだ					以上のハウントスフ 直さが確保できる
チップ形	(∂開口径	\cap	0	\cap	シレビオ	同じが確保ている。
ラントローク	(1)而口住	\cup	0	\cup		レット形状について
イソトシーク					し 1.9.位	け極めて相関があ
抵抗奋					1.2 倍	り、マスク厚 400 // m
						の場合。ラ
						ンドに対して 1.2 倍
						が最適水準となる。
	(d)マスク厚	0	\bigcirc	0	400 μ m	フィレット形状につ
		0	0	0		いては極めて相関が
						あり、400μm 最適水
						準となる。
	(e)Ag メタル	\triangle	\triangle	0	50μ m	50μm メタルボール
	ボール入り				メタルホ゛ール	により、通常の 2 倍
	はんだ					以上のスタンドオフ
						高さが確保できる。
	(f)接着剤	\triangle	\triangle	0	有	塗布方法にもよる
	塗布					が、通常の 3 倍以の
						スタンドオフ高さが
						確保できる

表 11.3-1 検討結果

※ ◎:効果大、〇:効果あり、△:効果小



セラミックパッケージ形 QFP ((b)突き出し寸法の影響)

角形チップ固定抵抗器(RMR15) ((a)突き出し寸法の影響、はんだ量 180 µ m の場合)



角形チップ固定抵抗器(RMR15)((d)マスク厚の影響、突き出し寸法 0.6mmの場合)



図 11.3-1 検討結果



角形チップ固定抵抗器(RMR15) ((e)Agメタルボール入りはんだの影響)

チップ形ネットワーク抵抗器((c)開口径、(d)マスク厚の影響)



図 11.3-1 検討結果(続き)

4. まとめ

メタルマスク印刷法でのはんだ供給とフィレットの検討を行い、フィレットを形成する上で重要となる要因を明らかにし、特にセラミックパッケージ形 QFP では、後方突き出し寸法によるヒールフィレット形状の確保、角形チップ固定抵抗器では、マスク厚等によるフィレット形状の確保、チップ形ネットワーク抵抗器では、開口径、マスク厚によるフィレット形状の確保が有効であり、これらを参考に、はんだ付工程でのはんだ供給量について決定する必要がある。

5. 参考文献

平成4年度 共通部品の開発(4-17)高密度実装技術の確立(その3)2-3 平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)4-1

技術データ12 繰り返しリフローによるはんだ接合部信頼性検討

	目、次	
1.	はじめに	12-2
2.	供試体の作成	12-2
3.	試験条件・評価項目	12-2
4.	結果	12-2
4.1	繰り返しリフロー回数による影響検討	12-2
4.2	セラミック基板の厚膜組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討	12-4
5.	まとめ	12-6
6.	参考文献	12-6

図表目次

図 12.4-1	繰り返しリフロー回数による影響検討12-3
⊠ 12.4-2	繰り返しリフロー回数によるはんだ接合部 SEM 像(ガラスエポキシ基板の場合)
図 12.4-3	セラミック基板の厚膜電極組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討12-5
表 12.3-1	供試体と繰り返しリフロー条件12-2
表 12.3-2	評価方法・条件測定項目12-2
表 12.4-1	繰り返しリフロー回数による影響検討12-3

表 12.4-2 セラミック基板の厚膜電極組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討... 12-5

1. はじめに

宇宙用電子機器の実装工法において、リフロー工法では基板の両面への部品実装等を目的とした2回以上のリフローを行う、いわゆる繰り返しリフロー工法による、はんだ接合部、部品、基板等への影響が問題となる。本資料は、繰り返しリフローによるはんだ接合部の熱疲労寿命への影響について検討したものである。

4. 供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作成 した。さらに、繰り返しリフローによるはんだ接合部への影響について検討するため、所定回数 供試体をリフロー炉に通した。供試体サンプルの種類を表 12.3-1 に示す。

試験条件·評価項目

供試体に表 12.3-2 に示す試験及び評価を行い、繰り返しリフローによるはんだ接合部信頼性の検討を行った。

表 12.3-1	供試体と繰り返し	リフロー条件
JA 10.0 I		

種類·条件 項目 角形チップ固定抵抗器(RMR15) 1 SM① ガラスエポキシ基板 $\mathbf{2}$ 基 板 ② セラミック基板 (パターン組成:Ag,Ag-Pd,Ag-Pt) ① Sn-Pb 共晶 はんだ ② Sn-Ag 系 3 1回、2回、3回 4 リフロー回数

表 12.3-2 評価方法・条件測定項目

項目	条件
試験項目	熱衝撃試験(気相) ① -30℃(30分) ⇔+100℃(30分) ② -55℃(30分) ⇔+125℃(30分)
測定項目	 小観観察 電気特性 DPA

4. 結果

4.1 繰り返しリフロー回数による影響検討

繰り返しリフロー回数による影響検討について、表 12.4-1、図 12.4-1 及び図 12.4-2 に示す。

				外観検査	電気	〔 検 査
はんだ材料	基板材質	試験条件	リフロー回数	特性寿命 (η)	限界寿命	特性寿命(η)
Sn-Pb	1	①-30℃(30分)	1回	1900	9000	12500
共晶	カ゛ラスエホ゜キシ	\Leftrightarrow	2 回	1950	7000	14100
	基板	+100°C(30分)	3 回	2150	7000	16700
	2 ヤラミック	②-55℃(30分) ⇔	1回	790	9000	
	基板	+125°C(30分)	3 回	670	5000	55500

表 12.4-1 繰り返しリフロー回数による影響検討

※ セラミック基板のパターン組成は Ag のデータを示している。

※ 各種寿命値は表 2.4-1 参照。



図 12.4-1 繰り返しリフロー回数による影響検討 (○:外観検査、特性寿命(η)、●:電気検査、限界寿命、▲:電気検査、特性寿命(η))



図 12.4-2 繰り返しリフロー回数によるはんだ接合部 SEM 像(ガラスエポキシ基板の場合)

この結果から、次の事が言える。

- ① 樹脂基板の場合、繰り返しリフロー回数による外観でのはんだクラック発生傾向については 3回程度まではワイブル解析の寿命値が延びる傾向を示し極端な信頼性の低下は見られない。 これは、はんだ組織の観察でも見られるようにα相(Pb相)の粗大化、基板間との金属間化 合物の成長等の金属学的な熱劣化はほとんど見られないためと考えられ、はんだ接合部に対 してはこの範囲の繰り返しリフローについては影響は少ないと考えられる。
- ② しかし、電気検査の限界寿命においては、繰り返しリフロー回数による寿命低下が見られる。 これは、はんだ接合部への影響というよりはむしろ部品自身の特性劣化のために、限界寿命 が早くなったと考えられ、繰り返しリフローについてははんだ接合部への影響より部品及び 基板のリフロー耐熱を考慮する必要がある。
- ③ セラミック基板の場合、さらに繰り返しリフロー回数による限界寿命低下は大きい。これは、 はんだ接合部の熱劣化というよりはむしろ厚膜の繰り返しリフローによる溶食、拡散等によ る極端な接合強度低下による破断によると考えられる。
- 4.2 セラミック基板の厚膜組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討

セラミック基板の厚膜組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討について、表 12.4-2 及び図 12.4-3 に示す。

はんだ材料	リフロ	試験条件	パターン材	外観検査	電気	検 査
	<u> </u>		質			
	回数		(セラミック基板)	特性寿命	限界寿命	特性寿命
				(η)		(η)
		② -55℃	Ag	670	5000	55500
① Sn-Pb 共晶	3回	(30分)	4 D 1	000	1000	0070
		\Leftrightarrow +125	Ag-Pd	820	1000	3850
		℃(30分)	Ag-Pt	740	1000	

表 12.4-2 セラミック基板の厚膜電極組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討

※ 各種寿命値は表 2.4-1 参照。



図 12.4-3 セラミック基板の厚膜電極組成の違いによる繰り返しリフローによる影響検討 (〇:外観検査、特性寿命(n)、 \oplus :電気検査、限界寿命、 \blacktriangle :電気検査、特性寿命(η))

この結果から、次の事が言える。

- ① セラミック基板の厚膜組成の違いによる繰り返しリフローによる影響について明確な差が見られた。これは、厚膜組成の違いによりセラミック基板との密着性、繰り返しリフローによる溶食、拡散等による極端な接合強度低下によるためと考えられる。
- ② 特に、厚膜組成の違いについては Ag が良く、これは厚膜焼成後の焼成状態と密接な関係が あり、緻密で空孔が少なく結晶粒の比較的大きな方がはんだ付時の溶食、拡散に対して有利 であるためである。

- 5. まとめ
- プリント配線板での繰り返しリフローについては、はんだ接合部の熱履歴による熱劣化の影響は小さいが、全体加熱法でもあるため繰り返し回数等による部品劣化、基板損傷等の影響について十分考慮する必要がある。
- ② セラミック基板については、熱履歴による厚膜電極の溶食、拡散により極端な接合強度低下で断線が発生するため、十分注意が必要である。
- ③ 上記の検討より、宇宙用高密度はんだ付において、リフローはんだ付は適正なリフロー条件 により行い、さらに基板の両面に各1回のはんだ付する場合を除いては、2回以上のリフローはんだ付を行わないことが必要である。また、その場合においても使用する部品又は基板の繰り返しはんだ耐熱性(セラミック基板の厚膜材料の問題含む)を十分考慮する必要がある。
- 6. 参考文献

平成4年度 共通部品の開発(4-17)高密度実装技術の確立(その3)4-2-1

技術データ13 局所加熱法の条件検討とはんだ接合部信頼性検討

次

目

1. 局所加熱法の条件検討(光ビームはんだ付の場合)......13-2 2. 光ビームはんだ付条件検討......13-2 2.1結果......13-2 2.2加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討......13-3 3. 供試体の作成......13-3 3.1 3.2試験条件・評価項目......13-3 結果......13-4 3.3 参考文献......13-5 4.

図表目次

図 13.2-1	光ビーム照射部温度の経時変化	13-2
図 13.2-2	光ビームはんだ付条件検討	13 - 3
⊠ 13.3-1	加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討結果	13 - 4
⊠ 13.3-2	加熱法の違いによるはんだ接合部 SEM 像	13-5
表 13.2-1	光ビームはんだ付検討条件	13 - 2
表 13.3-1	供試体サンプル	13 - 3
表 13.3-2	評価方法・条件測定項目	13 - 3
表 13.3-3	加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討結果	13 - 4

1. はじめに

宇宙用電子機器の実装工法において、手はんだ付、レーザはんだ付、光ビームはんだ付等があ り、局所加熱によるはんだ接合部への熱集中による基板、部品損傷及びはんだ接合部の熱劣化等 による信頼性低下が問題となる。本資料では、局所加熱法の条件検討の一例として光ビームはん だ付での条件検討と局所加熱法(光ビームはんだ付、手はんだ付)と全体加熱法の違いによるは んだ接合部信頼性検討したものである。

2. 局所加熱法の条件検討(光ビームはんだ付の場合)

2.1 光ビームはんだ付条件検討

光ビームはんだ付検討条件について、表 13.2-1 に示す。

			21	
		項	目	条件
\mathbf{S}	Μ	D		形チップ固定抵抗器(RMR15)
は	んだ材	栁		Sn-Pb 共晶
光	ビーム	*	照射電流(A)	30,40,50,55,60
条	伯	:	照射時間(秒)	~ 6

表 13.2-1 光ビームはんだ付検討条件

2.2 結果

光ビームはんだ付条件検討結果について図 13.2-1 及び図 13.2-2 に示すが、この図 13.2-2 の例 では照射電流 60A、4 秒以上でソルダペーストは十分溶融し、フィレットが形成されていること がわかる。また図 13.2-1 より、光ビーム照射部温度は約 350℃に達しており、この場合はんだ付 温度 350℃、はんだ付時間 3~4 秒程度必要と考えられる。



図 13.2-1 光ビーム照射部温度の経時変化

※ 測温箇所ははんだ付部全体であり、はんだ付部の照射部の平均温度を示している。

時間	照	射 電	流	(A)
(s)	50	55		60
4				
5	6			
6			B	

図 13.2-2 光ビームはんだ付条件検討

3. 加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討

3.1 供試体の作成

供試体サンプルの種類を表 13.3-1 に示すが、供試体は全体加熱法の場合は、エアリフローはんだ付を行い、局所加熱法の場合、手はんだ付と光ビームはんだ付を行った。

3.2 試験条件·評価項目

供試体に表 13.3-2 に示す試験及び評価を行い、加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討を 行った。

項目		種類・条件
1	S M D	角形チップ固定抵抗器(RMR15)
2	基 板	ガラスエポキシ基板
3	はんだ	Sn-Pb 共晶
4	加熱法·	全体加熱法:エアリフロー
	条件	局所加熱法:手はんだ付
		(こて先温度:350℃、はんだ
		付時間:1秒)
		局所加熱法:光ビームはんだ付
		(照射電流:55A、はんだ付時間
		:8 秒)

表 13.3-1 供試体サンプル

表 13.3-2 評価方法・条件測定項目

項目	条件
試験項目	熱衝撃試験(気相)
	-30℃(30 分)⇔+100℃
	(30 分)
測定項目	① 外観観察
	② 電気特性
	3 DPA

3.3 結果

加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討結果について、表 13.3-3、図 13.3-1 及び図 13.3-2 に示す。

			フィレット高さ	外観検査	電気	検 査
はんだ材料	試 験 条 件	加熱法	(部品高さ	特性寿命	限思考会	特性寿命
			に対して)	(η)	网尔对明	(η)
		エアルフロー	1	1570	5000	5000
	-30℃(30 分) ⇔+100℃	1))/1	1	1370	以上	以上
1) Sn-Dh #		光tǐ-ム	1	1570	5000	5000
山 SHTD 共 晶		はんだ付	1	1970	以上	以上
		モルノゼ	1	2220	5000	5000
		子はんた	1	2280	以上	以上
		Γ.T.	1/2	1830	2000	5670

表 13.3-3 加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討結果

※ 各種寿命値は図 13.3-1 参照



図 13.3-1 加熱法の違いによるはんだ接合部信頼性検討結果 (○:外観検査、特性寿命(η)、●:電気検査、限界寿命)



図 13.3-2 加熱法の違いによるはんだ接合部 SEM 像

この結果から、次の事が言える。

- ① 加熱法の違いによるはんだ接合部への影響については、寿命評価においては明確な差は見られず、フィレット高さが低い等のフィレット形状の影響による寿命低下の影響の方が大きい。 また、SEM像に見られるように熱履歴による金属組織の違い(金属間化合物の厚み成長、はんだ組織の大きさ)については明確な差は見られない。
- ② 上記検討結果より、宇宙用高密度はんだ付において、局所加熱法を採用するのは問題ないが、 部品の熱損傷、はんだ付品質又ははんだ接合部の信頼性については確認を行い、題がないこ とを実証した上で採用するのが望ましい。

4. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)2-3-1

技術データ14 部品・材料に関する耐洗浄性の検討

		目		次		
1.	はじめに		•••••		 	
2.	部品・材料に影響を及ぼす洗浄剤		•••••		 	
3.	参考文献		••••	•••••	 	 14-3
		図表	目	次		

図 14.2-1	SP 値の近い洗浄剤と被洗浄物	.14	-2	2
----------	-----------------	-----	----	---

1. はじめに

フロン規制に伴う各種代替フロン洗浄剤については、技術データ9でも示す通りだが、従来の フロンと同様に、中には洗浄対象物である電子部品・材料を劣化させるものがあり、注意が必要 である。

2. 部品・材料に影響を及ぼす洗浄剤

洗浄剤残渣の影響については技術データ9に概要を示す通りだが、基本的には下記に示す溶解 性パラメーター(SP値)の近い洗浄剤と材料の組合せがダメージが大きいことになる。下記に SP値に関する主な関係を示す。





図 14.2-1 SP 値の近い洗浄剤と被洗浄物

3. 参考文献

プラスチックのコーティング技術便覧 (株)産業技術サービスセンター編 (P97~p138) 洗浄剤メーカー等のカタログ

技術データ15 基板清浄度評価方法の検討

目 次

1.	はじめに1	5-2
2.	評価内容1	5-2
3.	評価方法1	5-2
4.	結果1	5-3
4.1	各種洗浄剤によるオメガメータ測定及びイオンクロマト測定の比較1	5-3
4.2	フラックス残渣の違い(ハロゲン含有量、樹脂量)によるオメガメータ測定及び イオン ロマト測定の比較1	ィク 5-3
4.3	オメガメータ測定とイオンクロマト測定の相関性の検討1	5-4
5.	考察1	5-5
6.	参考文献1	5-5

図表目次

図 15.3-1	イオンクロマトでの測定手順	15-2
⊠ 15.4-1	EC-7R洗浄後のオメガメータ測定と イオンクロマト測定の比較	15-3
図 15.4-2	EC-7R 浸漬洗浄後の 部品裏面写真	15-3
図 15.4-3	EC-7R 超音波洗浄後の部品裏面写真	15-3
図 15.4-4	フラックスのハロゲン量と清浄度の比較	15-4
図 15.4-5	フラックスの樹脂量と清浄度の比較	15-4
⊠ 15.4-6	オメガメータ測定とイオンクロマト測定の相関	15-4
表 15.3-1	対象基板、部品、フラックス	15-2

		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·		
表 15.5-1	オメガメータ測定及ひ	バイオンクロマト	測定の比較結果	 5

1. はじめに

実装基板の清浄度の評価としては、基板全体から抽出されるイオン性残渣の電気伝導度を測定 するオメガメータ測定が NASDA-STD-3 に規定されているが、実装基板全体の評価方法であり 部品裏面等の局部残渣についての相関については明確ではないため、本資料は清浄度評価方法の 検討として実装基板全体の評価方法であるオメガメータ測定と局所部の残渣の評価としてのイオ ンクロマト測定の比較を行い、その相関性について検討した。

2.評価内容

評価内容としては局所部残渣の評価としてオメガメータ測定とイオンクロマト測定の比較評価 を行った。具体的な内容を下記に示す。

- ① 各種洗浄剤によるオメガメータ測定及びイオンクロマト測定の比較
- ② フラックス残渣の違い(ハロゲン含有量、樹脂量)によるオメガメータ測定及びイオンクロ マト測定の比較
- ③ オメガメータ測定とイオンクロマト測定の相関性の検討
- 評価方法 3.

評価方法の概要を表 15.3-1 及び図 15.3-1 に示す。

表 15.3-1	対象基板、部品、フラックス	 洗浄後実装基板より、部品を基板より
項目	種類、条件	取り外す。
基	ガラスエポキシ基板	↓ ↓
板	(「「」 19.4 cm ²) 角 形 チ ッ プ 固 定 抵 抗 器	② 基板の測定箇所に純水を 30ml 滴下し、
部	(RMR15)	外した部品と基板の測定箇所を 30 回程度
	ロジン系、Br系ハロゲン	擦り
フラック		合わせる。
ス		↓
		③ 5 分間放置後、抽出液を回収し純水を加え
		50ml にし、イオンクロマトで測定する。

主1591 丹鱼甘拓 如日

図 15.3-1 イオンクロマトでの測定手順

- 4. 結果
- 4.1 各種洗浄剤によるオメガメータ測定及びイオンクロマト測定の比較

図 15.4-1、図 15.4-2 及び図 15.4-3 に EC-7R での測定結果を示すが、その結果より次のことが 言える。

- 浸漬洗浄のように外観上フラックス残渣の多い場合は、オメガメータ測定及びイオンクロマト測定とも測定値は大きくなり、超音波洗浄のように外観上フラックス残渣の少ない場合は、 測定値は小さくなる傾向がある。
- ② 部品裏面の清浄度(イオンクロマト測定)と実装基板全体の清浄度(オメガメータ測定)の 傾向はほぼ同じであり、実装基板全体の清浄度で部品裏面の清浄度はある程度把握できる。



イオンクロマト測定の比較



図 15.4-3 EC-7R 超音波洗浄後 の部品裏面写真

4.2 フラックス残渣の違い(ハロゲン含有量、樹脂量)によるオメガメータ測定及び イオンクロマト測定の比較

図 15.4-4 及び図 15.4-5 にフラックスのハロゲン含有量及び樹脂量の違いによるオメガメータ 測定及びイオンクロマト測定結果を示すが、その結果より次のことが言える。

- フラックスのハロゲン含有量による傾向は、いずれの測定でもフラックスに含まれるハロゲン量の増加に従いイオン性残渣も増加する傾向があり、局所部のイオン残渣に対して十分検出できる。
- ② ハロゲン含有量に対する感度は、実装基板全体を評価するオメガメータ測定より、局所部の測定で測定であるイオンクロマトの方が優れている。

ハロゲン量 0.05wt%→0.5wt%(10 倍)に対して、
 オメガメータ 2635 µ gNaCl/m²→4340 µ gNaCl/m²(1.6 倍)
 イオンクロマト 0.18ppm→1.9ppm(10 倍)

③ フラックスの樹脂量による傾向は、いずれも樹脂量の増加に従い、イオン性残渣の値は小さくなる傾向がある。これは、1)樹脂が純水に対して溶解しにくいため、イオン性残渣を抽出しにくいため、2)樹脂が多くなることによる樹脂に対するハロゲンの相対濃度が低くなるため、イオン性残渣の値も小さくなることが考えられる。



図 15.4-4 フラックスのハロゲン量と清浄度の比較

図 15.4-5 フラックスの樹脂量と清浄度の比較

4.3 オメガメータ測定とイオンクロマト測定の相関性の検討

図 15.4-6 にオメガメータ測定とイオンクロマト測定の相関検討結果を示すが、フラックスの樹 脂量が一定であれば、ハロゲン量に対してこれらの測定方法は極めて相関があるが、樹脂量の変 動に対して傾向が異なり、特にイオンクロマトは感度が低下し、相関がなくなる傾向がある。



図 15.4-6 オメガメータ測定とイオンクロマト測定の相関

5. 考察

オメガメータ測定及びイオンクロマト測定の比較結果を表 15.5-1 に示す。

検討項目	オ	メガメータ測定		イオンクロマト測定
①基板全体の 洗浄度評価	0	全体を IPA と純水との混合液に つ けるため、全体評価となる	\bigtriangleup	
②部品裏面	\triangle	基板全体を溶液につけるため基	(局所部の残渣の評価に対して有
(局所部) 清浄度評価	0	板のよこれか含まれるか、局所 残渣との相関もある。	0	刻である。
③検出感度		微量でも傾向としては検出可能 である。 IPA で樹脂をある程度溶解でき る が、樹脂量の増加に対してイオ ン性残渣が検出しにくくなる傾 向がある。	0	
④繰り返し精度	\bigcirc \sim \bigcirc	基板全体のよごれの影響を受け やすいが、繰り返し精度は優れ ている。	\bigtriangleup	
⑤評価の簡易性	0	サンプリングは必要ないため、 10 分程度で測定できる。	\bigtriangleup	部品を剥がし、擦るためサンプ リングばらつきが考えられる。
⑥判定基準	M gN 定基 板 して	IL-P-28809A では、2.17 μ aCl/cm ² {14μgNaCl/in ² }以下が判 基準であるが、リフロー法で実装基 と体面積で計算するとすべてクリア てしまう可能性がある。	イ す フ め	ンクロマト法での判定基準を設定 には、オメガメータ法との相関が ックスの種類等によって異なるた 定基準の設定は困難であ る。

表 15.5-1 オメガメータ測定及びイオンクロマト測定の比較結果 (○:優れている △:やや劣るもしくは適用できる)

以上の結果より次のことが言える。

- 部品裏面の清浄度の評価方法としてはオメガメータ法でもその傾向を把握することできる。
 但し、検出感度については、イオンクロマト法の方が優れている。
- ② MIL 規格の清浄度の判定基準は、絶縁信頼性を想定した数値なので、結果的に実装後の基板が、その数値を満たしていれば問題ないと考えられる。(例えば従来より手はんだ付で適用されている。) 但し、局所的に存在するイオン性残渣がオメガメータ法で検出できない場合(例えば部品裏面等の部品形状によりオメガメータの全体浸漬では抽出できない場合等)には適用できない場合がある。
- ③ さらに、リフローはんだ付での判定基準を設定するには、フラックス等の使用材料や量毎に 設定する必要があり、判定基準の設定は困難である。
- ④ 各種代替フロン洗浄剤の違いによる清浄度評価比較では、その測定値には特異性はなく、これらの清浄度評価方法が適用できる。
- 6. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)3-1-1

技術データ16 はんだフィレット形状と寿命の関係

目 次

1.	はじめに	
2.	評価方法	
2.1	供試体の作成	
2.2	対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状	
2.3	試験条件・評価項目	
3.	評価方法(FEM コンピュータシミュレーション)	
3.1	対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状	
3.2	シミュレーション条件	
4.	結果及び考察	
5.	参考文献	

図表目次

図 16.2-1	対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状	
図 16.4-1	各部品のはんだフィレット形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果	
表 16.2-1	対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状	
表 16.2-2	評価方法・条件測定項目	
表 16.3-1	対象表面実装型部品及びはんだランド形状	
表 16.3-2	シミュレーション条件	
表 16.3-3	シミュレーション材料定数	
表 16.4-1	各部品のはんだフィレット形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果	
表 16.4-2	はんだフィレット形状の最適水準と外観検査での合格判定基準	

1. はじめに

宇宙用電子機器において、はんだフィレット形状の熱疲労寿命への影響は大きく、特に品質保 証プログラムにおいて外観検査ではんだフィレット形状基準を満たす必要がある。本資料では、 はんだフィレット形状と寿命の関係について熱衝撃試験及び FEM コンピュータシミュレーショ ン解析を行い、推奨するはんだフィレット形状基準を示すものである。

2. 評価方法

(熱衝撃試験)

2.1 供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作成した。

2.2 対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状

対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状について、表 16.2-1 及び図 16.2-1 に示す。

<u></u> 秋 10.2	1 对家农田天农主印印及0147072	
S M D	フィレット形状パラメータ	水準値
セラミックパッケージ形	(a) フロントフィレット	1 水準(ほぼ直線)
QFP(72下幅:0.4mm、端于 幅:0.3mm)	(b) ヒールフィレット	3 水準(0.0mm、0.5mm、1.0mm)
	(c) スタンドオフ高さ	2水準(100µm、150µm)
プラスチックパッケージ形	(a) フロントフィレット	1 水準(ほぼ直線)
QFP(フント 幅:0.35mm、端子 幅:0.3mm)	(b) ヒールフィレット	3水準(0.0mm、0.25mm、0.5mm)
	(c) スタンドオフ高さ	1 水準(10~30 µ m)
角形チップ固定抵抗器	(a) フィレット高さ	2水準(1、1/2:部品高さに対し)
(RMR15)(フント 幅:1.25mm、 部品幅:1.27mm)	(b) フィレット形状	3 水準(凸、直線、凹)
	(c) スタンドオフ高さ	3 水準(10~30 μ m、30 μ m、50 μ m)
チップ形ネットワーク抵抗	(a) フィレット高さ	1 水準(1:部品高さに対し)
番(フント 幅:0.8mm、電極幅 :0.8mm)	(b) フィレット形状	3水準(凹、やや凹、直線)
	(c) スタンドオフ高さ	2水準(30µm、100µm)

表 16.2-1 対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状





角形チップ固定抵抗器(RMR15)

セラミックパッケージ形QFP、 プラスチックパッケージ形QFP



チップ形ネットワーク抵抗器

図 16.2-1 対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状

2.3 試験条件·評価項目

供試体に表 16.2-2 評価方法・条件測定項目に示す試験及び評価を行い、はんだランド形状の 熱疲労寿命に及ぼす影響の確認を行った。

項目	条件
試験項目	熱衝撃試験(気相)
	-55℃(30分)⇔+125℃(30分)
測定項目	① 外観観察
	② 電気特性

表 16.2-2 評価方法・条件測定項目

3. 評価方法(FEM コンピュータシミュレーション)

3.1 対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状

対象表面実装型部品及びはんだフィレット形状について、表 16.3-1 に示す。

S M D	フィレット形状パラメー	水準値
	9	
セラミックパッケージ形 QFP	(a) フロントフィレット	1 水準(ほぼ直線)
	(b) ヒールフィレット	3水準(0.0mm、0.5mm、1.0mm)
	(c) スタンドオフ高さ	1 水準(30 µ m)
プラスチックパッケージ形	(a) フロントフィレット	1 水準(ほぼ直線)
QFP	(b) ヒールフィレット	3水準(0.0mm、0.25mm、0.5mm)
	(c) スタンドオフ高さ	3 水準
		$(10 \mu \mathrm{m}, 50 \mu \mathrm{m}, 100 \mu \mathrm{m})$
角形チップ固定抵抗器	(a) フィレット高さ	3水準
(RMR15)		(1、3/4、1/2:部品高さに対し)
	(b) フィレット形状	3水準(凸、直線、凹)
	(c) スタンドオフ高さ	3水準
		$(10 \mu \mathrm{m}, 50 \mu \mathrm{m}, 100 \mu \mathrm{m})$
チップ形ネットワーク抵抗器	(a) フィレット高さ	1 水準(1:部品高さに対して)
	(b) フィレット形状	3水準(凹、やや凹、直線)
	(c) スタンドオフ高さ	3水準
		$(10 \mu$ m, 100μ m, 200μ m)

表 16.3-1 対象表面実装型部品及びはんだランド形状

3.2 シミュレーション条件

シミュレーション条件及び材料定数については、表 16.3-2 及び表 16.3-3 に示す。

	項目	種類類	
1	解析種類	3次元温度定常弹性熱応力解析	
2	解析ソフ ト	MSC/NASTRAN	
3	想定環境	-30°C~+100°C	
4	評価歪	①主歪 ε: $\Delta \epsilon = \cdot \epsilon (\text{Tmin}) \cdot + \cdot \epsilon (\text{Tmax}) \cdot$ ②相当歪 $\epsilon_{eq} : \Delta \epsilon_{eq} = \cdot \epsilon_{eq} (\text{Tmin}) \cdot + \cdot \epsilon_{eq} (\text{Tmax}) \cdot$ ※ $\epsilon_{eq} : 2/3 \times \{(\epsilon_{x} - \epsilon_{y})^{2} + (\epsilon_{y} - \epsilon_{z})^{2} + (\epsilon_{z} - \epsilon_{x})^{2} + (\gamma_{xy}^{2} + \gamma_{yz}^{2} + \gamma_{yz}^{2})\}^{-1/2}$ ※ $\epsilon_{x, y, z} : x, y, z \text{ j fn} \oplus \oplus$	

	項目	12 AK		\$777H	橡肪强係数	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	M	比較		を	
		N/mm ²	{ kg/mm ² }	1	1/K	W/(m·K)	{cal/s·mm·t}	J/(kg·K)	{ ca]/g.C}	kg/m³	{ K/ma ² }
キットワーク. # ## ##	素体(Al≰0₃)	3.63×10*	(3.70×10 ⁴)	0,25	6.70×10-*	20.93	{5.00×10 ⁻³ }	8.37×10-4	{2.00x10 ⁻¹ }	3.80×10°	{ 3.80×10 ⁻³ }
	着掻(はんだ)	3.00×10*	{3.05×10 ³ }	0.40	2.30×10-5	50.23	{1.20×10 ⁻¹ }	1.47×10-1	{ 3.50×10 ⁻¹ }	8.40×10 ³	{8.40x10-3}
鱼形*?? 國卡塔拉器	★体(Al*0。)	3.63×10*	(3.70×10 ¹)	0,25	8,70×10-*	20.93	{5.00×10 ⁻³ }	8.37×10-1	{2.00×10 ⁻¹ }	3.80×10	{3.80×10-*}
	内部载播(Ag-Pd)	1,03×105	{1.05x10 ⁺ }	0.38	1.90x10.5	426.98	{1.02×10 ⁻¹ }	2.34×10-4	{5.60×10-*}	1.10×10'	{1.10×10 ⁻¹ }
	外部電径(はんだ)	· 3.00×101	{3.06×10 ³ }	0,40	2.30x10-1	50.23	{1.20×10-1}	1.47×10 ⁻ *	{3.50×10 ⁻¹ }	8.40×10 ³	{8.40x10-3}
7. 53445 OFP	tJ7 樹脂	1.37×10*	{1.40x10 ³ }	0.30	1.80×10-5	0.67	{1.60×10-1}	1.21×10-1	{2.90×10 ⁻¹ }	1.80×10 ³	{1.80×10-1}
	y-+*(427n{)	1.47×105	{1.50×10 ⁴ }	0.30	4.46×10-5	13,40	{ 3.20×10 ⁻³ }	4.48×10-4	{1.07×10 ⁻¹ }	8.20×10 ¹	{8.20×10-1}
47%) OFP	来体(A1:0.)	3.63×10°	{3.70×10 ⁺ }	0.25	8.70×10-*	20,93	{ c - 01 × 00 × 3 }	8.37×10-4	{2.00×10 ⁻¹ }	3.80×10 ³	{3.80×10-3}
,	y-+*(4270{)	1.47×10*	{1.50×10'}	0.30	4.46×10-4	13.40	{3.20×10-3}	4.48×10 ⁻⁴	(1.07×10 ⁻¹)	8.20×10ª	{8.20×10-3}
実被基板	₿ラェ≰基板*'	2.94×10'	(3.00×10°)	0,20	1.80×10-1	267.91	{6.40x10 ⁻¹ }	r-01×18.1	(3.18×10 ⁻¹)	3.26×10ª	{3.26×10 ⁻¹ }
はんだ材料	Sn-Pb	3.00×10*	{3.06×10*)	0,40	2.30×10-*	50.23	{1,20×10 ⁻¹ }	1.47×10-4	{3.50×10 ^{-*} }	8.40×10*	{8,40×10 ⁻³ }

ン材料定数
Π
~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
1
ĺ
4
Ч
111
$\sim$
', '
表 16.3-3

ガラエポ基板の線像張については、上段がX,Y方向、下段が2方向の値である。 . ₩

#### 4. 結果及び考察

各部品のはんだフィレット形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果について、表 16.4-1 及び図 16.4-1 に示す。

			FEM >	ミュレーション	熱衝	擊試験(-30℃	(30分)
					⇔	+100°C(30	分))
	はんだ		<b>本</b> (>	$(10^{-3})$	外観検	電生	岭木
部 品 名	フィレット形状	水準値	金(丶	(10)	査	电风	<b>陝宜</b>
	ハ° ラメータ				特性寿	阳田主스	時卅丰合
			主歪	相当歪	命	四クトナー	(n)
					$(\eta)$		(4)
セラミックハ゜ッケーシ゛	(b)	0.0mm	未評価	11.38	5390	4000	未評価
形QFP	ヒールフィレット					以上	
		0.5mm	未評価	9.42	5980	4000	未評価
						以上	
		1.0mm	未評価	9.26	5760	4000	未評価
				· · ·		以上	
	(c)	$100 \ \mu$ m	未評価	未評価	6020	4000	未評価
	スタント オフ 局	1 7 0			-	以上	
		$150\mu$ m	未評価	未評価	5980	4000	未評価
	(1)	0.0	0.40	0.00	2000	以上	10000
ノ フスナックハ ッケ	(b)	0.0mm	6.46	3.83	3000	8000	10900
ージ 形 QFP	E-MJAVYN	0.25mm	6.13	3.29	3330	9000	13700
	(a)	10 µ m	0.71	3.04	5000		19600
	ない、	$50 \mu$ m	5.96	0.09 9.17	<b>木</b> 矸価 土冠価	- 木叶仙 - 土証価	▲ 示 市 画 - 土 証 価
		$100 \mu \text{ m}$	0.00	0.17 9.41	木計価 土冠価	木計価 主証価	<u>木</u> 計恤 土 冠 伍
	(-)	$100 \mu$ m	0.10	- 3.41 土.款/正	木評価	木計111	木評恤
用形/// 回止 抵益职(DMD15)	(a) フルット 主 ヤ	1/2	3.40	木評価	1830	2000	0070 十氢/年
払扣奤(KMK13)	74771同C	3/4	3.30	木評価	木評価	木評恤	木評価
	(1)		2.61	木評価	2280	13000	木評価
	(b)	山	3.12	木評価	2130	13000	木評価
	7469171248		3.12	木評価	2600	8000	木評価
		凸	3.06	木評価	2700	14000 DLL	木評価
	(a)	10	2 00	土动在	9010	以上	00800
	いかがわすそ	10 μ m	5.22 9.10	木評価	2010	12000	99800
	^//ド 4/同で	$50\mu$ m	3.10	木評価	4650	13000	木評価
л or TV à l b b	(1)	$100 \mu$ m	2.99	木評価	0600	13000	木評価
ナツノ ボジネットリーク		山	木評価	14.44	1180	1500	6470
<b></b>	ノイレットガショム	やや凹	木評価	14.37	1440	2000	6130
			木評価	11.50	4440	4000以上	木評価
	(C)	$10\mu$ m	未評価	14.44	1440	2000	6130
	メタントが局さ	100 μ m	未評価	14.63	2160	4000以上	未評価
		$200\mu$ m	未評価	14.28	未評価	未評価	未評価

表 16.4-1 各部品のはんだフィレット形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果

※1各種寿命値は、図16.4-1参照。



図 16.4-1 各部品のはんだフィレット形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果 (○:主歪、●:外観検査、特性寿命(η)、▲:電気検査、限界寿命、各パラメータは図 16-1 参照のこと)

16-7



図 16.4-1 各部品のはんだフィレット形状の熱疲労寿命に及ぼす影響検討結果(続き) (○:主歪、●:外観検査、特性寿命(η)、▲:電気検査、限界寿命、各パラメータは図16-1 縲ロこと)

この結果から、はんだフィレット形状と寿命の関係が明らかになり、その最適水準及びフレット形状基準は表 16-7 のようになり、品質保証プログラムにおいて外観検査でのはんだフィレット 形状基準を十分満たす必要がある。

A 10.4 2 は70にノイレット形状の取過水平と77既快量での日相刊定本平		
表面実装型部品タイプ	はんだフィレット形状基準	最 適 水 準
外曲げリード端子、	(a)フロントフィレット:ほぼ直線であること。	——
側面から出ているタイプ	(やや凸及びやや凹でも可)	
(QFP 等)	(b)ヒールフィレット: 1.0×H 以上上部曲げ開始点まで	ランド寸法
	(c) スタンドオフ高さ: $30 \sim 100 \mu \mathrm{m}$ であること。	0.5mm
		$50\mu$ m
ノンストレスリリーフ	(a)フィレット高さ: 0.8×H以上、1.0×H以下	1.0  imes H
構造の電極端子	(部品高さが 5.0mm 以上の場合は、min.0.25×	
(角形チップ固定抵抗器等)	H)	ほぼ直線
	(b)フィレット形状:ほぼ直線であること。	$100\mu$ m
	(やや凸及びやや凹でも可)	
	(c)スタント オフ高さ: $30 \sim 100 \mu \mathrm{m}$ であること。	
	部品上面電極に供給したはんだが盛り上がら	
	ないこと。	
LCC	(a)フィレット高さ: 0.8×H以上、1.0×H以下	
(凹形・焼付け電極タイプ)	(部品高さが 5.0mm 以上の場合は、min.0.25×	
(チップ形ネットワーク	H)	直線
抵抗器等)	(b)フィレット形状:ほぼ直線であること。	
	(やや凸及びやや凹でも可)	
	(c)スタンドオフ高さ:50~100 $\mu$ m であること。	
内曲げリード端子、	(a)フィレット高さ: 0.8×H以上、1.0×H以下	
側面電極の広いタイプ	(部品高さが 5.0mm 以上の場合は、min.0.25×	
(チップ形タンタル電解	H)	
コンデンサ等)	(b)フィレット形状:ほぼ直線であること。	
	(やや凸及びやや凹でも可)	——
	(c)スタンドオフ高さ:30~100μmであること。	

表 16.4-2 はんだフィレット形状の最適水準と外観検査での合格判定基準

#### 5. 参考文献

平成5年度 共通部品の開発(5-14)高密度実装技術の確立(その4)4-1-8
# 技術データ17 はんだ付部再加工条件と寿命の関係

## 目 次

1.	はじめに	17-2
2.	供試体の作成	17-2
3.	試験条件・評価項目	17 <b>-</b> 3
4.	結果	1 <b>7-</b> 3
4.1	はんだ付部再加工回数による影響検討	17 <b>-</b> 3
4.2	はんだ付部再加工温度による影響検討	17 <b>-</b> 5
4.3	はんだ付部再加工方法による影響検討	17-6
5.	まとめ	17-7
6.	参考文献	17-7

## 図表目次

図 17.4-1	はんだ付部再加工回数による影響検討17-4
⊠ 17.4-2	再加工回数によるはんだ接合部 SEM 像(ガラスエポキシ基板の場合)17-4
図 17.4-3	はんだ付部再加工温度による影響検討(ガラスエポキシ基板の場合)17-5
図 17.4-4	はんだ付部再加工方法による影響検討17-6
表 17.1-1	各種再加工工法の比較17-2
表 17.3-1	供試体とはんだ付部再加工条件17-3
表 17.3-2	評価方法・条件測定項目17-3
表 17.4-1	はんだ付部再加工回数による影響検討17-3
表 17.4-2	はんだ付部再加工温度による影響検討17-5
表 17.4-3	はんだ付部再加工方法による影響検討17-6

#### 1. はじめに

宇宙用電子機器の実装工法において、はんだ付部再加工に伴う信頼性低下及びはんだこてを用いることによる基板、部品損傷及びはんだ接合部の熱劣化等の信頼性低下が問題となる。本資料は、はんだ付部再加工条件と寿命の関係について検討したものである。表 17.1-1 に各種再加工工法の比較を示す。

<b>〒1</b> 日 の	2 2 2 Sur	국비구나네	ヨートフィ	5 1-5 4+ 1	山口志を						<u>⇒</u> फ /चा
工程の	イメーン図	冉加上に	サ加工に 関 り る 谷 裡 特 性 比 戦							計1曲	
種類		実装密度	作業	ダメー	ジ		再加工容易姓 運用部品				
		(ピッチ)	安定	部品	基板	接合	部品	接合	SM	半導	
			性			部	交換	再 加	D	体	
			1-1-1			нþ		T 7			
			-	-	-	-			-	-	-
はんだ	a	$\bigtriangleup$	0	0	0	0	0	0	$\bigcirc$	0	$\bigcirc$
ごて		(0.5)	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$					
			$\bigtriangleup$	$\bigtriangleup$	$\bigtriangleup$	$\bigtriangleup$					
レーザ	~	0	0	0	0	0	$\triangle$	0	$\triangle$	0	$\triangle$
		(0.5)	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$					$\sim$
	ti		×	×	×	×					×
光ビーム		0	0	0	0	0	$\triangle$	0	$\bigtriangleup$	0	$\triangle$
	J	(0.5)	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$					
			$\triangle$	$\triangle$	$\triangle$	$\triangle$					
ホット		0	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigcirc$	$\bigtriangleup$	$\bigcirc$	$\bigtriangleup$	$\bigcirc$	$\bigtriangleup$
ジェット		(0.5)	$\sim$	$\sim$	$\sim$	$\sim$					$\sim$
			×	×	×	×					×

表 17.1-1 各種再加工工法の比較 (〇:適用 △: やや問題があるが適用できる ×:適用不可)

#### 4. 供試体の作成

供試体はソルダペーストを基板に塗布し、部品を装着し、全体加熱リフロー炉にて加熱し作成 した。さらに、はんだ付部修正条件の違いによるはんだ接合部への影響について検討するため、 下記再加工手順により再加工作業を実施した。供試体サンプルの種類を表 17.3-1 に示す。



### 3. 試験条件·評価項目

供試体に表 17.3-2 に示す試験及び評価を行い、はんだ付部再加工条件と寿命の関係の検討を行った。

表 17.3-1 供試体とはんだ付部再加工条件

項	Ħ	種類・条件
1	SMD	角形チップ固定抵抗器(RMR15)
2	基板	① ガラスエポキシ基板
		② セラミック基板(電極組成:Ag)
3	はんだ	① Sn-Pb 共晶
		② Sn-Ag 系
4	加工方法	フローA,B,C
<b>5</b>	こて先	① Sn-Pb 共晶
	温度	$(240 \sim 260, 280 \sim 300, 320 \sim 340^{\circ}\text{C})$
	(5~6 秒)	② Sn-Ag 系
		(280∼300,320∼340°C)
	再加工	1回、2回、3回
6	回数	

表 17.3-2 評価方法・条件測定項目

項目	条件
試験項目	熱衝撃試験(気相)
	-55°C(30 分)
	⇔ +125°C(30 分)
測定項目	① 外観観察
	② 電気特性
	③ DPA

### 4. 結果

4.1 はんだ付部再加工回数による影響検討

はんだ付部再加工回数による影響検討について、表 17.4-1、図 17.4-1 及び図 17.4-2 に示 す。

はんだ材料	基板材質	再加工方法	再加工回数	外観検査	電気検査	
		再加工温度		特性寿命	限界寿命	特性寿命
				(η)		(η)
Sn-Pb 共晶	① ガラスエポ	フローC	1回	1540	5000	8440
	耖基板	(240∼260°C)	3 回	1820	4000	8060
			5 回	1400	4000	6650
	② セラミック		1回	1000		
	基板		3 回	830		
	(ハ [°] ターン組成:Ag)		5 回	730		

表 17.4-1 はんだ付部再加工回数による影響検討

※ 各種寿命値は図 17.4-1 参照。



図 17.4-1 はんだ付部再加工回数による影響検討 (○:外観検査、特性寿命(η)、●:電気検査、限界寿命、▲:電気検査、特性寿命(η))



図 17.4-2 再加工回数によるはんだ接合部 SEM 像(ガラスエポキシ基板の場合)

この結果から、次の事が言える。

- ① 樹脂基板の場合、再加工回数による影響については、傾向として、回数が増すに従い寿命低下する傾向が見られる。これは、はんだ接合部 SEM 像に見られるように熱履歴による金属組織の変化(金属間化合物の成長、はんだ組織の粗大化)によるものと、熱履歴による部品、基板損傷によるものとが考えられる。特に、再加工回数5回では顕著に寿命低下する。
- ② さらにセラミック基板の場合、再加工回数による寿命低下の傾向は大きい。これは、はんだ 接合部の熱劣化というよりはむしろ厚膜の繰り返しリフローによる溶食、拡散等による極端 な接合強度低下による破断によると考えられる。

4.2 はんだ付部再加工温度による影響検討

はんだ付部再加工温度による影響について、表 17.4-2 及び図 17.4-3 に示す。

14 / お井宇	甘七十所	再加工方法	再加工温度	外観検査	電気	〔 検 査
につたちを	<b></b>	再加工回数	(°C)	特性寿命( $\eta$ )	限界寿命	特性寿命( $\eta$ )
① Sm-Dh #	① ガラスエ	77-0	$240 \sim 260$	1540	5000	8440
央 01-IIC ①	ホ゜		$280 \sim 300$	1530	4000	7580
日日	キシ基板		$320 \sim 340$	1290	5000	7170

表 17.4-2 はんだ付部再加工温度による影響検討

※ 各種寿命値は表 2.4-1 参照。



図 17.4-3 はんだ付部再加工温度による影響検討(ガラスエポキシ基板の場合) (○:外観検査、特性寿命(η)、●:電気検査、限界寿命、▲:電気検査、特性寿命(η))

この結果から、次の事が言える。

① はんだ付再加工温度による影響について、傾向として寿命評価においても温度が高いに従い 寿命低下する傾向が見られる。これは、はんだ接合部の熱履歴による金属組織の変化(金属 間化合物の成長、はんだ組織の粗大化)によるものと、熱履歴による部品、基板損傷による ものと考えられる。

4.3 はんだ付部再加工方法による影響検討

はんだ付部再加工方法による影響検討について、表 17.4-3 及び図 17.4-4 に示す。

	A 11	.10 10/0/01	1 1 1 1 1 1 1 1		1 1	
けただなど	甘垢壮质	重加工泪座	重加工专注	外観検査	電気	〔 検 査
にわた物や	<b></b>	丹加工価度	丹加工刀伝	特性寿命( $\eta$ )	限界寿命	特性寿命( $\eta$ )
① Sm-Dh #	① ガラスエ		フローA	5200	2000	7570
U SII-F D 共	т°	$240\sim 260^{\circ}\mathrm{C}$	フローB	2220	4000	6620
日日	耖基板		フローC	1540	5000	8440

表 17.4-3 はんだ付部再加工方法による影響検討

※ 各種寿命値は図 17.4-4 参照。



図 17.4-4 はんだ付部再加工方法による影響検討

この結果から、次の事が言える。

① はんだ付部再加工方法の違いによる影響について、外観検査の特性寿命では寿命が長い順に、フローA、フローB、フローCになるが、電気検査の特性寿命では反対の傾向となる。これは、はんだ接合部に対してフローA、Bのようにはんだを除去し、再度はんだを盛ることによりはんだへの熱履歴の小さい方法がよいためと考えられる。一方、電気検査の特性寿命で反対の傾向となったのは、フローA、Bのはんだ盛り時のばらつきによる部品への熱応力ストレスのために部品の特性が劣化したためであり、はんだ付部再加工については適正な条件で行う必要がある。

- 5. まとめ
- ① はんだ付部再加工条件について、はんだ接合部の熱履歴による熱劣化、再加工時の作業バラ ツキによる信頼性低下が確認され、はんだ接合部への熱履歴の小さい再加工条件の確認と教 育、訓練及び認定を受けた作業者による作業バラツキを小さくする必要がある。
- ② 特にセラミック基板については、熱履歴による厚膜電極の溶食、拡散により極端な接合強度 低下で断線が発生するため、十分注意が必要である。
- ③ 上記の検討より、宇宙用高密度はんだ付において、はんだ付部再加工は、フローA、フローB に示す方法で原則的に、適正な条件で行い部品のはんだ付仕様、基板のはんだ付仕様により 異なるが、はんだ付部の再加工の工程は1回までとする。

#### 6. 参考文献

平成4年度 共通部品の開発(4-17)高密度実装技術の確立(その3)4-3-1

# 技術データ18 非イオン界面活性剤の評価法の検討

#### 目 次 目的......18-2 1. $\mathbf{2}$ . 2.12.22.32.42.53. 3.13.23.3 測定方法......18-3 3.43.53.6 4. 参考文献......18-4 5.

## 図表目次

図 18.3-1	洗浄液濃度と吸光度の関係	18	-4
----------	--------------	----	----

1. 目的

洗浄剤に含まれる非イオン界面活性剤が絶縁信頼性に影響を及ぼすことがある。しかしながら、 非イオン界面活性剤は洗浄の有効性評価(JERG-0-039)に示されるイオン性残渣物量による測定 では理論的には定量できない。

そこで、本検討では洗浄後に基板上に残存する非イオン界面活性剤を含む洗浄剤の量を評価す る手法を検討することを目的とする。

#### 2. 定性分析法による検討

大部分の非イオン界面活性剤はポリエチレングリコール誘導体であるので、JIS K 3362 に規 定されているリンモリブデン酸錯塩法による非イオン界面活性剤の定性分析法を応用し、非イオ ン界面活性剤の評価法を検討する。

#### 2.1 試料

非イオン界面活性剤	:ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル
	(0.1 ppm,1 ppm,10 ppm,100 ppm,1000 ppm 水溶液)
洗浄剤	:洗浄剤A(グリコールエーテル系)
	(0.1 ppm,1 ppm,10 ppm,100 ppm,1000 ppm 水溶液)
ブランク	: 純水

#### 2.2 試薬

塩酸

塩化バリウム

リンモリブデン酸ナトリウム

2.3 実験方法

試料 5ml に対して、10%塩酸 10ml および 10%塩化バリウム 10ml を加え、40℃の恒温水槽 にて 5 分間加熱した後、恒温水槽からとりだし、10%リンモリブデン酸ナトリウムを 200 µ l 添加 し常温で静置する。

2.4 結果

非イオン界面活性剤が存在する場合、リンモリブデン酸錯塩が生じ、淡黄色沈澱が生成する。 この淡黄色沈澱が確認できる程度は、非イオン界面活性剤であるポリエチレングリコールノニル フェニルエーテル単独であれば、0.1 ppm 水溶液まで可能である。洗浄剤A(グリコールエーテ ル系)の場合、淡黄色沈澱が確認できるのは100 ppm 水溶液までである。 2.5 考察

本法を用いることによって、非イオン界面活性剤の場合には 0.1 ppm の残存が、洗浄剤の場合 には 100 ppm の残存が確認できる。

今後、洗浄後のプリント基板を純水を用いて残存物を抽出し、リンモリブデン酸錯塩法を用い て、非イオン界面活性剤の残存を確認することによって、洗浄後のプリント基板の絶縁信頼性を 向上させることが可能となると考えられる。

簡便な手法であるリンモリブデン酸錯塩法は非イオン界面活性剤および非イオン界面活性剤を 含む洗浄剤の残存評価として有効であると考えられる。

#### 3. 定量分析による検討

前章で定性分析による非イオン界面活性剤の評価を検討したが、定量性を必要とする場合、定 性分析だけでは不十分である。そこで、 JIS K 3364 に規定されているテトラチオシアノコバル ト(II)酸アンモニウム吸光光度法を用いて、洗浄剤の定量法及び定量下限を検討する。

#### 3.1 試料

洗浄剤	:	洗浄剤 A	(グ	゙リコー	ルエー	・テル系)

(1 ppm,10 ppm,50 ppm,100 ppm 水溶液)

ブランク :純水

#### 3.2 試薬

- チオシアン酸アンモニウム
- 硝酸コバルト六水和物

塩化ナトリウム

ベンゼン

3.3 テトラチオシアノコバルト(Ⅱ)酸アンモニウム溶液の調整

チオシアン酸アンモニウム 31g と硝酸コバルト六水和物 14g を水に溶かして、50ml とする。

3.4 測定方法

試料溶液 20ml を 50ml の三角フラスコに取り、テトラチオシアノコバルト(Ⅱ)酸アンモニウ ム溶液 3ml 及び塩化ナトリウム 7g を添加後、1 分間振盪し 15 分間静置した後に、ベンゼン層の 吸光度を測定する。

測定装置:紫外可視吸光光度計 1cm セル使用

3.5 結果

得られた紫外可視吸収スペクトルの 315nm 付近の吸光度(ブランク分は差し引く)を濃度 に対してプロットしたグラフを図 18.3-1 に示す。



図 18. 3-1 洗浄液濃度と吸光度の関係 (試料:洗浄剤 A (グリコールエーテル系))

3.6 考察

図 18.3-1 に示されるように洗浄剤 A (グリコールエーテル系)の場合、吸光度と濃度には、線 形性が見られるため、本法を用いて定量することが可能であると考えられる。また、定量下限は 10 ppm と考えられる。従って、本法で洗浄剤 A (グリコールエーテル系)を検出するためには、 抽出液量が 20ml の場合で 0.2mg 以上残存していることが必要である。

4. まとめ

本検討において、分かったことを以下にまとめる;

- (1) リンモリブデン酸錯塩法によって、非イオン界面活性剤(ポリエチレングリコールノニルフェニルエーテル)単独では 0.1 ppm 水溶液の残存が、洗浄剤 A(グリコールエーテル系)の場合では 100 ppm 水溶液の残存が確認できる。
- (2) テトラチオシアノコバルト(II)酸アンモニウム吸光光度法によって、洗浄剤A(グリコール エーテル系)残存量の定量を行なうことができる。その場合の定量下限は10 ppm である。
- 5. 参考文献

平成6年度 フロン対策実装基板洗浄性の研究(その2)~リフローはんだ付後の洗浄信頼性の検討、5-1(参考資料4)

# 技術データ19 ファインピッチパッケージ及び表面実装工法の評価

	目、次
1.	<b>よじめに19-3</b>
2.	共試体の作成19-3
2.1	共試体の形態、種類、製作数19-3
2.2	実装工法/実装工程フロー19-5
2.3	共試体の外観図19-6
3.	試験条件・評価項目19-13
3.1	ランダム振動試験
3.2	幾械的衝擊試験
3.3	景境試験
3.4	マイグレーション試験
4.	結果
4.1	評価試験の結果19-17
4.1.1	ランダム振動試験
4.1.2	幾械的衝擊試験
4.1.3	景境試験
4.1.4	マイグレーション試験
5.	考 察
6.	あとがき
7.	参考文献

## 図表目次

図 19.2-1	評価ボード (タイプA)	
図 19.2-2	評価ボード(タイプB)	
図 19.2-3	評価ボード (タイプC)	
図 19.2-4	評価ボード(タイプD)	
図 19.2-5	評価ボード(タイプE)	
図 19.2-6	評価ボード(タイプF)	
図 19.3-1	評価試験の全体フロー	

表 19.2-1	使用基板(ポリイミド)	
表 19.2-2	使用基板(メタルコア)	
表 19.2-3	実装部品(各基板当たり	

表 19.2-4	QFP固着工法	
表 19.2-5	実装工法	
表 19.2-6	実装工程フロー	
表 19.3-1	評価ボード	19-13
表 19.4-1	ランダム振動試験	
表 19.4-2	機械的衝擊試験	19-17
表 19.4-3	環境試験	19-18
表 19.4-4	マイグレーション試験	

1. はじめに

表面実装を用いた高密度実装技術による人工衛星等の宇宙機への適用を検討するため、0.5mm ピンピッチセラミックフラットパッケージ(QFP)(100Kゲートアレイ)を中心とするパッ ケージの実装及びチップ部品(抵抗、コンデンサ等)の実装の信頼性確認を行ったものである。

- 供試体の作成
- 2.1 供試体の形態、種類、製作数

評価ボードは、各試験とも共通となるよう配慮した。

(1) 評価ボード用基板の材質及び寸法 評価用ボードに使用する基板として、NASDA-QTS-1046 相当品のガラス布基材ポリイミド 樹脂基板(以下ポリイミドと略す)及び NASDA -QTS-1051 相当品の金属芯入りディスクリ ートワイヤ配線板(以下メタルコアと略す。)を用いた。 表 19.2-1、表 19.2-2 に使用した基板を示す。

表 19.2-1 使用基板 (ポリイミド)

	タイプA	タイプB	タイプC	
基板の寸法(縦×横)	$197\mathrm{mm}\! imes\!161.5\mathrm{mm}$	$197~\mathrm{mm}  imes 140~\mathrm{mm}$	$197~\mathrm{mm}  imes 150~\mathrm{mm}$	
基板の厚さ	1.6 mm	2.2 mm	1.6 mm	
基板の層数	8	6	6	
コーティングあり なし	#1,2 #4	#1,2 #4	#1,2 #4	

ここで、#1 はランダム振動および機械的振動試験に使用する基板を示す。

#2 は複合環境試験に使用する基板を示す。

#4 はマイグレーション試験に使用する基板を示す。

	タイプD	タイプE	タイプF
基板の寸法 (縦×横)	$197\mathrm{mm}  imes 161.5\mathrm{mm}$	$197~\mathrm{mm}  imes 140~\mathrm{mm}$	$197~\mathrm{mm}  imes 150~\mathrm{mm}$
基板の厚さ	2.4 mm	$2.3~{ m mm}$	$2.5~{ m mm}$
基板の層数	8	6	1 0
コーティングあり		# 3	

表 19.2-2 使用基板 (メタルコア)

ここで、#3は複合環境試験に使用する基板を示す。

## (2) 実装部品

表 19.2-3 に評価ボードに実装した部品および数量を示す。 NASDA 認定品または同等品で入手し得る最大寸法のもの及び使用頻度の最も高いものを選 定した。

	タイプA及びI	)	タイプB及びE		タイプC及びI	ſ,
	名 称	数	名 称	数	名 称	数
OFP	0.5 mmピンピッチ	9	0.5 mm ピン ピ ッチ	0	0.5 mmピンピッチ	9
Q I I	208 ピン	4	208 ピン	2	208 ピン	4
	RMS06	20	RMS06 相当品	20	RMS06	20
抵抗器	RMS10	20	RMS10 相当品	20	RMS10	30
	RMS35	12	RMS35 相当品	20	RMS35	18
カラミック	CDS51	30	CDS51 相当品	10	CDS51	40
セノミック			CDS52 相当品	10		
	CDS56	12	CDS56 相当品	10	CDS56	18
タルタルコンテ゛ンサ	CWS11	12	CWS11 相当品	20	CWS11	18
EMI 74NA	NLLS45	8	NLLS45 相当品	20	NLLS45	6
インダクタ		16		40	NLS32	6
ネットワーク抵抗	RZCS16	8	RZCS16	20	RZCS16	6
挿入部品			RLS07 リート [*] 付抵抗器	5		
FP IC			14 ピン	10		

表 19.2-3 実装部品(各基板当たり)

(3) QFP固着

表 19.2-4 および図 19.2-1~図 19.2-6 に固着工法を示す。

	タイプA及びD	タイプB及びE	タイプC及びF
QFP四隅	接 着 剤	コーナー	接 着 剤
		サポート	
QFP底面	接着剤及び	接 着 剤	接 着 剤
	スペーサー		
QFP裏面		スティフナ	
その他	評価ボードに		
	スティフナ装着		

表 19.2-4 QFP固着工法

## 2.2 実装工法/実装工程フロー

評価ボード製作に適用した実装工法を表 19.2-5 に、実装工程のフローを表 19.2-6 に示す。

<u> </u>				
	タイプA及びD	タイプB及びE	タイプC及びF	
はんだ付	リフロー	リフロー、フロー、	J70-	
		パルスヒート (QFP)		
はんだ材料	Sn63 Pb37	Sn63 Pb37	Sn63 Pb37	
	クリームはんだ	クリームはんだ	クリームはんだ	
フラックス	RMA タイプ	RMA タイプ	RMA タイプ [°]	
洗 浄	EC-7R	EC-7R	パ インアルファ ST-100	
コーティング、材料	ホ [°] リウレタン	ホ [°] リウレタン	ホ [°] リウレタン	

表 19.2-5 実装工法

表 19.2-6 実装工程フロー

タイプA及びD	タイプB及びE	タイプC及びF
予備」加工	予備,加工	予備,加工
↓ んだ 印刷	↓ んだ印刷	↓ んだ印刷
部品」搭載	表面部品搭載	部品_搭載
リフロ ー 工 程	リフローエ程	リフロ_−工程
洗净	洗	洗
	接着剤塗布	検」査
	裏面部品搭載	
	接着剤硬化	
	フロ <del>ー</del> 工程 ¥	
	洗,浄	
	QFP接着 ▼	
	パルスヒート工程 ¥	
	コーナーサホ゜ート及び スティフナ接着	
↓ はんだ付部修正	はんだ付部修正	↓ はんだ付部修正
導通試験		● 部分洗浄
電気的測定	~↓ 洗浄度測定	洗浄度測定
部分洗浄	│ <b>∀</b>       検_査	↓ 検_査
洗浄度測定 *	$\checkmark$	$\checkmark$
接着/コーティング ↓	コーティング	コーティング
点↓検		
スティフナ組立 ¥	↓	$\downarrow$
検 査	検 査	検 査

2.3 供試体の外観図

図 19.2-1 から図 19.2-6 に外観を示す。

- 図 19.2-1 評価ボード (タイプA)
- 図 19.2-2 評価ボード (タイプB)
- 図 19.2-3 評価ボード (タイプC)
- 図 19.2-4 評価ボード (タイプD)
- 図 19.2-5 評価ボード (タイプE)
- 図 19.2-6 評価ボード (タイプF)



図 19.2-1 評価ボード (タイプA)

JERG-0-043-TM001A



図 19.2-2 評価ボード (タイプB)



図 19.2-3 評価ボード (タイプC)

19-9



図 19.2-4 評価ボード (タイプD)

JERG-0-043-TM001A



図 19.2-5 評価ボード (タイプE)





図 19.2-6 評価ボード (タイプF)

YENGX

19-12

## 3. 試験条件·評価項目

各種評価試験に供する評価ボードを表 19.3-1 に、評価試験の全体フローを図 19.3-1 に示す。

	耐振設計	コーティング
ランダム振動試験	$235 \text{ m/s}^2 \{24 \text{ Grms}\}$	あり
機械的衝擊試験	$235 \text{ m/s}^2 \{24 \text{ Grms}\}$	あり
環境試験	$235 \mathrm{~m/s}^2  \{24 \mathrm{~Grms}\}$	あり
マイグレーション試験	$235 \text{ m/s}^2 \{24 \text{ Grms}\}$	なし

表 19.3-1 評価ボード



3.1 ランダム振動試験

ロケットや人工衛星に搭載される電子機器は、打上げの際の振動による大きなストレスをはん だ接合部に受けることとなる。

表面実装部品では、リードによる応力緩和が少ないため、振動の影響を大きく受けることとなり、さらに、今回対象としている 0.5 mmピンピッチの 100KG/A では、パッケージが 33 mm×33 mm と大きく、その影響は一層大きいものとなる。

(1) 試験条件

試験条件は、コンポーネントの認定レベルの振動試験(NASDA-STD-3付録Ⅳ)の 条件に共振等のマージンを加えた。また、振動時間は、H-IIロケットの打ち上げ時間を想 定し、それにマージンを加えた時間とした。

- ・全実効加速度:235 m/s² {24 Grms}
- ・加振時間 :900s(15分)×3軸
- (2) 検査項目
  - ・外観検査 : QFPリード及びチップ部品のはんだ付部とその周辺部を対象に15倍と3
     0~40倍の

拡大鏡ににより外観検査を行った。

また、QFPの固着部分の浮き、剥離等の有無についても検査を行った。

・断面観察 : 上記外観検査においてはんだ付部分に疑わしい異常や欠陥が観察された部位 を

重点に断面観察を行った。

- ・電気特性検査:QFPリードの導通検査及び各チップ部品の電気的特性検査を実施した。
- ・FPリード引張試験:代表的箇所を選んで実施した。
- 3.2 機械的衝撃試験

ロケットや人工衛星に搭載される電子機器は、打ち上げの際のストレスによる大きな衝撃をは んだ接合部に受けることとなる。

表面実装部品では、リードによる応力緩和が少ないため、振動の影響を大きく受けることとなり、さらに、今回対象としている 0.5 mmピンピッチの 100KG/A では、パッケージが 33 mm×33 mm と大きく、その影響は一層大きいものとなる。

(1) 試験条件

H-Ⅱロケットの打ち上げ時の衝撃を想定し、SRS (Shock Response Spectrum) 9807m/s² {1000G}に相当する半波正弦波とした。(試験装置の制約から半波正弦波で代替)

- 負荷レベル :半波正弦波、6865 m/s² {700G}、0.5ms
- ・ 試験方法 : X、Y、Z軸 3軸 各軸2回×各2方向 計12回

(2) 検査項目

初期状態及び衝撃試験終了時において以下の検査を実施した。

 ・ 外観検査 : QFPリード及びチップ部品のはんだ付部とその周辺部を対象に15倍と 30~40倍の

拡大鏡により外観検査を行った。

断面観察 :終了時の外観検査においてはんだ付部分に疑わしい異常や欠陥が観察された部位を
 重点に断面観察を行った。

・ 電気特性検査:QFPリードの導通検査及び各チップ分の電気的特性検査を実施した。

- Q F P リード引張試験:代表的箇所を選んで実施した。
- 3.3 環境試験

実フライトで受ける環境を模擬するための環境試験を実施した。

(1) 試験条件

実フライトでの環境負荷を模擬するため、以下の順序で、ランダム振動、熱真空試験、熱衝撃 試験、ランダム振動を実施した。

各試験条件は、H−IIロケットの打ち上げとその後の運用を模擬する為、3.1項の振動試験 後(通常コンポーネント認定の印加時間とした。)の熱真空試験および熱衝撃試験とした。

熱真空試験は、NASDA-STD-5の条件とした。また、熱衝撃試験は、10年以上の実 運用を模擬し標準試案の確認試験と同じ温度範囲としサイクル数は静止衛星を考慮したサイクル 数とした。

(2) 負荷条件

- ランダム振動試験は、次の条件で実施した。
   全実効加速度 : 235 m/s 2 {24Grms}
   加振時間 : 180s (3分) × 3 軸
- ・ 熱真空試験は、次の条件で実施した。
   温度範囲 : 243.15K(-30℃)、373.15K(100℃)の各温度で、その保持時間は1.8ks(30分)とする。
   温度サイクル : 20サイクル
   真空度 : 1.3mPa {1×10-5 Torr}
- ・ 熱衝撃試験は、次の条件で実施した。
   温度範囲 : 243.15K (-30℃)、373.15K (100℃)
   試験サイクル : 1,000 サイクル
   保持時間 : 1.8ks (30 分)、移行時間 120s (2 分) 以内
- (3) 検査項目
- ・ 外観検査 : QFPリード及びチップ部品のはんだ付部とその周辺を対象に15倍と3 0~40倍の
   拡大鏡により外観検査を行った。
   また、QFPの固着部分の浮き、剥離等の有無についても検査を行った。
- ・ 断面観察 : 試験中に異常や欠陥が観察された部位を重点に断面観察を行った。

- ・ 電気特性検査 : QFPリードの導通検査及び各チップ部品の電気的特性検査を実施した。
- ・ QFPリード引張試験:代表的箇所を選んで実施した。
- ・ 非破壊検査 : 熱衝撃試験終了後に、外観検査での疑わしい箇所についてX線観察による検 査を実施した。

3.4 マイグレーション試験

ファインピッチパッケージでは、パッド間の間隔 0.2 mm程度となり、この導体間隔に最悪20 Vの電圧が加わることが考えられる。フロンに代わる洗浄方法が検討されているが、基板の洗浄 状態が完全でない場合は導体間にマイグレーションが発生し易くなるため、洗浄の信頼性評価を 行う必要がある。

そこで洗浄の評価として、オメガメーターによる洗浄度計測に加え、マイグレーション特性評 価の加速試験を行った。

(1) 試験条件

マイグレーションは、60℃以上で温度依存性があると言われていること、及び相対湿度は実 運用の加速試験として条件を設定した。これらの条件は、標準試案での確認試験と同じものであ る。

なお、QFPおよびチップコンデンサへの電圧印加は、それぞれの実運用での最大電圧とした (電源電圧変動含む)。

- ・ 温度条件 :60℃
- 湿度条件 :90%RH
- 試験時間 : 2000時間
- ・ バイアス電圧 : QFPリード部  $\rightarrow$  20VDC チップコンデンサ  $\rightarrow$  29VDC
- (2) 検査項目
- 初期状態及び 7.2Ms(2000時間)において以下の検査を実施した。
- ・ 外観検査:初期、7.2Ms(2000時間)終了後の時点で実施した。但し、試験中にマイグレ ーションの兆候が見られたので適宜検査を実施した。
- 断面観察:試験中に短絡等の異常や欠陥が観察された部位を重点に断面観察を行った。

4. 結果

- 4.1 評価試験の結果
- 4.1.1 ランダム振動試験

3.1 項による試験の結果、固有振動数、共振倍率は妥当な値であり、耐震設計は問題ないこと を確認した。

表 19.4-1 に、試験結果を示す。

PWB 種類	部品名称	タイプ	$235 \mathrm{m/s}^2$ {24Grms}		
		А	0		
ポリノミド	QFP	В	0		
ホリイ ミト (コーテ ハンガ		С	0		
()1-)	チップ部品	А	0		
a) y o )		В	0		
		С	0		

表 19.4-1 ランダム振動試験

#### 4.1.2 機械的衝撃試験

3.2 項による試験の結果、H−IIロケットを想定した打ち上げ時の振動、切り離し時の衝撃に も十分耐え得ることを確認した。

表 19.4-2 に、試験結果を示す。

PWB 種類	部品名称	タイプ	$6865 \mathrm{m/s}^2 \{700\mathrm{G}\}$
		А	0
ポリノミド	QFP	В	0
ホリイ ミト (コーティン/グ		С	0
(J-) 1 2 9		А	0
$\alpha ) , \gamma \circ )$	チップ部品	В	0
		С	0

表 19.4-2 機械的衝撃試験

#### 4.1.3 環境試験

**3.3**項による試験の結果、2種類の評価ボード(ポリイミド、メタルコア)ともに宇宙用機器 が遭遇する環境に耐え得ることを確認した。

また、ネットワーク抵抗については、熱疲労寿命が厳しく、パッド形状・はんだ量の改善が必要であることが判明した。

表 19.4-3 に、試験結果を示す。

PWB 種類	部品名称	タイ プ	ランダ ム	熱真 空	熱衝 撃	ランダ ム
		А	0	0	0	0
	QFP	В	0	0	0	0
		С	0	0	0	0
ポリイミド	チップ部品	А	0	0	0	0
(コーティン ゲ	(ネットワーク	В	0	0	0	0
あり。)	抵抗を除く。)	С	0	0	0	0
	チップ部品 (ネットワーク 抵抗を含む。)	А	0	0	0	$\bigcirc$
		В	0	0	0	×
		С	0	0	×	×
		D	0	0	0	$\bigcirc$
メタルコア (コーティン グ あり。)	QFP	Е	0	0	0	0
		F	0	0	0	0
	チップ部品 (ネットワーク	D	0	0	0	$\bigcirc$
		Е	0	0	0	0
	抵抗を除く。)	F	0	0	0	$\bigcirc$
	チップ部品	D	0	0	0	0
	(ネットワーク	Е	0	0	0	×
	抵抗を含む。)	F	0	0	0	0

表 19.4-3 環境試験(〇印は異常なし、×印は、はんだ付部クラック発生)

※ 条件:ランダム振動→熱真空→熱衝撃→ランダム振動

4.1.4 マイグレーション試験

3.4 項による試験の結果、QFP セラミックパッケージは腐食、マイグレーションを起こしやすいことが 判った。

表 19.4-4 に、試験結果を示す。

<b>PWB</b> 種類	部品名称	タイプ	7.2Ms(2,000H)
		А	×
ポリノこい	QFP	В	×
ホリイ ミト (コーティング		С	×
(1 - 7 + 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7 - 7		А	0
んし。)	チップ部品	·ップ部品 B	
		С	0

表 19.4-4 マイグレーション試験(○印は異常なし、×印はマイク゛レーション発生)

マイグレーションは、パッケージ上のリード引き出し用パッド間で発生、 以降、同部位を 接続から外し試験を継続した。

- 5. 考察
- (1) ランダム振動試験及びその後の衝撃試験の結果、ファインピッチパッケージの実装及びチップ部品の実装の設計、製造に問題のないことが確認された。このことにより、宇宙環境下での使用に耐えられることが判明し、宇宙用機器への採用が可能であることが分かった。
- (2) 環境試験においては、ランダム振動試験→熱真空試験→熱衝撃試験→ランダム振動試験のシ ーケンスで熱衝撃試験と最後のランダム振動試験後、大型チップ部品のはんだ付部にクラッ クが発生しているのは、振動による機械的応力及び部品とプリント基板との線膨張係数の差 が大きいことが原因ではないかと推定される。そのため、当該部品(リードなし)を採用す る際は、パッド設計、はんだ量の適正化等、十分な事前評価を行うことが必要である。また、 リード付き部品の場合は、部品本体を接着固定することが重要である。
- (3) マイグレーション試験の結果、QFP セラミックパッケージは腐食、マイグレーションが発生しやすい のが分かった。したがって、設計の段階で、耐マイグレーション性を高めるための防湿コー ティングについて配慮する必要がある。

6. あとがき

実際に宇宙機で使用されるQFPおよび表面実装部品を搭載した高密度実装基板に対し、模擬 宇宙環境下で評価試験を実施し、表面実装技術の宇宙用としての適用性を評価した。

平成5年度から平成7年度まで耐環境試験を中心に実施し平成8年度に熱解析を行ない、宇宙 用としての表面実装技術の適用が可能であることを確認した。

- 7. 参考文献
- (1) N z A S D A T M R 960007
   宇宙開発事業団技術報告「ファインピッチパッケージ及び表面実装工法の評価」
- (2) 「ファインピッチパッケージ及び表面実装部品の実装評価」信学技報、R94-39、 P13~18、電子情報通信学会、1994-11
- (3) 「ファインピッチパッケージ及び表面実装部品の実装評価」第25回 日科技連 信頼性・保安性シンポジュム 報文集 P57~62
- (4) MRC93-0424
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装評価の研究(その1のア)
   成果報告書
- (5) MRC93-0425
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装評価の研究(その1のイ)
   成果報告書
- (6) MRC93-0426
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装評価の研究(その1のウ)
   成果報告書
- (7) 0000052521
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装評価の研究(その2のア)
   成果報告書
- (8) 000005253
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装評価の研究(その2のイ)
   成果報告書
- (9) 000005255
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装評価の研究(その2のウ)
   成果報告書
- (10) 0 0 0 0 0 8 6 4 3
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装工法の評価(そのア)
   成果報告書
- (11) 0 0 0 0 0 8 6 4 5
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装工法の評価(そのイ)
   成果報告書
- (12) 0 0 0 0 0 8 6 4 7
   委託業務「ファインピッチパッケージ及び実装工法の評価(そのウ)
   成果報告書

# 技術データ20 熱衝撃試験と温度サイクル試験による比較評価

# 目 次

1.	はじめに	20-2
2.	供試体の作成	20-2
3.	試験条件・評価項目	20-3
4.	結果	20-3
4.1	「熱衝撃試験」と「温度サイクル試験」の比較	20-3
4.2	JERG-0-043の評価試験仕様と JERG-0-039の評価試験仕様の比較	20-5
5.	まとめ	20-6
6.	参考文献	20-6

## 図表目次

図 20.4-1	1000 サイクル(-55~125℃)後のはんだ付部外観	20-4
⊠ 20.4-2	1000 サイクル(-55~125℃)後のはんだ付部SEM象(RMS15の例)	20-4
図 20.4-3	各サイクル条件でのはんだ付部の変化	20-5
表 20.1-1	熱衝撃試験と温度サイクル試験の違い	20-2
表 20.2-1	供試部品	20-2
表 20.3-1	試験条件	20-3
表 20.4-1	試験結果(-55~125℃)	20-3
表 20.4-2	「JERG-0-043」と「JERG-0-039」のサイクル数による比較結果	20-6

1. はじめに

JERG-0-043 では、はんだ付部の評価試験仕様として、急激な温度変化となる「熱衝撃試験」 を適用しているが、従来より「宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-039)」の中では温度勾配を持 つ「温度サイクル試験」が適用されてきた。本資料は、この「熱衝撃試験」と「温度サイクル試 験」によるはんだ付部の劣化について比較検討したものである。

試 験 条 件	熱 衝 撃 試 験	温度サイクル試験				
温度幅	$-3.0 \sim 1.0.0$ °C	$-5.5 \sim 1.00$ °C				
温度勾配	移動時間5分以内	最大5℃/分				
保持時間	30分	15分				
時間/1サイクル	約1時間	約2時間				
サイクル数	1000サイクル	200サイクル				
プロファイル	(°C) - 30分 100 30 50 90 120 0 -30 - 19494(1日) - 温度移動5分以内	(℃) 温度勾配 100 最大5℃/分 30 60 90 120 0 -55 19494(2田)				

表 20.1-1 熱衝撃試験と温度サイクル試験の違い

#### 2. 供試体の作成

供試体は表 20.2-1 に示す各種チップ部品を JERG-0-043 による温度プロファイルでリフロー工 法で作成した。

	21	P 11 111 111	
部品名称 (部品番号)	寸 法 (mm)	備考	構造
コンデンサ(GR250)	$8.0 \times 6.3 \times 2.7 \mathrm{T}$	民生部品*1	外部電極
コンデンサ(CDS56)	$5.8\!\times\!8.45\!\times\!1.6\mathrm{T}$	NASDA 認定品	
コンデンサ(GRM39)	$1.6L \times 0.8 \times 0.9T$	民生部品	誘電体 内部電極
抵 抗 器(RMS15)	$2.0L \times 1.27W \times 0.5T$	NASDA 認定品	
			「「「「「「「「「」」」「「「」」」「「」」「「」」「「」」「」」「」」「「」」」「」」「」」「」」「」」「」」「」」」「」」「」」」「」」」「」」」「」」」「」」」「」」」」

表 20.2-1 供試部品

※1設計はNASDA CDS60S同等

#### 3. 試験条件·評価項目

供試体に表 20.3-1 に示す条件で試験を行い、試験前及び200、500、1000サイクル時 点ではんだ付部の外観検査及び部品の電気的特性の検査を行った。

	<b>.</b>	
試験名称	温度幅	備考
熱衝撃試験	$-3.0 \sim 1.0.0$ °C	JERG-0-043 での条件
及び	$-5.5 \sim 1.0.0$ °C	JERG-0-039 での条件
温度サイクル試験	$-5.5 \sim 1.2.5$ °C	上記試験の加速条件

表 20.3-1 試験条件

4. 結果

4.1 「熱衝撃試験」と「温度サイクル試験」の比較

温度条件としも最も激しい-55~125℃での試験結果を表 20.4-1、図 20.4-1 及び図 20.4-2 に示す。

表 20.4-1 試験結果(-55~125℃)

200、500、1000 サイクルにおける各部品のはんだクラックラベル(試料数=各30個)

部品名称	サイクル数	2	200	サイクル	r	5	500	サイクル		1	0 0	O サイク	N
(部品番号)	クラックラヘ゛ル	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
コンデンサ	熱衝撃		30				1	29					30
(GR250)													
	温度サイクル	<b>5</b>	30				30				1	4	25
コンデンサ	熱衝撃		25					30					30
(GRS56)													
	温度サイクル		30				30					8	22
コンデンサ	熱衝撃		30				30					10	20
(GRM39)													
	温度サイクル		30				30				10	9	2
抵抗器 (RMS15)	熱衝撃		30					14	16			5	25
	温度サイクル		30					30				1	29

### 熱衝撃試験



温度サイクル試験





図 20.4-1 1000 サイクル (-55~125℃)後のはんだ付部外観

熱衝撃試験





温度サイクル試験





図 20.4-2 1000 サイクル (-55~125°C)後のはんだ付部SEM象(RMS15の例)

表 20.4-1 より、熱衝撃試験の方が温度サイクル試験と比べてクラックの発生、及びその進行が 早いことがわかる。

また、外観検査からも図 20.4-1 に示すように熱衝撃試験によるはんだ付部表面のしわ等による 変質が進んでいることが分かる。

しかし、両試験の差は大きなものではなく、図 20.4-2 に示すSEM像からは、クラックの深さ、 又ははんだ結晶の粗大化の点で両試験間に大きな違いは見られなかった。

なお、他の温度条件においても程度の差はあるが同様の結果であった。

4.2 JERG-0-043の評価試験仕様と JERG-0-039 の評価試験仕様の比較

JERG-0-043 と JERG-0-039 では試験温度幅が異なることから、同等となる試験条件(サイクル数)を把握するため、各サイクル数によるはんだ付部の変化を観察した結果を図 20.4-3 に示す。



図 20.4-3 各サイクル条件でのはんだ付部の変化
図 20.4-3 及び先に示した表 20.4-1 等のはんだ付部観察より JERG-0-043 と JERG-0-039 条件 におけるサイクル数による比較結果を表 20.4-2 に示す。

_	表 20.4-2	「JERG-0-043」	と	「JERG-0-039」	のサイクル数による比較結果
---	----------	--------------	---	--------------	---------------

「JERG-0-043」による試験		「JERG-0-039」による試験
(熱衝撃:-30~100℃)	比較*	(温度サイクル: -55~100℃)
1000サイクル	$^{>}$	200サイクル
1000サイクル	=	500サイクル
500サイクル	==	200サイクル

*: A > B (AがBより厳しい。)、 $A = B(A \ge B \And B \And B)$ 

- 5. まとめ
- (1) 同温度条件の場合、熱衝撃試験と温度サイクル試験とを比較すると、熱衝撃試験の方がはんだ付部の評価としては厳しい試験である。これは、はんだ結晶の粗大化にはほとんど違いが見られないことから、温度移動時に部品、プリント基板及びはんだ材料の熱膨張係数の違いにより発生する熱応力が、急激な温度変化となる熱衝撃試験ではより大きく働くためと考えられる。
- (2) しかし、両試験の差は大きなものではなく、クラックの発生モード(発生場所、クラック深 さ等)にはほとんど差がないことから両試験の互換性も十分にあるといえる。
- (3) JERG-0-039 に規定された温度サイクル試験条件とJERG-0-043の熱衝撃試験条件はほぼ同等の試験である。
- 6. 参考文献

「温度サイクル試験と熱衝撃試験におけるはんだ接合部の劣化についての比較評価」 信学技報、R96-30、P25~30、電子情報通信学会、1996-12

# 技術データ21 フラックス残渣の影響評価方法

## 

## 図表目次

### 

1. 目的

溶剤、洗浄剤残渣およびフラックス残渣が基板に残存したとき、絶縁信頼性に影響を及ぼすこ とがあるので、使用する溶剤、洗浄剤およびフラックスなどは、絶縁抵抗試験で絶縁劣化させな いものが望ましく、絶縁抵抗試験としては以下に示す評価方法が有効である。

- 2. 絶縁抵抗試験方法
- (1) 評価用基板の銅櫛形電極部に試料を約30µ1塗布し、100℃30分乾燥後、絶縁抵抗試験 を行う。絶縁抵抗の測定は、恒温恒湿槽の中で電極間の漏れ電流を計測し、抵抗値に換算す る。
- (2) 評価用基板
   基板材質;ガラス基材エポキシ基板(IPC-L-108A GPV or GPW)
   電極形状;銅櫛形電極(JIS Z 3197 2型)
   ソルダーレジスト;IPC-SM840 クラス3相当
- (3) 試験方法



図 21.2-1 絶縁抵抗試験環境

(4) 試験条件

温度60℃、湿度95%RH、印加電圧DC50V、試験時間500時間 判定基準

100MΩ以上の絶縁抵抗であること。

3. 参考文献

平成5年度 フロン対策実装基板洗浄性の研究、3-1-4

# 技術データ22 外観判定基準の比較(網掛け部をJERG-0-043に採用)

## 図表目次

$\boxtimes 22.1$	角型端子部品	22-2
図 22.2	内曲げリード端子部品	22-3
図 22.3	底面のみの端子部品	22-4
図 22.4	凹型端子のLCC	22-5
図 22.5	J リード端子部品」	22-6
図 22.6	ガルウィングリード端子部品	22-7
図 22.7	MELF	22-8
表 22.1	角型端子部品外観判定基準の比較	22-2
表 22.2	内曲げリード端子部品外観判定基準の比較	22-3
表 22.3	底面のみの端子部品外観判定基準の比較	22-4
表 22.4	凹型端子の LCC 外観判定基準の比較	

<u>да 11.т</u>		11 0
表 22.5	J リード端子部品外観判定基準の比較	22-6
表 22.6	ガルウィングリード端子部品外観判定基準の比較	22-7
表 22.7	MELF 外観判定基準の比較	22-8

		要求値			
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	改定理由
最大の側面はみ出し	А	0.25W	0.25W	0.25W 又は 0.25P のい ずれか小さい値、最小電 極間隙を守ること。	J-STD に準拠し、ラ ンド幅による規定を 追加
最大の先端はみ出し (図示なし)	В	規定なし	規定なし	許容しない	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠
最小の接合幅	С	0.75W	規定なし	0.75W 又は 0.75P のい ずれか小さい値	J-STD に準拠し、ラ ンド幅による規定を 追加
最小の接合長さ	D	0.75T 又は 0.13mm の いずれか小さい値	規定なし	良好なフィレットが形 成されていること。	変更なし
最大フィレット高さ	Е	ランドや端子をはんだ が越えてはいけない。	フィレットが電極上面 に形成されてもよい。幅 方向にはランド幅を最 大値とする。ランドや電 極へのぬれ角が 90°未 満であること。	フィレットが電極上面 に形成されてもよいが、 電極部を越えて部品本 体にはみ出してはなら ない。	詳 細 規 定 の あ る J-STD に準拠
最小フィレット高さ	F	0.3H 又は 1mm のいず れか小さい値	0.5H(部品厚さ)	G+0.25H 又 は G+0.5mm (0.02in)の いずれか小さい値	変更なし
スタンドオフ高さ	G	0~0.3mm	規定なし	規定なし	変更なし
電極厚さ	Н	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠
ランドと電極の重な り	J	規定なし	規定なし	重なりがあること	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠
ランド幅	Р	規定なし	規定なし	設計値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠
電極幅	W	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠
最大取付角度	Θ	$10^{\circ}$	部品の傾きは、部品厚さ の25%未満とすること。	規定なし	変更なし

表 22.1 角型端子部品外観判定基準の比較









図 22.1 角型端子部品

		要求値				
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	改定理由	
最大の側面はみ出し	А	規定なし	0.25W、最小電極間隙を 守ること。	0.25W 又は 0.25P のい ずれか小さい値、最小電 極間隙を守ること。	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
最大の先端はみ出し (図示なし)	В	規定なし	規定なし	許容しない	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
最小の接合幅	С	規定なし	規定なし	<b>0.75W</b> 又は <b>0.75P</b> のい ずれか小さい値	J NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	
最小の接合長さ	D	規定なし	規定なし	0.75L	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
最大フィレット高さ	Е	規定なし	0.75H、幅方向にはラン ド幅を最大値とする。フ ィレット上からリードの 輪郭が見えること。	H+G、はんだが部品本体 に接触してはならない。	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
最小フィレット高さ	F	0.3H 又は 1mm のいず れか小さい値	規定なし	G+0.25H 又は G+0.5mm(0.0197in) のいずれか小さい値	変更なし	
はんだ厚さ	G	0~0.3mm	規定なし	良好なフィレットが形成 されていること。	変更なし	
リード高さ	Н	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
最小ランド残り (突き出し)	K	規定なし	規定なし	0.5H 又は 0.5mm(0.0197in) のいずれか小さい値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
リード接合長さ	L	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
ランド幅	Р	規定なし	規定なし	設計値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
ランド長さ	s	規定なし	規定なし	設計値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	
リード幅	W	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規定 がないため J-STD に 準拠	

表 22.2 内曲げリード端子部品外観判定基準の比較



出典 : J-STD-001C

図 22.2 内曲げリード端子部品

		要求值			
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	改定理由
最大の側面はみ出し	А	規定なし		最小電極間隙を守るこ と。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
最大の先端はみ出し	В	許容しない		許容しない	変更なし
最小の接合幅	С	0.75W		<b>0.75W</b> 又は <b>0.75P</b> のい ずれか小さい値	J-STD に準拠し、ラ ンド幅による規定を 追加
最小の接合長さ	D	規定なし	項目なし	良好なフィレットが形成 されていること。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
最大フィレット高さ	Е	規定なし		規定しない	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
最小フィレット高さ	F	規定なし		良好なフィレットが形成 されていること。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
スタンドオフ高さ	G	規定なし		良好なフィレットが形成 されていること。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
ランドと電極の重な り	J	規定なし		重なりがあること。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
ランド幅	Р	規定なし		設計値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
電極幅	W	規定なし		部品固有の値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠

### 表 22.3 底面のみの端子部品外観判定基準の比較



出典 : J-STD-001C

図 22.3 底面のみの端子部品

### JERG-0-043-TM001A

		要求値				
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	改定理由	
最大の側面はみ出し	А	0.25W	ランドからはみ出ないこ と。	<b>0.25W、最小電極間隙を</b> 守ること。	詳細規定のある J-STD に準拠	
電極のはみ出し	В	規定なし	規定なし	許容しない	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	
最小の接合幅	С	規定なし	規定なし	0.75W	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	
最小の接合長さ	D	規定なし	規定なし	0.5F 又はS のいずれか 小さい値、長さDはフィ レット高さFに依存す る。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	
最大フィレット高さ	Е	規定なし	フィレット表面の膨らみ は許容するが、ぬれ性よ く接合されており、フィ レットー電極間およびラ ンド間のぬれ角が 90° 未満であること。	規定しない	NASDA-STD J-STD ともに規定が ないため NASA- STD に準拠	
最小フィレット高さ	F	0.25H	0.75H、ぬれ性良好かつ、 電極-ランド間フィレッ トが凹状であること。	G+0.25H	規定のより厳しい J-STD に準拠	
スタンドオフ高さ	G	0~0.3mm	0.127mm (0.005in) 以 上	良好なフィレットが形成 されていること。	変更なし	
電極高さ	Н	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	
ランド長さ	S	規定なし	規定なし	設計値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	
電極幅	W	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠	

表 22.4 凹型端子の LCC 外観判定基準の比較



出典 : J-STD-001C

図 22.4 凹型端子のLCC

			要求值		
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	改定理由
最大の側面はみ出し	А	0.25W	0.25W、最小電極間隙を 守ること。	0.25W	変更なし
最大の先端はみ出し	В	規定なし	0.25W、最小電極間隙を 守ること。	部品固有の値	NASA-STD 及び J-STD を比較し、記 述の具体的な NASA- STD に準拠
最小の接合幅	С	規定なし	規定なし	0.75W	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
最小の接合長さ	D	1.5W 又は0.7Jのいず れか小さい値	規定なし	1.5W	変更なし
最大ヒールフィレッ ト高さ	Е	 規定なし	<ul> <li>0.5×(リード高さ)、</li> <li>凸状のフィレット平面も</li> <li>許容するが、ぬれ角が</li> <li>90°未満であること。フィレット上からリードの</li> <li>輪郭が見えること。ヒー</li> <li>ルフィレットが形成されていること。</li> </ul>	はんだはパッケージ本体 に接触してはならない。	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
最小ヒールフィレッ ト高さ	F	規定なし	リードの曲がり始めに達 していること。ヒールフ ィレットが形成されてい ること。	G+T	NASA-STD 及び J-STD を比較し、記 述のより具体的な NASA-STD に準拠
最大はんだ厚さ	G	0.75mm	 規定なし	良好なフィレットが形成 されていること。	変更なし
リード厚さ	Т	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠
リード幅	W	規定なし	規定なし	部品固有の値	NASDA-STD に規 定がないため J-STD に準拠

表 22.5 Jリード端子部品外観判定基準の比較



出典 : J-STD-001C

図 22.5 Jリード端子部品」

		要求値	改定理由		
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	成定连田
最大の側面はみ出し	А	0.25W	0.25W、最小電極間隙を 守ること。	0.25W 又は 0.5mm (0.02in) のいずれか小 さい値、最小電極間隙を 守ること。	
最大の先端はみ出し	В	規定なし	0.25W、最小電極間隙を 守ること。	最小電極間隙を守るこ と。	
最小の接合幅	С	規定なし	規定なし	0.75W	
最小の接合長さ	D	規定なし	規定なし	0.75L 又はW のいずれ か小さい値、ファインピ ッチリードは、接合長さ が 0.5mm (0.02in) 以上 あること。	
最大ヒールフィレッ ト高さ	Е	規定なし	ぬれ性良好かつ、リード ーランド間フィレットが 凹状であること。フィレ ット上からリードの輪郭 が見えること。	はんだフィレットはリー ド肩の曲げ部にかかって もよい。はんだは部品モ ールド部やシール部に接 触してはならない。(薄型 ICパッケージの場合 を除く。) 42 アロイや 同等金属のリードを有す るロープロファイルの表 面実装部品は、ボディの 下にはんだがはみ出して はならない。	宇宙向けガルウィン グリード端子部品は リード整形して使用 する場合が多く、一 般的な SOP・QFP への適用を想定した J-STD と合わないた め、変更しない
最小ヒールフィレッ ト高さ	F	規定なし	規定なし	G+T、リードの先端が下 がっている形状の場合、 ヒールフィレットはヒー ル曲部の中点まで達して いること。	
最大はんだ厚さ	G	2T	0.26mm(0.010in)未満	良好なフィレットが形成 されていること。	
リード接合長さ	L	規定なし	規定なし	部品固有の値	
リード厚さ	Т	規定なし	規定なし	部品固有の値	
リード幅	W	規定なし	規定なし	部品固有の値	
最大リード曲がり	J	ЗТ	規定なし	規定なし	

表 22.6 ガルウィングリード端子部品外観判定基準の比較



図 22.6 ガルウィングリード端子部品

		要求値			
項目	寸法	NASDA-STD-22 (JERG-0-043)	NASA-STD-8739.2	J-STD-001C (class 3)	改定理由
最大の側面はみ出し	А		0.25W	0.25W 又は 0.25P のい ずれか小さい値、最小電 極間隙を守ること。	
最大の先端はみ出し	В		0.25R	許容しない	
最小の接合幅	С		規定なし	0.5W 又は0.5P のいず れか小さい値	
最小の接合長さ	D		規定なし	0.75R 又は 0.75S のい ずれか小さい値、ただし 端面のみに電極を持つ部 品は適用外	
最大フィレット高さ	Е	項目なし	W+G、ランドと接する 部分にフィレットが広が っていること。電極上面 へのフィレット形成は許 容しない。フィレット上 から電極の輪郭が見える こと。	フィレットが電極上面に 形成されてもよいが、電 極を越え部品本体にはみ 出してはならない。	NASA-STD 及び J-STD を比較し、規
最小フィレット高さ	F		0.5W+G、電極上部およ びランドとのぬれ角が 90°未満であること。フ ィレット上から電極の輪 郭が見えること。	良好なフィレットが形成 されていること。	定がより厳しく、か つ記述の具体的な J-STD を採用
スタンドオフ高さ	G		規定なし	良好なフィレットが形成 されていること。	
ランドと電極の重な り	J		規定なし	良好なフィレットが形成 されていること。ただし 端面のみに電極を持つ部 品は適用外。	
ランド幅	Р		規定なし	設計値	
電極長さ	R		規定なし	部品固有の値	
ランド長さ	S		規定なし	設計値	
電極径	W		規定なし	部品固有の値	

表 22.7 MELF 外観判定基準の比較



出典 : J-STD-001C

Ģ

≠DÞ ← s → F

Ť

図 22.7 MELF

# 技術データ23 はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本

	目	次	
1.	はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果		
1.1	はじめに		
1.2	評価用サンプル製作		
1.2.1	評価サンプルA		
1.2.2	? 評価サンプル B の製作		
1.2.3	はんだ付け部の初期外観判定		
1.3	試験条件		
1.3.1	熱衝擊試験		
1.3.2	? 評価試験フロー		
1.3.3	3 外観観察(光学顕微鏡写真)		
1.3.4	はんだ付部の断面観察		
1.4	評価結果		
1.4.1	定点観察結果(外観/断面観察結果)		
1.4.2	2 外観観察写真および断面観察写真結果		
1.5	SEM/EDX 観察結果		
1.5.1	はんだ表面の SEM/EDX 観察結果		
1.6	まとめ		
2.	はんだ付検査・判定基準の見本		

# 図表目次

⊠ 23.1-1	評価用基板	23-4
図 23.1-2	基板概略図	23-4
図 23.1-3	PWB組立品製造フロー	23-6
図 23.1-4	リフローソルダリング温度プロファイル	23-7
図 23.1-5	フローソルダリング温度プロファイル	23-7
図 23.1-6	組立実装状態外観	23-8
図 23.1-7	表面実装評価用基板	23-9
図 23.1-8	評価用基板外略図	23-10
図 23.1-9	表面実装PWB組立品製造フロー	23-13
図 23.1-10	表面実装評価用基板サンプル	23-14
図 23.1-11	熱衝撃試験装置 (株式会社ロバート製)	23-15

図 23.1-12	試験槽への評価サンプル設置状態	23-15
図 23.1-13	評価試験実施手順	23-16
図 23.1-14	「クラック等級(JERG-0-043 5.11.2 項 クラック深さ評価及び判定より抜粋	)]23-21
図 23.1-15	「初期状態(チップコンデンサ(C小)より抜粋)」	23-22
図 23.1-16	「初期状態(チップ抵抗器(R大)より抜粋)」	23-23
図 23.1-17	「表面状態:ザラツキ(2000 サイクル供試品より抜粋)」	23-23
図 23.1-18	「表面状態:ザラツキ(2000 サイクル供試品より抜粋)」	23-24
図 23.1-19	「表面状態:ザラツキ(500 サイクル供試品より抜粋)」	23-24
図 23.1-20	「表面状態:ザラツキ(1000 サイクル供試品より抜粋)」	23-25
図 23.1-21	「表面光沢(1000 サイクル供試品より抜粋)」	23-25
図 23.1-22	「表面光沢(2000 サイクル供試品より抜粋)」	23-26
図 23.1-23	「チップコンデンサ(C小:CDS51相当)」	23-27
図 23.1-24	「チップコンデンサ(C大:CDS53相当)」	23-28
図 23.1-25	「チップコンデンサ(C タンタル:CWS11 相当)」	23-29
図 23.1-26	「チッフ゜タ゛イオート゛(D:JANS1N シリース゛)」	23-30
図 23.1-27	「チップ抵抗(R小:Bサンプル/RMS10相当、A サンプル/M54342K06相当)」	23-31
図 23.1-28	「チップ抵抗(R大:RMS12相当)」	23-32
図 23.1-29	「光沢無し部(ザラツキ部) SEM 観察結果(0 サイクル供試品より抜粋)」	23-33
図 23.1-30	「光沢無し部(ザラツキ部) EDX 分析結果」	23-34
表 23.1-1	表面実装タイプ部品	23-5
表 23.1-2	ソルダペーストの仕様	23-5
表 23.1-3	リフローはんだ付け条件	23-6
表 23.1-4	表面実装部品	23-11
表 23.1-5	使用ソルダペーストの仕様	23-11
表 23.1-6	リフローはんだ付作業条件	23-12
表 23.1-7	外観判定基準	23-14
表 23.1-8	外観観察対象サンプル	23-17
表 23.1-9	「外観観察からのクラック発生状況」	23-20
表 23.1-10	「断面観察からのクラック発生状況」	23-21

1. はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果

1.1 はじめに

宇宙機のはんだ付の良否判定基準等に関しては、宇宙用はんだ付け工程標準(JERG-0-039) 及び宇宙用表面実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)が適用されている。

これらの基準は、全てのはんだ付けの良否判定基準を明確に示すものではなく、検査員の技量 等に依存している。さらに近年、実装基板の多層化が進展し、従来の実装基板より熱容量が増加 し、外観状態に様々な事象が発生し、これまでの判定基準では対応が困難な場合が発生している。

このため、表面実装した部品の評価サンプルを用いて、宇宙用表面実装はんだ付工程標準 (JERG-0-043)の参考となるような写真類を整備すると共に、多層基板に対する良否判定基準の 検討を熱衝撃試験(熱衝撃試験、外観確認及び断面観察)と共に実施することにより、接合部信 頼性評価に基づいた良否判定の参考となる写真の充実を図り、工程標準類の質の向上を図るもの である。

### 1.2 評価用サンプル製作

1.2.1 評価サンプルA

1.2.1.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA という)の認定仕様で製作した。

なお、基板層数を2層、8層の2種類にすることにより熱容量差を設け、実製品の仕上がり実 態を反映する様に考慮すると共に、表面実装部品とスルーホール実装部品を実装する設計とした。

材料 : ガラスエポキシ(FR-4)

表面処理 :はんだレベラー

板厚 : t = 1. 6 mm

外形 : 1 9 0 mm×2 8 0 mm

- 層数 : 2層、8層の2種類
- パッド仕様 : JERG-0-042 及びJERG-0-043 に準拠

評価用基板概略を、図 23.1-1、図 23.1-2 に示す。



図 23.1-1 評価用基板

	• •				- 13	8 B				8 I	•		••	1981										
						6 8	• •		• •	6. I	• •	•	• •	•										
31 B B						0.8	• •	- 1	• •		• •	•	• •	•	5220	12203	1111	7994		22	01555	ana a	177	19294
	•••	•••	•••		- 6	23	•••		•		•	•				-	-	-	-			-		-
•••	••					2 2	::			83									-					
• • •														•					65					
									••										6					
11111111							••		••		••				30					Seal	33			
					•		••				••						••					8	•	1. A.
																			1				٠	•
							••		••		••					34			12					
		10103271030	1000000000												1.10.	10		0.000		anan.				
			ANNUM																			3	•	
						195	123	1000	e.	1995	172	82	121121			1								
							•	•••		••			••			0.1								
							•		5		24								54					
	•	• •																						
									Ĕ.															
			11111111																					
						070	175	10227	55	202		100	976176		12223		1252		22	22	225	8	32	23
		11111111	11111111				••	••••	••		3	••••	••••											
									••		- 8									19		1		20
111111111		111111111	111111111				••		••		- 3								-	-	-			
							86																	
							••		••		1	••••										-		
							••	•••	••		- 8	•••	••••					2		20				84
							••		••		5							č –	-	8538	-	-		1000
1.20120	1002201044							102004	828				0.8935.000											
							••		•••			••••	••••		0.7700770		15 5 		-	01000		-89		10070
				••	••	•	••		••															
				••	••	•					- 3													
				••	••	•					2						• •							- /
								-																11 I I

図 23.1-2 基板概略図

### 1.2.1.2 電気部品

評価に供試した部品を表 23.1-1 に示す。表面実装タイプの評価部品は、外形形状、材質として 製品を模擬する代表的な特徴のある部品を選定した。表面実装タイプとしては、チップ部品とフ ラットパック I C とした。チップ部品は、ボディ材質や電極材質、外形寸法の異なる抵抗チップ 2種、積層セラミックコンデンサチップ3種、タンタルコンデンサチップ、ダイオードチップを 選択し、フラットパック I C は、同種のなかでも大型の 1.27mmピッチ 32 ピンのセラミックパ ッケージ部品を選定した。部品品種は、合計8種26点/1基板を選定した。

	A	10,11 扒面八私/		
部品タイプ	品名	代表部品型名	外径寸法 mm	実装個数/基板
表面実装	抵抗チップ	M55342K06相当	2.0 × 1.25 × 0.4	5
		D55342K07相当	3.2 × 1.5 × 0.6	5
	積層セラミックチップ	NASDA CDS51相当	2.03 × 1.27 × 0.96	5
	コンデンサ	NASDA CDS53相当	4.57 × 2.03 × 1.27	3
		NASDA CDS54相当	4.57 × 3.18 × 0.96	5
	タンタルチップ	NASDA CWS11相当	7.3 × 4.4 × 2.8	1
	コンデンサ			
	ダイオードチップ	JANS1N シリーズ	4.68 × 2.47 × 2.47	1
			$4.45 \times 1.84 \times 1.84$	1
	フラットパックIC	5962F相当	1.27mmピッチ32ピン	1

表 23.1-1 表面実装タイプ部品

#### 1.2.1.3 はんだ

ソルダペーストの仕様をそれぞれ表 23.1-2 に示す。

表 23.1-2 ソルダペーストの仕様

	ソルダーペースト
フラックスタイプ	RMA
	(RO-L1)
合金組成[wt%]	63Sn/37Pb
粉末の粒度[ <i>μ</i> m]	25-45

### 1.2.1.4 部品はんだ付実装

図 23.1-3 PWB組立品製造フローに実装プロセスを記載する。表面実装部品の実装プロセス は、クリームはんだ印刷、部品搭載、リフローソルダまでを一連の実装ラインで実施し、フラッ クス洗浄をバッチタイプの洗浄機にて炭化水素系溶剤を用いて自動洗浄を行なった。その後、挿 入部品の実装として噴流式機械はんだ付け装置を使用して、フローソルダリングを実施している ものがある。なお、これらの加熱条件の詳細は 1.2.1.4.2 項 表 23.1-3 を参照の事。 1.2.1.4.1 製作フロー

本試験に供した PWB への製造の手順を図 23.1-3 PWB 組立品製造フローに示す。



図 23.1-3 PWB組立品製造フロー

1.2.1.4.2 評価用サンプル製作条件

評価用サンプルのはんだ付仕上がり外観状態にバラツキを発生させる目的でJERG-0-043に示 された許容範囲内では7条件を設定し、各5枚製作を行った。製作条件は表23.1-4の通りである。

なお、プロファイルは、宇宙用表面実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)に記載の標準プロファイル範囲内で図 23.1-5 に示す設定をしている。

条件	リフ		フロー						
	面部品実装	プロファイル	挿入部品実装	プロファイル					
1	有り	А	有り	А					
2	有り	А	有り	В					
3	有り	А	無						
4	有り	В	有り	А					
5	有り	В	無						
6	有り	С	有り	В					
7	有り	С	無	_					

表 23.1-3 リフローはんだ付け条件

注) 作業手順は、リフローソルダリングの後に挿入部品を実装し、フローソルダリングを実施した。 なお、参考としてフローソルダリングの温度プロファイルを図 23.1-4 に示す。



図 23.1-4 リフローソルダリング温度プロファイル





図 23.1-5 フローソルダリング温度プロファイル

1.2.1.5 供試組立基板枚数及び部品点数
 組立基板枚数は、2層基板:30枚、8層基板:30枚の合計60枚である。
 熱衝撃試験投入数:基板枚数16枚、部品点数:432部品 である。
 図 23.1-6 に組立実装状態を示す。



図 23.1-6 組立実装状態外観

### 1.2.2 評価サンプル B の製作

1.2.2.1 基板

基板仕様は下記の通りである。基板層数を2層、8層の2種類にすることにより熱容量差を設 け、実製品の仕上がり実態を反映する様に考慮した。

材料 : ガラスエポキシ (FR-4)

- 表面処理 : はんだレベラー
- 板厚 : t = 1. 6 mm
- 外形 : 200mm×200mm
- 層数 : 2層、8層の2種類
- パッド仕様 : JERG-0-042 及び JERG-0-043 に準拠

表面実装評価用基板を図 23.1-7、図 23.1-8 評価用基板概略図に示す。

C105	C115	C125	R58-A01532-002 8LAY 5HD 5/N
C104	C114	C124	
C103 C102	C113 C112	C123 C122	RIGE RIGE RIGE RIGE RIGE RIGE RIGE RIGE
C101	c111		Reins Life Life Life Life Life Life Life
0105			
D104	R105	R115 페十페	
0103	11.1 R103	R113	
0102	R102	11112 ■1112	
0101 Start 21	R101 213	R111	
•			

図 23.1-7 表面実装評価用基板

(The second																								
0					0	¢	<u>e</u>	0	0	ę	0	0	)					C	, •	0	0	0	0	0
٩	8	٥	• •	ø	• •	۰	0	۰	•	٥			00						۰	ó	ō	ō	ö	
0	0	0		•	• •								00	,	00					-				
	•	0		•		ĕ	8	8	8	8									8	8	ŝ	ŝ	8	
	•					8	8	ê	8										0	8	8	8	8	
						_							00		00						-	-	-	
	0	0	5 6	0	00	ê	ê	60					00	•	00	00			8	8	0	ê	ê	
0	000	000	•		0	•	•	0	0	0	0	0		000	000			С	•	۰	۰	۰	۰	0
	000					õ	ő	ő	ő	0				000	000				00	8	8	8	8	
	000					٥	0	¢	0	0				000	000				۰	٥	۰	۰	۰	
						0	0	2	0	0	9							č	۰	٥	۰	•	۰	۰
						000	000	000	000	00	00		ø	000	000	0	60	•	000	000	000	000	000	000
	0000	0000		0 00	• •	000	000	000	000	000	000		•	000	000	0	00	0	00	ŝ	00	8	8	8
0	0000	0000	•	0 00	°.	-	-	-	-	-	0	1.	٥	000	000	0	00	•	Ŭ		v	0	0	°
												1						0						~
_											-	1												
0					0	-	_	-			0	0						0	_	_		_	_	0
						_											۰			0	12			
		60				D)	8	6		00												83		
8	8	8	8	8				80	3				8	8	8	8	Ξ							•
					I	82		00	3	00				_	_	_	_				ш	<b>[</b> ]		
	ä		8		1			ΞE	1	00													D	
0					0						0	l o						0						0
			8	8		00		88			3	-	H	g	B	8	8		D	a		0		
_				-		00		50		m r			-	-										_
	8			8							-						E		-		0	ы		_
-			-	-			2	00		EL E	4		6	۲		ι.	u		٥	п	D		a	
2						80	2	00			1					2				٥	64	0	0	
	3		8			00	1	DD		00	1	774	E				8		D	٥	20	4		
2					0						0	0						0						0

図 23.1-8 評価用基板外略図 (スルーホール実装、表面実装各2枚取り)

1.2.2.2 電気部品

プリント基板へ実装する電気部品を表 23.1-4 に示す。

評価部品は、表面実装タイプのチップ部品は、ボディ材質や電極材質、外形寸法の異なる抵抗 チップ2種、積層セラミックコンデンサチップ2種、チップタンタルコンデンサ及びダイオード チップの合計6種を選択した。選定においては、外形形状、寸法、材質として製品を模擬する代 表的な部品を選定した。

・SMD部品(6種:30点/PWB)

実技 形態	部品	部品規格(仕様)	外形寸法[mm]	実装数 /1基板	備考
SMD	抵抗(2種)	①N55342K06 相当	2.0 × 1.25 × 0.4	5р	RMS10
部品		②D55342K07 相当	3.2 × 1.5 × 0.6	5р	RMS12
(6種)	コンテ゛ンサ	③NASDA CDS53 相当	2.03 × 1.27 × 0.96	5р	CDS51
全30点	(3種)	④NASDA CDS53 相当	4.57 × 2.03 × 1.27	5р	CDS53
		⑤NASDA CWS11 相当(チップタンタル)	7.3 × 4.4 × 2.8	5р	CWS11
	ダイオート゛	⑥JANS1S シリーズ 相当	4.45 × 1.84 × 1.84	5р	-

表 23.1-4 表面実装部品

### 1.2.2.3 はんだ材

評価基板サンプルの製作に使用したはんだ材を表 23.1-5 に示す。

※ はんだ材は、ANSI/J-STD-006 相当。

衣 23.1-5	使用ノルタハーストの仕様
	ソルダーペースト
	(リフロ一用)
フラックスタイプ	RMA(RO-L1)
合金組成[wt%]	Sn63/Pb37
粉末の粒度〔μm〕	25 <b>~</b> 45

表 23.1-5 使用ソルダペーストの仕様

1.2.2.4 部品はんだ付実装

表面実装用評価基板サンプル(2 層基板・8 層板)への部品実装の条件は、2.2.4.1 評価基板サンプルの部品実装加熱条件に、製作フローを 1.2.2.4.2 項に示す。

また、部品実装後の表面実装用各評価基板サンプルを図 23.1-10 に示す。

1.2.2.4.1 評価基板サンプルの部品実装加熱条件

評価基板サンプルの各部品実装加熱条件を表 23.1-6 に示す。

※ 加熱時間と温度の組合せで各5条件(〇印)を設定した。

$\smallsetminus$	加熱	а	b	С
加熱 温度	(注1) (注2)	短い パターン	標準 パターン	長い パターン
1	低い		0	
2	標準	0	O(Ref)	0
3	高い	_	0	

表 23.1-6 リフローはんだ付作業条件

注)Refは、標準作業条件を想定した設定

注1):JERG-0-043で示されるリフロー時間範囲を満足する条件。

注2):JERG-0-043で示されるリフロー温度範囲を満足する条件。

1.2.2.4.2 評価基板サンプルの製作フロー

評価基板サンプルは、JERG に準拠した宇宙機器工事仕様書に基づき、図 23.1-9 表面実装 P W B 組立品製造フローに従い製作した。



図 23.1-9 表面実装 PWB 組立品製造フロー

1.2.2.5 供試組立基板枚数及び部品点数
 組立基板枚数は、2 層板:25枚、8 層板 25 枚の合計 50 枚である。
 熱衝撃試験投入数:基板枚数:25枚、部品点数:750点
 部品組立実装後の評価サンプルを図 23.1-10 表面実装評価用基板サンプルに示す。



図 23.1-10 表面実装評価用基板サンプル

1.2.3 はんだ付け部の初期外観判定

製作したサンプルは、表 23.1-7の基準に従い外観判定を実施し分類した。

外観判定	基準
良品	JERG-0-043 の外観基準を満足している。
評価対象品	JERG-0-043 の外観基準で良否判定に迷う事象がある。
不良品	JERG-0-043 の外観基準を満足していない。

表 23.1-7 外観判定基準

1.3 試験条件

#### 1.3.1 熱衝撃試験

試験条件は,JERG-0-039:温度サイクル試験とJERG-0-043:熱衝撃試験と異なっているが、 JERG-0-043 4.4 工程の認定試験項に記述されている通り、熱衝撃試験による評価は、温度サイ クル試験と同等の厳しさ(互換性があり)である事が確認されている事から、熱衝撃試験(Ⅱ) の温度-30℃~+100℃,上限下限温度保持時間 30 分,移行時間 5 分以内とする熱衝撃試験に よる評価を実施した。

熱衝撃試験槽は,図23.1-11に示す宇宙航空研究開発機構殿所有の熱衝撃試験装置を使用した。

熱衝撃試験装置の概要

- 製造メーカ:株式会社 ロバート
- 品名 : 熱衝撃試験装置
- 形式 : SAX-600-W (製品番号 No0196006)

熱衝撃試験槽への評価サンプル設置状態を図 23.1-11、図 23.1-12 に示す。



図 23.1-11 熱衝撃試験装置 (株式会社ロバート製)



図 23.1-12 試験槽への評価サンプル設置状態

1.3.2 評価試験フロー

熱衝撃試験による評価を 2000 サイクルまで実施した。その評価試験フローを図 23.1-13 に示 す。

※ ※熱衝撃試験による判定は 500 サイクルとし、更なる表面上他の変化やクラック進展度の確認及び良品と評価対象品の比較評価として 2000 サイクルまで実施した。



図 23.1-13 評価試験実施手順

1.3.3 外観観察(光学顕微鏡写真)

表面光沢,濡れ,表面状態(ざらつき),段差,ピットについて,外観変化(定点観察),クラックの発生有無を確認し,外観写真を撮影した。熱衝撃試験数と観察対象の相関を表 23.1-8 外観観察対象サンプルに示す。

なお、写真は、JERG-0-039 および JERG-0-043 のはんだ付性良否判定基準の参考となる写真 として利用することを考慮し、不具合事象が理解できるように拡大して撮影した。

表 23.1-8 外観観察対象サンプル(〇:観察対象、×:観察対象外)

	500サイクル 供試体	1000サイクル 供試体	1500サイクル 供試体	2000サイクル 供試体
0サイクル	0	0	0	0
500サイクル	0	×	×	0
1000サイクル		0	×	0
1500サイクル			0	0
2000サイクル		_	_	0

- ※ 尚、0サイクル(ref)のサンプルは、試験後のサンプルと比較するため、初回に外観観察と写 真撮影を実施する。
- ※ 外観観察の評価ポイントは、0サイクル、500サイクル、1500サイクル、2000サ イクルを実施する。
- ※ 2000サイクル評価用サンプルは、定点観察のため各評価ポイント毎に取り出し、外観観 察と写真撮影を実施し、引き続き2000サイクル完了まで試験を継続した。

1.3.4 はんだ付部の断面観察

評価サイクル0サイクル、500サイクル、1000サイクル、1500サイクル、2000 サイクルに対応したサンプルの断面観察によりクラック等の発生、進行状況を観察した。

特に、500サイクル、1000サイクル、2000サイクルを重要評価ポイントとして、断 面の外観観察と写真を取得した。 1.4 評価結果

熱衝撃試験(0,500,1000,1500,2000 サイクル)投入前後に実施した はんだ接合部の定点観察 (光学顕微鏡による外観観察および断面観察)結果を1.4.1 項、1.4.2 項に示す。

1.4.1 定点観察結果(外観/断面観察結果)

- (1) 初期状態(0サイクル:熱衝撃試験投入前)
- ・ 初期状態の断面観察から、はんだ付け接合部表面に軽微な事象(ザラツキ, ヤヤシワ等)を持った【評 価対象品】のはんだ内部の組成は、【良品】と比較し大きな差は無いことを確認した。
- ・ また、SEM/EDX での観察からも、【評価対象品】にある はんだ付け接合部表面の軽微な事象 部は、表面が極わずか(深さ10µm未満)荒れている程度で、はんだ表面の組成は光沢部と 比較し大きな差は無いことを確認した。
  - (参照) ・1.4.2 項 外観観察写真および断面観察写真結果
    - ・1.5 項 SEM/EDX 観察結果
- (2) 500 サイクル(注1)経過後
- 外観観察の結果から、はんだ付け接合部表面は疲労しザラつきシワ状に変化し始め、全体の 1割程度にクラックらしき劣化を確認した。
- ・ 断面観察の結果からは、全体の1割程度が「クラック等級 1,2」レベル、他全ては「クラック等級 0」 レベルと、JERG-0-043 5.11.2項 クラック深さ評価及び判定の基準を満足しており、問題の 無いレベルであることを確認した。
- ・ 【評価対象品】の はんだ付け接合部表面にある軽微な事象部を基点とした劣化(クラック等) は 発生していない。
- ・ はんだ付け接合部の劣化は、外観判定ランクにかかわらずチップコンデンサ(C大小)、チップ抵抗器 (R大小)に共通し顕著であり、【評価対象品】に偏ってはいない結果であった。
- 注1 500 サイクルは、JERG-0-043 4.4.2(2)項 熱衝撃試験(II)で規定されている最低限の要求サ イクル数。
  - (参照) ・表 23.1-9 「外観観察からのクラック発生状況」
    - ・表 23.1-10 「断面観察からのクラック発生状況」
    - ・1.4.2項 外観観察写真および断面観察写真結果

- (3) 1000,1500,2000 サイクル経過後
- ・ 外観観察の結果から、印加サイクル数の増加に伴い はんだ付け接合部表面は更に疲労しクラ ック発生数が増加していることを確認した。
- ・ 断面観察の結果からも同様、印加サイクル数の増加に伴い「クラック等級 1,2」の割合が増え、 一部「クラック等級 3」のものも発生していることを確認した。
- ・ 一部発生を確認したクラック等級3のサンプルは、残り1/2以上の接続部を有していることを確認した。
- ・ 【評価対象品】の はんだ付け接合部表面にある軽微な事象部を基点とした劣化(クラック等) は 発生していない。
- ・ はんだ付け接合部の劣化は、外観判定ランクに関わらずチップコンデンサ(C大小)、チップ抵抗器(R 大小)に共通し顕著であり、【評価対象品】に偏ってはいない結果であった。
  - (参照) ・表 23.1-9 「外観観察からのクラック発生状況」
    - ・表 23.1-10 「断面観察からのクラック発生状況」
    - ・1.4.2項 外観観察写真および断面観察写真結果
- (4) サンプルAとサンプルBから
- ・ サンプルAとサンプルBは、温度プロファイル等に一部製造条件が異なるサンプルではあったが、熱衝撃試験結果に大きな差は無い結果であった。

				500t/	クル時	1000サ	イクル時	1500サ·	クル時	2000 <del>サ</del>	化の時
		外観判定	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500	サンプルA	良品	188	24	13%	$\searrow$				$\searrow$	
サイクル		評価対象品	12	1	8%						
供試品		不良品	5	0	0%			Ì		`	
		合計	205	25	12%						
	サンプルB	良品	288	3	1%						
		評価対象品	12	0	0%						
		不良品	0	—	—				$\searrow$		
		合計	300	3	1%						
1000	サンプルA	良品	193			87	45%			$\overline{\ }$	
サイクル		評価対象品	11			3	27%				
供試品		不良品	2			1	50%			Ì	$\searrow$
		合計	206			91	44%				
	サンプルB	良品	284			19	7%				
		評価対象品	15			0	0%				
		不良品	1			1	100%		$\searrow$		$\searrow$
		合計	300			20	7%				
1500	サンプルA	良品	83					64	77%		
サイクル		評価対象品	11					3	27%		
供試品		不良品	3					1	33%		
		合計	97					68	70%		
	サンプルB	良品	278					91	33%		
		評価対象品	17					3	18%		
		不良品	5				$\searrow$	2	40%		
		合計	300					96	32%		
2000	サンプルA	良品	112							79	71%
サイクル		評価対象品	10							6	60%
供試品		不良品	2						$\searrow$	2	100%
		合計	124							87	70%
	サンプルB	良品	270	0	0%	0	0%	84	31%	161	60%
		評価対象品	29	0	0%	0	0%	8	28%	26	90%
		不良品	1	0	0%	0	0%	1	100%	1	100%
		合計	300	0	0%	0	0%	93	31%	188	63%

表 23.1-9	「外観観察からのクラック発生状況」

				クラック等級 0		クラック等級 1		クラック等級 2		クラック等級 3	
		外観判定	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500	サンプルA	良品	11	9	82%	0	0%	2	18%	0	0%
サイクル		評価対象品	11	10	91%	0	0%	1	9%	0	0%
供試品		不良品	1	1	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		合計	23	20	87%	0	0%	3	13%	0	0%
	サンプルB	良品	14	12	86%	2	14%	0	0%	0	0%
		評価対象品	4	4	100%	0	0%	0	0%	0	0%
		不良品	0	—	—	—	—	—	—	—	—
		合計	18	16	89%	2	11%	0	0%	0	0%
1000	サンプルA	良品	13	5	38%	6	46%	2	15%	0	0%
サイクル		評価対象品	11	6	55%	3	27%	2	18%	0	0%
供試品		不良品	0		—		—	—		—	—
		合計	24	11	46%	9	38%	4	17%	0	0%
	サンプルB	良品	55	26	47%	25	45%	4	7%	0	0%
		評価対象品	5	0	0%	5	100%	0	0%	0	0%
		不良品	0		—		—			—	—
		合計	60	26	43%	30	50%	4	7%	0	0%
1500	サンフ゜ルA	良品	7	2	29%	1	14%	1	14%	3	43%
サイクル		評価対象品	11	3	27%	3	27%	0	0%	5	45%
供試品		不良品	1	0	0%	1	100%	0	0%	0	0%
		合計	19	5	26%	5	26%	1	5%	8	42%
	サンプルB	良品	11	5	45%	2	18%	4	36%	0	0%
		評価対象品	3	1	33%	1	33%	0	0%	1	33%
		不良品	2	0	0%	2	100%	0	0%	0	0%
		合計	16	6	38%	5	31%	4	25%	1	6%
2000	サンプルA	良品	4	1	25%	2	50%	0	0%	1	25%
サイクル		評価対象品	10	1	10%	3	30%	0	0%	6	60%
供試品		不良品	1	0	0%	0	0%	0	0%	1	100%
		合計	15	2	13%	5	33%	0	0%	8	53%
	サンプルB	良品	45	14	31%	13	29%	8	18%	10	22%
		評価対象品	14	0	0%	4	29%	4	29%	6	43%
		不良品	1	0	0%	0	0%	0	0%	1	100%
		合計	60	14	23%	17	28%	12	20%	17	28%

表 23.1-10 「断面観察からのクラック発生状況」

※ クラック等級は、図 23.1-8 による。



図 23.1-14 「クラック等級 (JERG-0-043 5.11.2 項 クラック深さ評価及び判定より抜粋)」

1.4.2 外観観察写真および断面観察写真結果

熱衝撃試験投入前後の外観の変移と断面の比較

以下に、初期状態、外観事象別、部品別の外観写真と断面写真を示す。

結果、【評価対象品】は【良品】と比較し はんだ内部の組成に大きな差は見られず、熱衝撃試 験後においても外観の劣化の程度、はんだ内部の組成状態、ともに【良品】と比較し大きな差は 無いことを確認した。

また【評価対象品】のはんだ付け接合部表面にある軽微な事象を基点とした劣化は発生していない。

1.4.2.1 初期状態(評価試験投入前)の比較 (0サイクル供試品より抜粋)

初期状態の【良品】と【評価対象品】の外観及び断面写真を図 23.1-15~図 23.1-16 に示す。



図 23.1-15 「初期状態 (チップコンデンサ (C小) より抜粋)」



図 23.1-16 「初期状態(チップ抵抗器(R大)より抜粋)」

1.4.2.2 外観事象別変移の比較

各事象毎の【良品】と【評価対象品】の外観及び断面写真を図 23.1-17~図 23.1-22 に示す。 ※ クラック等級は、図 23.1-8 による。



図 23.1-17 「表面状態: ザラツキ(2000 サイクル供試品より抜粋)」



図 23.1-19 「表面状態: ザラツキ(500 サイクル供試品より抜粋)」

チップ ダイオード (D)	【良品】 サンプ N A	【評価対象品】 (ザラツキ) サンプルA
初期状態外観		
1000 サイクル 経過後 外観		
1000 サイクル 経過後 断面	クラック等級:0 20kV X70 200μm 0001 15 50 BEC	7万ッケ等級:0 20kV X90 200μm 0001 15 50 BEC
⊠ 23. 1-20	) 「表面状態:ザラツキ(100	0サイクル供試品より抜粋)」
^{ナッノ} 抵抗 (R小)	【艮茄】 サンプルA	【評価対象品】(衣面光沢) サンプルA
初期状態 外観		
1000 サイクル 経過後 外観		
1000 サイクル 経過後 断面	りラック等級:1 20kV X200 100µm 0001 15 50 BEC 2 1 21 「志云火沼 (1000 計 く	<u>クラック等級:1</u> 20kV X180 100µm 0001 15 50 BEC クル(世計日上に) 打物)
チップ 抵抗	【良品】	【評価対象品】(表面光沢)
------------------------	-----------------------	---------------
(R大)	サンフ [°] ルB	サンフ゜ル B
初期状態 外観		
2000 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 断面	75ヵ7等級:1	7万ッ7等級:2
义	23.1-22 「表面光沢(2000 サイ	クル供試品より抜粋)」

1.4.2.3 部品別変移の比較(2000 サイクル供試品より抜粋)

各部品毎の【良品】と【評価対象品】の外観及び断面写真を図 23.1-23~図 23.1-28 に示す。 ※ クラック等級は、図 23.1-14 による。

チップ コンデ ンサ (C 小)	【良品】 サンプルB	【評価対象品】 (ザラツキ) サンプルB
初期状態 外観		
500 サイクル 経過後 外観		
1000 サイクル 経過後 外観		
1500 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 断面	75ック等級:8	777/等級:2

図 23.1-23 「チップコンデンサ(C小:CDS51 相当)」

チッフ゜コンテ゛ンサ	【良品】	【評価対象品】 (ザラツキ)
初期状態外観		
500 サイクル 経過後 外観		
1000 サイクル 経過後 外観		3
1500 サイクル 経過後 外観		5
2000 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 断面	7万77等級:1	7万97等級:2

図 23.1-24 「チップコンデンサ(C大:CDS53 相当)」



チップ ダイオード (D)	【良品】 サンプルB	【評価対象品】 (濡れ) サンフ [°] ルA
初期状態 外観		5
500 サイクル 経過後 外観		S C S S S S S S S S S S S S S S S S S S
1000 サイクル 経過後 外観		
1500 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 断面	75ヵ9等級:0 75ヵ9等級:0	クラック等級:1 クラック等級:1

^{チップ} 抵抗 (R 小)	【良品】 サンプルB	【評価対象品】(表面光沢) サンプルA
初期状態 外観		T-B-
500 サイクル 経過後 外観		- 18
1000 サイクル 経過後 外観		
1500 サイクル 経過後 外観		4.B.
2000 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 断面	7万ッ7等級:2	<u>クラック等級:2</u> 20kV X170 100μm 0001 15 50 BEC

図 23.1-27 「チップ抵抗 (R小:Bサンプル/RMS10 相当、A サンプル/M54342K06 相当)」

#### JERG-0-043-TM001A

チップ抵抗 (R大)	【良品】 サンプルB	【評価対象品】 (表面光沢) サンプルB
初期状態 外観		A Company of the second
500 サイクル 経過後 外観		
1000 サイクル 経過後 外観		
1500 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 外観		
2000 サイクル 経過後 断面	7万ッ7等級:1	7万ック等級:2

図 23.1-28 「チップ抵抗 (R大: RMS12 相当)」

#### 1.5 SEM/EDX 観察結果

1.5.1 はんだ表面の SEM/EDX 観察結果

はんだ表面のシワ状の光沢無し部(ザラッキ部)と光沢有り部を比較し、はんだ材の組成状態に違い があるかを SEM/EDX を用いて調査した。

(観察対象(0サイクル供試品) : 【評価対象品】(ザラツキ) ※サンプル B)

1.5.1.1 光沢無し部(サラツキ部) SEM 観察結果

はんだ表面光沢無し部の凹凸部深さは 10 µ m 未満程度で、「光沢有り部」と「光沢無し部」と で大きな組成の違いは無い。

従って光沢無し部は、はんだ材そのものの表面のザラツキと考える。



濃度[%] 20.1556.271.087.240.43 1.6710.172.99

1.5.1.2 光沢無し部(サラツキ部) EDX 分析結果

はんだ表面光沢無し部の凹凸部深さは10µm未満程度で、大きな組成の変化は見られず、はん だ以外の元素も検出されない。

従って、はんだ表層の光沢が無い部分は、はんだ材そのものの表面のザラツキと考える。

また、凹凸部位からC, O,Na,Si,Fe,Brが検出されたが、この元素は試料研磨時の残渣 物ならびにフラックス成分の残渣物と推定される。

回凸浅い部分			・凹凸深い部分		
	e ranae				
Pb Pb	\$0 0	24%HL 1 Eb	SI PP Pb Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe Fe	Sin Fi	E.
1 2 3 フルスケール 2885 カウント カーソ	4 5 6 ル:4.530 keV (115 カウソト)	7 8 9 10 keV	1 2 3 フルスケール 1369 カウントカーソル 	4 5 6 L:4.530 keV (54 カウント)	7 8
元素	質量濃度	原子数	元素	質量濃度	原子数
O I		濃度[%]	OIX.×	[%]	震度[%
Sn L Dh M	61.88 20.19	73.91	OK*	7.22	20.15
PDM	38.12	26.09		26.84	<u> </u>
トータル	100	100	Na K ^{**}	0.74	7.94
F 77	100	100		0.07	0.42
			Fe K	3.00	0.45
			Sn I	35.98	10.17
			Dh M		2 00
			1.0.1VI	10.44	2.33
			トータル	100	100
			(*印)は		
			研磨残渣	レフラックス成分レ	思われス
	▲ の 好 長 溥 由		Sn L. Ph	M の質量濃度	<b></b>

図 23.1-30 「光沢無し部(ザラツキ部) EDX 分析結果」

1.6 まとめ

熱衝撃試験をとおした観察から得られた結果を以下に示す。

・ 熱衝撃試験投入前 初期状態のサンプルから

(1) 【評価対象品】の はんだ付け接合部表面上の軽微な事象部(ザラツキ,ヤヤシワ等)は、はんだ付け接 合部表面が極わずかに荒れている程度(深さ10µm未満)で、はんだ表面の組成、はんだ内 部の組成、ともに【良品】と比較し大きな差は無い。

・ 熱衝撃試験投入後のサンプルから

- (1) 【評価対象品】にある はんだ付け接合部表面上の軽微な事象部を基点とした劣化は無い。
- (2) はんだ付け接合部の劣化は、外観判定ランクにかかわらず全ランクに共通して発生しており、
   【評価対象品】の はんだ表面やはんだ内部の劣化の度合いについても【良品】と比較し大きな差は無い。
   (はんだ付け接合部の劣化は【評価対象品】に偏って発生しない。)

(3) はんだ付け接合部の劣化は、外観判定ランクにかかわらずチップコンデンサ(C大小)、チップ抵抗器 (R大小)に共通し顕著な傾向がある。

これは部品電極部の違い(金属板電極、蒸着電極)等によるものと思われる。

以上より、はんだ接合部表面に軽微な事象を持った【評価対象品】は、【良品】と比較し有意差 が無いことを確認した。

よって、はんだ付け仕上がり状態が JAXA 規格要求事項を満たしていることを前提とし、はんだ接合部表面上の軽微な事象は、はんだ付け接合部の信頼性には影響しないものと考える。

また、数点の【不良品】サンプルも本熱衝撃試験環境に同時に供され、その一部が耐えたとい うデータを得たが、論議するまでも無く【不良品】は【不良品】である。

良品と評価対象品は熱衝撃試験の結果、有意差は無かった。この評価結果を基に はんだ付け検 査・判定基準見本として、「はんだ付工程標準(JERG-0-043)」に反映する。

一以上一

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面光沢<リフロー>				
【JER0 5.8.4.2 (1)はん	【JERG-0-043 本文】(表面実装に関する要求事項以外については、JERG-0-039 に準拠する) 5.8.4.2 合格基準(JERG-0-039) (1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。			
【写真		<i>Ал</i> ⇒Ж		
判 優良品	与具·因	<ul> <li></li></ul>		
	Les Con			
	CAPACITY C			
【出典】	l			

【判定(	わポイント		
【刊たのホイント】 表面光沢<リフロー>			
[JER0	G-0-043 本文】(表面実装に関する要求事」	頁以外については、JERG-0-039 に準拠する)	
5.8.4.2	合格基準(JERG-0-039)		
(1)はん	に継手の表面は、消らかで、はんた材料に	こ応して手光沢から光沢を呈していること。	
【写真	・図】		
判定	写真・図	解 説	
	光源の反射		
		はんだ表面に光沢があり、滑らかな表面で	
良		ある。また、ランド全面に濡れている。	
品		(白く光る部分は、光源の反射である)	
		*はんだ表面に部品電極の酸化膜が流れ出	
		てきているため、光沢が曇っている部分	
		れ等の他の項目が基準を満足しているこ	
	酸化時	2. E.	
	1 1	けんだ表面の光況に一个体にうってらと量	
	1 mar	りがあるが、濡れ等の他の項目が基準を満	
		足している。	
		a	
	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	部品表面の酸化膜が、リフローにより表面	
		に浮き出ているため、白く見える。しかし、	
		光沢が確認できるため、良品である。	
	米酒の反射		
	ノロクホックノスオリ		
L	I	I	
【出典】			

【判定のポイント】 表面光沢 < リフロー >			
【JERG-0-043 本文】(表面実装に関する要求事項 5.8.4.2 合格基準(JERG-0-039)	以外については、JERG-0-039 に準拠する)		
(1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に	<b>芯じて半光沢から光沢を呈していること。</b>		
【写真・図】			
判定写真・図	解 説		
<b>良</b> 品	はんだ表面に光沢があり、滑らかな表面 である。また、ランド全面に濡れている。		
	(白く光る部分は、光源の反射である)		
	*はんだ表面に部品電極の酸化膜が流 れ出てきているため、光沢がくもって いる部分があるが、部分的に光沢が確		
	認でき、濡れ等の他の項目が基準を満 足している。		
光源の反射			
一般化膜			
【出典】			

【判定のポイント】 表面光沢<リフロー>		
【JERG-0-043 本文】(表面実装に関する要 5.8.4.2 合格基準(JERG-0-039) (1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ)	求事項以外については、JERG-0-039 に準拠する) 材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。	
【写真・図】		
判定写真・図	角军 説	
酸化膜良	はんだ表面に光沢があり、滑らかな表面で ある。また、ランド全面に濡れている。	
	(白く光る部分は、光源の反射である)	
光源の 光源の	○反射       (注)はんだ表面に部品電極の酸化膜が流         ○反射       れ出てきているため、光沢が曇っている部         分があるが、部分的に光沢が確認でき、濡       れ等の他の項目が基準を満足している。	
酸化腺	(注) 中段の写真のフィレット部に、クラ ック状のスジが見えるが、これは、表面の 酸化膜の切れ目部分であり、クラックや凹 みではない。	
酸化膜 光源の	) 反射	
【出典】		

【判定のポイント】			
表面光沢<リフロー>			
[JER0	G-0-043本文】(表面実装に関する要求事項	頁以外については、JERG-0-039 に準拠する)	
5.8.4.2	合格基準(JERG-0-039)		
(1)はん	だ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に	1応じて半光沢から光沢を呈していること。	
【写古	• 図】		
「子具」		解二說	
	1992	全体的に滑らかな表面であり、はんだ表面	
良		に、半光沢部もあるが、はんだの一部から光	
品		沢があることが確認できる。	
		(白く光ろ部分け 光源の反射であろ)	
		±	
		<b>来</b>	
	光源の反射		
	くもり		
<b>7</b> 111 - <del>114</del> - <b>1</b>	1		
【出典】	I		

【判定のポイント】

表面光沢<リフロー>

【JERG-0-043本文】(表面実装に関する要求事項以外については、JERG-0-039に準拠する)

5.8.4.2 合格基準(JERG-0-039)

(1)はんだ継手の表面は、滑らかで、はんだ材料に応じて半光沢から光沢を呈していること。

【写真・図】

判定	写真・図	解 説
良品		はんだに光沢があり、滑らかな表面である。 部品電極の酸化膜が表面に浮き出して白く 見える。しかし、はんだ表面には、部分的に はんだ光沢が確認出来るため良品である。 (白く光る部分は、光源の反射である)
	3	
【出典】		

【判定のポイント】			
【刊たのホイント】 表面光沢くリフロー>			
[JER0	G-0-043 本文】(表面実装に関する要求事業)	頁以外については、JERG-0-039 に準拠する)	
5.8.4.2	合格基準(JERG-0-039)		
(1)はん	た継手の表面は、消らかで、はんた材料に	こ応して半光沢から光沢を呈していること。	
【写真	・図】		
判定	写真・図	解説	
		はんだ表面に光沢がなく、全体にざらつ きがある。	
不良品		(白く光る部分は、光源の反射である)	
		はんだ表面に、光沢がなく、はんだ面が 白くざらつきがあり、且つ、滑らかな表 面でない。	
【出典】	]		

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1)合格基準 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。			
a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面         【写真・図】         判定       写真・図         優       日         品       「「「」」」         日       「「」」」         日       「「」」」         日       「「」」」         日       「「」」」         日       「」」」         日 <th>前であること。          解 説         はんだが電極及びランド全体に濡れており、はんだ表面に光沢があり滑らかな表面である。         (白く光る部分は、光源の反射である)</th>	前であること。          解 説         はんだが電極及びランド全体に濡れており、はんだ表面に光沢があり滑らかな表面である。         (白く光る部分は、光源の反射である)		
【出典】			

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。			
【写直	• 🛛		
判定	写真・図	解 説	
優良品		はんだが電極及びランド全体に濡れており、 はんだ表面に光沢があり滑らかな表面であ る。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】			

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>		
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1) 合格 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかなま	;基準 表面であること。	
【写真・図】       判定     写真・図	解説	
良品	電極端に一部濡れ広がっていない部分が あるが、滑らかな表面で濡れが確認でき、 他の項目が基準を満足している。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
	はんだがランド全体まで濡れ広がってい ない部分があるが許容範囲内であり、他の 項目についても基準を満足している。	
	はんだがランド全体まで濡れ広がってい ない部分があるが許容範囲内であり、他 の項目についても基準を満足している。 *ランド角部分の白っぽく見える部分は 部品電極端の写り込みではんだがぬれて おり、はんだはじきではない。(視角を変 えて確認すること)	
【出典】		

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。			
【写真・図】       判定     写真・図	解説		
良 品	はんだがランド全体まで濡れ広がっていな い部分があるが許容範囲内であり、他の項 目についても基準を満足している。 (白く光る部分は、光源の反射である)		
	(注)写真では、電極とはんだの境界に線 状の筋が見えるが、電極とはんだの境界部 は滑らかであり、ぬれが形成されている事 を確認出来き、他の項目が基準を満足して いる。		
	同上		
【出典】			

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。			
判定     写真・図       良品     Image: Second se	<ul> <li>解 説</li> <li>はんだがランド全体まで濡れ広がっていない部分があるが許容範囲内であり、他の項目についても基準を満足している。</li> <li>(白く光る部分は、光源の反射である)</li> </ul>		
【出典】			

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>		
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1)合格 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表	基準 そ面であること。	
【写真・図】   判定   写直・図	<b>御</b> 記	
不         良         Image: Constraint of the second	はんだがランド全体まで濡れ広がってい ない。フィレット形状・高さが品質基準 を満足していない。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
	部品電極側の一部がはんだと濡れてい ない。	
【出典】		

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1)合格基準 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。			
【写真・図】       判定     写真・図	解 説		
т         е           а         е	フィレット形状・高さが品質基準を満足 していない。部品電極とはんだの接触部 の濡れが不十分である。 (白く光る部分は、光源の反射である)		
S			
【出典】			

【判定のポイント】 濡れ<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。			
【写真	<ul> <li>・図】</li> <li>「写直・図</li> </ul>	伯乙 言山	
判定不良品	写真・図 写真・図	<ul> <li>解説</li> <li>フィレット形状・高さが品質基準を満足していない。部品電極側の濡れが不十分である。</li> <li>(白く光る部分は、光源の反射である)</li> </ul>	
		部品電極の側面部のはんだに濡れがない。	
【出典】	1		

【判定のポイント】

表面状態<リフロー>

【JERG-0-043本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準

a. 原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。

↓→只、□】 判定 写直・図	毎辺 言当	
	川牛 瓦冗	
В         В	はんだが電極及びランド全体に濡れてお り、はんだ表面に光沢があり、滑らかな 表面である。 写真では、電極端面とはんだ接触部位に スジ状の境界があるが、はんだが十分濡 れている。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】		

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>		
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。		
 【写真・図】		
判定 写真・図	解:説	
優 昆 品	はんだが電極及びランド全体に濡れてお り、はんだ表面に光沢があり、滑らかな表 面である。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】		

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。			
【写真・			
判定	写真・図	解説	
良品		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フィ レット形状が滑らかで品質基準を満足して おり、濡れも確認でき、はんだ部に光沢が ある。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】			

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。			
【写真	• 図】		
判定	写真・図	解 説	
良品		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フィ レット形状が滑らかで品質基準を満足して おり、濡れも確認でき、はんだ部に光沢が ある。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】	]		

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>

【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。

【写真・図】			
判定 写真・図		解説	
<b>良</b> 品		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フィ レット形状が滑らかで品質基準を満足し ており、濡れも確認でき、はんだ部に光沢 がある。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】			

はんだ付け検査・判定基準の見本

三百	• 図】	
<u>定</u>	写真・図	解 説
I		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フィ レット形状が滑らかで品質基準を満足し ており、濡れも確認でき、はんだ部に光沢 がある。 (白く光る部分は、光源の反射である)
		はんだ表面に一部凹凸やざらつきはある が、はんだ部に光沢及び濡れが確認でき、 他の項目は基準を満足している。
		はんだ表面に一部凹凸やざらつきはあるが、 はんだ部に光沢及び濡れが確認でき、他の項 目は基準を満足している。 (注)境界部のくぼみらしく見えるのは影で ある。

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>			
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。			
【写真	• 図】		
判定	写真・図	解 説	
良品		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フィ レット形状が滑らかで品質基準を満足し ており、濡れも確認でき、はんだ部に光沢 がある。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】			

【判定のポイント】 表面状態<リフロー> 【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査 (1) 合格基準			
a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。			
▲ → 具 判定	【写真・図】     解 説		
良品		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フ ィレット形状が滑らかで品質基準を満足 しており、濡れも確認でき、はんだに光 沢がある。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】			

【判定(	【判定のポイント】 表面状態<リフロー>		
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。			
【写真	・図】 写直 - 図	<b>毎</b> 辺 言当	
良品		内本 説   フィレット先端部のはんだ表面に一部ざ らつきはあるが、フィレット形状が滑らか で品質基準を満足しており、濡れも確認で き、はんだに光沢がある。   (白く光る部分は、光源の反射である)	
		はんだ表面に軽微なざらつきはあるが、フ	
Lu #		ィレット形状が滑らかで品質基準を満足 しており、濡れも確認でき、はんだに光沢 がある。	
【出典】	l		

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>

【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。

【写真・図】			
判定	写真・図	解 説	
良品		はんだ表面に一部ざらつきはあるが、フィレ ット形状が滑らかで品質基準を満足してお り、濡れも確認でき、はんだの一部に光沢が ある。 (白く光る部分は、光源の反射である)	
【出典】			

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 表面状態<リフロー>

#### 【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。

【写真	• 図】	
判定	写真・図	解 説
良品		はんだ表面に酸化膜によるくもり及びはん だフィレット先端部の一部にざらつきはあ るが、フィレット形状が滑らかで品質基準を 満足しており、濡れも確認できる。 (白く光る部分は、光源の反射である)
【山兴]	1	
【判定のポイント】 表面状態<リフロー>

# 【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。

【写真	<ul> <li>図】</li> </ul>	
判定	写真・図	解説
判定 良 品		<ul> <li>解説</li> <li>はんだ表面に一部ざらつきやくもりはあるが、フィレット形状が品質基準を満足しており、濡れも確認でき、はんだ部に光沢がある。</li> <li>写真では、電極端とはんだ接触部位に境界が見られるが、はんだは確実に濡れている。</li> <li>(白く光る部分は、光源の反射である)</li> </ul>
【出典】		

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定	のポイント】 表面状態<リフロー>	
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。		
【安古	অ ]	
【 - 与具	<ul> <li>・区】</li> <li>写直・回</li> </ul>	御辺 弐山
刊足	今長・凶	月牛 页元
不良品		はんだ表面全体にざらざらした部分があり、滑らかさが無い。 (白く光る部分は、光源の反射である)
		部品電極とはんだの境界部にシワがある。
L		
【出典】	]	

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定(	のポイント】 表面状態<リフロー>	
【JERG-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1) 合格基準 a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。		
【写真	·図】	1
判定	写真・図	解:説
不良品		部品電極との濡れ境界部にシワがある。
		(白く光る部分は、光源の反射である)
		フィレットの多くの部分にざらざらしたと ころやしわがあり、滑らかさが無い。
		同上
【出典】		

# 【JERG-0-043本文】 5.9.3 外観検査 (1) 合格基準

a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面であること。 b.タンタルコンデンサ等、部品端子高の高い部品のはんだ付け部は、部品端子からのはんだフィ レットと、ランドからのはんだフィレットが出会う部分において曲面が不連続になり、線状に見 える場合があるが、これは許容する。 c.完全に濡れていること。

【写真	<ul> <li>図】</li> </ul>	
判定	写真・図	解 説
目標		はんだ表面に光沢があり、滑らかな表面で 完全に濡れている。 (白く光る部分は、光源の反射である)
良品	*	曲面が不連続になり、線状に見える場合が あるが、はんだは完全に濡れている。
不良品	*	濡れが完全でない部分がある。
※【出	典】NASA WORKMANSHIP	STANDARDS

······		
【判定のポイント】		
ピット、ピンホール、ブローホール </td <td> フロー&gt;</td>	フロー>	
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1)合格基	進	
a.原則としてはんだにつやがあり、滑らかな表面	fであること。ただし、滑らかなはんだ接合部上	
のはんだ酸化膜によるくもりは許容する。		
【JERG-0-039本文】 5.8.4.3 不合格基準(2)はん		
e.ブローホール、ピンホール及びホイド(ただし	、付録1で定義するピット*を除く)	
* (付録 1) ビット: はんた表面の小さなくはみ	で、くはみの底を周囲から目視できるもの。	
判定  与具・凶		
	・ビット	
	くぼみの底を周囲から目視できる。	
	(白く光る部分は、光源の反射である)	
【出曲】		

【判定の	のポイント】	
	ヘこみ・ピット<リフロー>	
【JER( a.原則) のはんが 【JER( e.ブロー * (付録	G-0-043 本文】5.9.3 外観検査(1)合格基 としてはんだにつやがあり、滑らかな表面 だ酸化膜によるくもりは許容する。 G-0-039 本文】5.8.4.3 不合格基準(2)はん ーホール、ピンホール及びボイド(ただし (1) ピット:はんだ表面の小さなくぼみ	準 「であること。ただし、滑らかなはんだ接合部上 だ接合 、付録Iで定義するピット*を除く) で、くぼみの底を周囲から目視できるもの。
【写具	<ul> <li>・図】</li> <li>写直・図</li> </ul>	毎辺 □ 言当
11世		ハニみ         ヘニみ・穴はあるが、底が見える。         (白く光る部分は、光源の反射である)
「山曲」		
【田典】	I	

【判定のポイント】 微小なフラックス残渣<手はんだ付け、リフローソルダリング>

# 【JERG-0-043本文】 5.9.3 外観検査 (2) 不合格基準

f . 洗浄後のフラックス残渣

ただし、耐マイグレーション試験による評価データに基づき、フラックス残渣が悪影 響を与えな いと技術的見解により客観的証拠として証明できる場合、微小なフラック ス残渣は不良対象外と する。

【写真・図】	
事例	解 説
	JERG規定を満足することを条件に、許容可能な微小 フラックス残渣の事例。 無理に除去することにより、周辺部のはんだ付部やレ ジストに損傷を与える可能性がある。
【出典】	

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 はんだボール<手はんだ付け、リフローソルダリング>

【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(2) 不合格基準 d. はんだ未溶融、はんだ不濡れ、はんだブリッジ及びはんだボール 特別な異物規定がある場合を除いてパターン間最小距離から異物径を除いた寸法が 要求最小導 体間隔を満足する不動異物(竹串等で軽く外力を加える程度では動かない もの)は、コーティン グすることで許容することができる。

【写真・図】	
[写真・図] 事例 (はん	解 説 上記の JERG 規定を満足することを条件に、許容可 能なはんだボールの事例。 無理に除去することにより周辺部のレジストに損傷 が発生した。
	上記の JERG 規定を満足することを条件に、許容可能なはんだボールの事例。 はんだボールを無理に除去したことにより、周辺部 のレジスト等に損傷が発生し、品質を低下させた。 1.レジストに傷 2.レジストとパット 間の荒れ
【出典】	

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 はんだボール<手はんだ付け、リフローソルダリング>

【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(2) 不合格基準 d. はんだ未溶融、はんだ不濡れ、はんだブリッジ及びはんだボール 特別な異物規定がある場合を除いてパターン間最小距離から異物径を除いた寸法が 要求最小導 体間隔を満足する不動異物(竹串等で軽く外力を加える程度では動かない もの)は、コーティン グすることで許容することができる。

【写真・図】	
事例	解:説
	上記の JERG 規定を満足することを条件に、許容可
	能なはんだボールの事例。
	周辺部を損傷しないではんだボールを除去できてい
	るが、損傷するリスクが高い。
	and the second
	Constant and a second
(はんたま ールサイス : $\phi 0.02 \text{mm}$ 程度)	
L	
【出典】	

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】 はんだボール<手はんだ付け、リフローソルダリング>

# 【JERG-0-043本文】5.9.3 外観検査(2)不合格基準

d. はんだ未溶融、はんだ不濡れ、はんだブリッジ及びはんだボール 特別な異物規定がある場合を除いてパターン間最小距離から異物径を除いた寸法が要求最小導 体間隔を満足する不動異物(竹串等で軽く外力を加える程度では動かないもの)は、コーティン グすることで許容することができる。

【与具・凶】	
事例	解説
	JERG 規定を満足することを条件に、許容可能なは んだボールの事例。 はんだボールを無理に除去することにより、周辺部 を損傷し、品質低下をもたらす可能性がある。
(はんだボールサイズ: φ 0.1mm 程度)	
レンション (はんだボールサイス、: $\phi 0.05$ mm~ $\phi 0.1$ mm)	JERG 規定を満足することを条件に、許容可能なは んだボールの事例。 はんだボールを無理に除去することにより、周辺部 を損傷し、品質低下をもたらす可能性がある。
T t t t <del>du</del> N	
【出典】	

【判定のポイント】 はんだボール<手はんだ付け、リフローソルダリング>

【JERG-0-043本文】5.9.3 外観検査(2)不合格基準

d. はんだ未溶融、はんだ不濡れ、はんだブリッジ及びはんだボール 特別な異物規定がある場合を除いてパターン間最小距離から異物径を除いた寸法が要求最小導 体間隔を満足する不動異物(竹串等で軽く外力を加える程度では動かないもの)は、コーティン グすることで許容することができる。

【写真・図】	
事例	解説
	JERG 規定を満足することを条件に、許容可能なは
	んだボールの事例。
	はんだボールを無理に除去すると、周辺部のはんだ
	付部やレジストが損傷する可能性がある。
(はんたホールサイズ: $\phi$ 0.05mm 程度)	
【出曲】	
【山光】	

# 技術データ24 はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本

	目、次
1.	よんだ付外観状態と信頼性評価試験結果24-4
1.1	よじめに
1.2	平価用サンプル製作
1.2.1	ナンプル A
1.2.2	平価サンプル B
1.3	式験条件
1.3.1	熟衝擊試験
1.3.2	平価試験フロー24-13
1.3.3	<b>\</b> 観観察(光学顕微鏡写真)24-14
1.3.4	tんだ付部の断面観察24-15
1.4	平価結果
1.4.1	平価サンプルA24-15
1.4.2	平価サンプル B
1.5	まとめ
1.5.1	大型表面実装部品(板状電極部品:ダイオード部品)
1.5.2	大型表面実装部品(内曲げリード端子部品:コンデンサ部品)
2.	はんだ付検査・判定基準の見本

# 図表目次

図 24.1-1	評価用基板	24-5
図 24.1-2	基板概略図	24-5
図 24.1-3	PWB 組立品製造フロー	24-6
図 24.1-4	組立実装状態外観	24-7
図 24.1-5	評価用基板(部品実装済み状態)	24-8
図 24.1-6	基板概略図	24-8
図 24.1-7	PWB 組立品製造フロー	24-10
図 24.1-8	組立実装状態外観	24-11
図 24.1-9	熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態	24-12
図 24.1-10	評価試験実施手順	24-14
図 24.1-11	クラック等級 (JERG-0-043 5.11.2 項 クラック深さ評価及び判定より抜粋).	24-16
図 24.1-12	初期状態	24-17

24-1

⊠ 24.1-13	500 サイクル経過後状態	24-17
⊠ 24.1-14	1000 サイクル経過後状態	24-18
⊠ 24.1-15	2000 サイクル経過後状態	24-18
⊠ 24.1-16	2000 サイクル定点観察および経過後状態	24-19
図 24.1-17	フィレット高さの分布図(全サイクル)	24-20
⊠ 24.1-18	フィレット高さ及びクラック発生の分布図(500 サイクル)	24-20
⊠ 24.1-19	フィレット高さ及びクラック発生の分布図(1000 サイクル)	24-21
⊠ 24.1-20	フィレット高さ及びクラック発生の分布図(2000 サイクル)	24-21
⊠ 24.1-21	フィレット高さ及びクラック発生の分布図(500, 1000, 2000 サイクル)	24-22
⊠ 24.1-22	初期状態:コンデンサ(THP60 タイプ)	24-24
⊠ 24.1-23	初期状態:コンデンサ(THP70 タイプ)	24-24
⊠ 24.1-24	初期状態:ダイオード (1N5811US)	24-25
⊠ 24.1-25	500 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)	24-26
⊠ 24.1-26	500 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)	24-27
⊠ 24.1-27	500 サイクル経過後状態:ダイオード (1N5811US)	24-28
⊠ 24.1-28	1000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)	24-29
⊠ 24.1-29	1000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)	24-30
図 24.1-30	1000 サイクル経過後状態:ダイオード (1N5811US)	24-31
図 24.1-31	2000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)	24-32
図 24.1-32	2000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)	24-33
⊠ 24.1-33	2000 サイクル経過後状態:ダイオード (1N5811US)	24-34
⊠ 24.1-34	2000 サイクル定点観察および経過後状態: コンデンサ (THP60 タイプ)	
<u> </u>		24-35
⊠ 24.1-35	2000 サイクル定点観察および経過後状態: コンテンサ (THP70 タイプ)	24-36
⊠ 24.1-36	2000 サイクル定点観察および経過後状態:ダイオード (1N5811US)	24-37
図 24.1-37	フィレット高さ分布図 【ダイオード:1N5811US】 全サイクル	24-38
図 24.1-38	フィレット高さ分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】 全サイクル	24-39
図 24.1-39	フィレット高さ分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】 全サイクル	24-39
図 24.1-40	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】	
	500 サイクル	24-40
図 24.1-41	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】	04.40
<b>N</b> 04 1 40		24-40
凶 24.1-42	ノイレット局さ及いクフック発生分布図 【タイオート:1N5811US】 2000 サイクル	24-41
図 24.1-43	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60タイプ】	
	500 サイクル	24-41

⊠ 24.1-44	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60タイプ】 1000 サイクル	.24-42
図 24.1-45	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60タイプ】 2000 サイクル	.24-42
図 24.1-46	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70タイプ】 500 サイクル	.24-43
⊠ 24.1-47	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70タイプ】 1000 サイクル	.24-43
⊠ 24.1-48	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70タイプ】 2000 サイクル	.24-44
図 24.1-49	<ul> <li>フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】</li> <li>500,1000,2000 サイクル</li> </ul>	.24-44
⊠ 24.1-50	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】 500,1000,2000 サイクル	.24-45
⊠ 24.1-51	フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】 500,1000,2000 サイクル	.24-45
図 24.1-52	新規基準	.24-47
図 24.1-53	欧米基準	.24-48
表 24.1-1	表面実装タイプ部品	24-6
表 24.1-2	ソルダペーストの仕様	24-6
表 24.1-3	外観分類	24-7
表 24.1-4	表面実装タイプ部品	24-9
表 24.1-5	ソルダペーストの仕様	24-9
表 24.1-6	外観分類	.24-11
表 24.1-7	熱衝撃試験サイクル数と各熱衝撃試験装置	.24-12
表 24.1-8	外観観察対象サンプル	.24-14
表 24.1-9	クラック発生状況	.24-16
表 24.1-10	クラック発生状況 【ダイオード:1N5811US】	.24-23
表 24.1-11	クラック発生状況 【コンデンサ:THP60 タイプ】	.24-23
表 24.1-12	クラック発生状況 【コンデンサ:THP70 タイプ】	.24-23

1. はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果

1.1 はじめに

宇宙機のはんだ付の良否判定基準等に関しては、宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-039)及 び宇宙用表面実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)が適用されている。

これらの基準は全てのはんだ付けの良否判定基準を明確に示すものではなく、良否判定は検査 員の技量等に依存している。大型表面実装部品においては、はんだが上がり難く、これまでの判 定基準では対応が困難な場合が発生している。

このため、大型表面実装部品の評価サンプルを用いて、宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-043)の参考となるような写真類を整備し、良否判定基準の検討を信頼性評価試験(熱衝撃試験, 外観観察及び断面観察)と共に実施することにより、接合部信頼性評価に基づいた良否判定の参 考となる写真の充実を図り、工程標準類の質の向上を図るものである。

1.2 評価用サンプル製作

信頼性評価試験を実施する評価サンプルは2社で製作し、それぞれ評価サンプルA及び評価サンプルBとした。

1.2.1 サンプルA

1.2.1.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA という)の認定仕様で製作した。

なお、基板層数を4層とし、表面実装部品を実装する設計としている。

材料 : ガラスエポキシ (FR-4)

表面処理:はんだレベラー

- 板厚 : t=1.6mm
- 外形 : 150mm×185mm
- 層数 :4 層

パッド仕様 : JERG-0-042 及び JERG-0-043 に準拠

評価用基板概略を、図 24.1-1、図 24.1-2 に示す。



図 24.1-1 評価用基板



図 24.1-2 基板概略図

## 1.2.1.2 電気部品

評価に供試する表面実装部品を表 24.1-1 に示す。評価部品は、外形形状、材質として製品を模擬する代表的な特徴のある部品として、ダイオードチップの1種5点/1基板を選択した。

衣 24.1-1 衣面 夭 表 クイノ 部 印							
部品	型名/規格	外形寸法〔mm〕 W×L×H					
ダイオード	1N5811US	3.55  imes 5.46  imes 3.55					

表 24.1-1 表面実装タイプ部品

## 1.2.1.3 はんだ材

ソルダペーストの仕様をそれぞれ表 24.1-2 に示す。

はんだ材は、JERG-0-043 準拠品を使用した。

<u> 秋 24.1 2</u> /	
	ソルダペースト
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
合金組成[wt%]	63Sn/37Pb
粉末の粒度[µm]	25-45
フラックス含有量[wt%]	$9.5 \pm 0.5$
ハロゲン含有量[wt%]	0.1 以下

表 24.1-2 ソルダペーストの仕様

### 1.2.1.4 部品はんだ付実装

本試験に供した PWB への部品実装の製造手順を、図 24.1-3 PWB 組立品製造フローに示す。 表面実装部品の実装プロセスは、ソルダペースト印刷後、手作業により部品搭載を行い、リフロ ーソルダ実施後、フラックス洗浄をバッチタイプの洗浄機にて炭化水素系洗剤を用いて自動洗浄 を行った。はんだ付け条件は標準作業条件とした。



図 24.1-3 PWB 組立品製造フロー

1.2.1.5 供試組立基板枚数及び部品点数
 信頼性評価試験投入数:基板枚数 14 枚、部品点数 51 点
 図 24.1-4 に部品はんだ付け実装状態を示す。



(a)全体写真

(b)実装部拡大写真

図 24.1-4 組立実装状態外観

## 1.2.1.6 はんだ付部の初期外観分類

製作したサンプルにおいて、角型端子部品の基準を参考に、以下の基準で分類した。

表 24.1-3 外観分類					
外観	基準				
標準品	フィレット高さ 1mm 以上				
評価対象品	フィレット高さ 1mm 未満				

- 1.2.2 評価サンプルB
- 1.2.2.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA という)の認定仕様で製作した。

なお、基板層数を8層にすることにより、実製品の仕上がり実態を反映する様に考慮すると共 に、表面実装部品を実装する設計としている。

材料 : ガラスエポキシ (FR-4)

表面処理 : はんだレベラー

板厚 : t=1.6mm

外形 : 100mm×100mm

層数 :8層(L1,8表層、L2,7=ベタ層,L3,6=5mm ピッチメッシュ層)

パッド仕様 : JERG-0-042 及び JERG-0-043 に準拠

評価用基板概略を、図 24.1-5、図 24.1-6 に示す。



図 24.1-5 評価用基板(部品実装済み状態)



図 24.1-6 基板概略図

## 1.2.2.2 電気部品

評価に供試した表面実装部品を表 24.1-4 に示す。評価部品は、外形形状、材質として製品を模 擬する代表的な特徴のある部品として大型 SMT チップ部品とした。チップ部品は、ボディ材質 や電極材質、外形寸法の異なる積層セラミックコンデンサチップ 2 種、ダイオードチップを選択 した。部品品種は、合計 3 種 15 点/1 基板を選択した。

部品	型名/規格	外形寸法〔mm〕 W×L×H
チップコンデンサ	THP60 シリーズ	$6.0\! imes\!5.0\! imes\!5.6$
	THP70 シリーズ	$7.8{ imes}6.6{ imes}6.5$
チップダイオード	1N5811US	$3.55 \times 5.46 \times 3.55$

表 24.1-4 表面実装タイプ部品

1.2.2.3 はんだ材

ソルダペーストの仕様をそれぞれ表 24.1-5 に示す。

はんだ材は、JERG-0-043 準拠品を使用した。

表 24.1-5 ソルダペーストの仕様

	ソルダペースト
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
合金組成〔wt%〕	Sn63/Pb37
粉末の粒度〔µm〕	$25{\sim}45$

### 1.2.2.4 部品はんだ付実装

表面実装部品の実装プロセスは、ソルダペースト印刷、部品搭載、リフローソルダまでを一連 の実装ラインで実施し、フラックス洗浄をバッチタイプの洗浄機にてグリコールエーテル系溶剤 を用いて自動洗浄を行なった。

はんだ付条件は標準作業範囲で、ソルダペースト印刷量をメタルマスクの厚さ、開口率で調整 し、はんだ仕上がり(フィレット高さ)にバラツキを発生させ製作した。





1.2.2.5 供試組立基板枚数及び部品点数

信頼性評価試験投入数:基板枚数 11 枚、部品点数:165 部品である。 図 24.1-8 に組立実装状態を示す。



図 24.1-8 組立実装状態外観

1.2.2.6 はんだ付部の初期観察分類

製作したサンプルにおいて、角型端子部品及び内曲げリード部品の基準を参考に、以下の基準 で分類した。

外観	基準				
標準品	フィレット高さ 1mm 以上				
評価対象品	フィレット高さ 1mm 未満				

表 24.1-6 外観分類

## 1.3 試験条件

## 1.3.1 熱衝撃試験

試験条件は、JERG-0-039:温度サイクル試験とJERG-0-043:熱衝撃試験と異なっているが、 JERG0-043 4.4 工程の認定試験項に記述されている通り、熱衝撃試験による評価は、温度サイ クル試験と同等の厳しさ(互換性があり)である事が確認されている事から、熱衝撃試験(II) の温度 $-30^{\circ}$ ~+100 $^{\circ}$ 、上限下限温度保持時間 30 分、移行時間 5 分以内とする熱衝撃試験によ る評価を実施した。

熱衝撃試験槽は、表 24.1-7、図 24.1-9(1)~(4)に示す熱衝撃試験装置を使用した。

衣 24.1-7 熱側挙 試験サイクル 奴と谷熱側 挙 試験 装直								
熱衝撃試験	0~1000	$1001 \sim 1368$	$1369 \sim 1868$	$1869 \sim 2000$				
サイクル数	サイクル	サイクル	サイクル	サイクル				
メーカ ESPEC		ロバート	ESPEC	ESPEC				
型名	TSA-301L-W	SAX-600-W	TSA-70H	TSA-71H				

表 24.1-7 熱衝撃試験サイクル数と各熱衝撃試験装置





図 24.1-9 熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態 (1) (ESPEC: TSA-301L-W)





図 24.1-9 熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態 (2) (ロバート: SAX-600-W)

## JERG-0-043-TM001A



図 24.1-9 熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態 (3) (ESPEC: TSA-70H)



図 24.1-9 熱衝撃試験装置および試験槽への評価サンプル設置状態 (4) (ESPEC: TSA-71H)

1.3.2 評価試験フロー

熱衝撃試験による評価を 2000 サイクルまで実施した。その評価試験フローを図 24.1-10 に示す。

注:熱衝撃試験サイクルによる判定は500 サイクルとし、更なる表面状態の変化やクラック進展 の確認及び標準品と評価対象品の比較評価として2000 サイクルまで実施した。



図 24.1-10 評価試験実施手順

1.3.3 外観観察(光学顕微鏡与具)

フィレット高さについて、外観変化(定点観察)、クラックの発生有無を確認し、外観写真を撮影した。熱衝撃試験数と観察対象の関係を表 24.1-8 に示す。

なお、写真は、JERG-0-043 のはんだ付性良否判定基準の参考となる写真として利用すること を考慮し、事象がより理解できるように拡大して撮影した。

表 24.1-8 外観観察対象サンプル(○:観察対象,×:観察対象外)

	500 サイクル 供試体	1000 サイクル 供試体	2000 サイクル 供試体
0サイクル	0	0	0
500 サイクル	0	×	0
1000 サイクル	—	0	0
2000 サイクル		—	$\bigcirc$

- 注1 尚、0 サイクル(ref)のサンプルは、試験後のサンプルと比較するため、初回に外観観察と写 真撮影を実施する。
- 注 2 2000 サイクル評価用サンプルは、定点観察のため各評価ポイント毎に取り出し、外観観察 と写真撮影を実施し、引き続き 2000 サイクル完了まで試験を継続した。

## 1.3.4 はんだ付部の断面観察

評価サイクル0サイクル、500サイクル、1000サイクル、2000サイクルに対応したサンプル の断面観察により、フィレット高さの分布とクラックの発生、進行状況を観察した。

## 1.4 評価結果

#### 1.4.1 評価サンプルA

熱衝撃試験前後(0 サイクル、500 サイクル、1000 サイクル、2000 サイクル後)の光学顕微 鏡による断面観察結果を表 24.1-9 に示す。

#### 1.4.1.1 外観観察及び断面観察結果

### (1) 熱衝撃試験 500 サイクル経過後

熱衝撃試験による評価の判定サイクル数として規定された 500 サイクルでは、はんだ表面の凹 凸(シワ、ザラザラ状)が顕著化した。また、断面観察により、評価対象品においてクラックが 発生したものも見られた(n=1/35)。そのクラック深さはクラック等級 1 レベルであり、クラッ ク深さ評価および判定の基準を満足しており、問題の無いレベルであることを確認した。

## (2) 熱衝撃試験 1000 サイクル経過後

1000 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。また、断面観察により、評価対象品 においてクラックが発生したものも見られたが(n=4/36)、その深さは全てクラック等級 1 レベ ルであったことから、問題の無いレベルであることを確認した。

(3) 熱衝撃試験 2000 サイクル経過後

2000 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。また、断面観察により、評価対象品 においてクラック等級 1~3 のクラックが発生し(n=17/28)、フィレット高さによらず全体的に 発生している。

						, , , ,	_				
			クラック	クラック等級0		<b>クラック等級1</b>		クラック等級2		クラック等級3	
	フィレット高さ	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	
500	1mm以上	1	1	100%	0	0%	0	0%	0	0%	
サイクル	1mm未満	35	34	97%	1	3%	0	0%	0	0%	
ウオッチ品	合計	36	35	97%	1	3%	0	0%	0	0%	
1000	1mm以上	2	2	100%	0	0%	0	0%	0	0%	
サイクル	1mm未満	36	32	89%	4	11%	0	0%	0	0%	
ウオッチ品	合計	38	34	89%	4	11%	0	0%	0	0%	
2000	1mm以上	0	-	-	-	-	-	-	-	-	
サイクル	1mm未満	28	11	39%	1	4%	3	11%	13	46%	
ウオッチ品	合計	28	11	39%	1	4%	3	11%	13	46%	

表 24.1-9 クラック発生状況

※クラック等級は, 図 24.1-11 による。



図 24.1-11 クラック等級(JERG-0-043 5.11.2 項 クラック深さ評価及び判定より抜粋)

# 1.4.1.2 外観観察及び断面観察写真

フィレット高さにおける「標準品」と「評価対象品」の外観及び断面写真を図24.1-12~図24.1-16 に示す。図24.1-16においては、定点観察結果を示す。

	「標準品」 フィレット高さ: 1.0mm	「評価対象品」 フィレット高さ: 0.7mm	「評価対象品」 フィレット高さ: 0.4mm
熱衝撃試験 未投入外観写真			
未投入断面写真			

図 24.1-12 初期状態

	「標準品」	「評価対象品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:	フィレット高さ:	フィレット高さ:
	1.0mm	0.7mm	0.4mm
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
500 サイクル 経過後断面写真		-918	

図 24.1-13 500 サイクル経過後状態

	「標準品」	「評価対象品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:	フィレット高さ:	フィレット高さ:
	1.0mm	0.7mm	0.4mm
熱衝擊試験 投入前外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後断面写真			

図 24.1-14 1000 サイクル経過後状態

	「標準品」	「評価対象品」	「評価対象品」
	フィレット高さ: -	フィレット高さ:	フィレット高さ:
		0.7mm	0.4mm
熱衝擊試験 投入前外観写真			
2000 サイクル 経過後外観写真			Constance &
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 24.1-15 2000 サイクル経過後状態

	「標準品」	「評価対象品」	「評価対象品」
	フィレット高さ: -	フィレット高さ:	フィレット高さ:
		0.7mm	0.4mm
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			and the second s
2000 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 24.1-16 2000 サイクル定点観察および経過後状態

1.4.1.3 フィレット高さの分布とクラック等級の結果





図 24.1-17 フィレット高さの分布図(全サイクル)



図 24.1-18 フィレット高さ及びクラック発生の分布図(500 サイクル)



図 24.1-19 フィレット高さ及びクラック発生の分布図(1000 サイクル)



図 24.1-20 フィレット高さ及びクラック発生の分布図(2000 サイクル)



図 24.1-21 フィレット高さ及びクラック発生の分布図(500,1000,2000 サイクル)

## 1.4.2 評価サンプル B

熱衝撃試験(0、500、1000、2000 サイクル)投入前後に実施した光学顕微鏡による断面観察 結果を表 24.1-10、表 24.1-11、表 24.1-12 に示す。

### 1.4.2.1 外観観察及び断面観察結果

(1) 熱衝撃試験 500 サイクル経過後

熱衝撃試験による評価の判定サイクル数として規定された 500 サイクルでは、はんだ表面の凹 凸(シワ、ザラザラ状)が顕著化した。しかし、「標準品」と「評価対象品」の劣化状態に差異は 見られなかった。また、外観観察及び断面観察からはクラックは確認されなかった。

(2) 熱衝撃試験 1000 サイクル経過後

1000 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。しかし、「標準品」と「評価対象品」 の劣化状態に差異は見られなかった。また、外観観察からクラックが確認されたものもあったが、 その程度は小さく、断面観察により、クラック深さはクラック等級1レベルであったことから、 問題の無いレベルであることを確認した。

(3) 熱衝撃試験 2000 サイクル経過後

2000 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。また、外観観察からクラックが確認 され、断面観察により、クラック深さはクラック等級 2~3 であることを確認した。しかし、「標 準品」と「評価対象品」の劣化状態に差異は見られなかった。

	<u> 秋 24.1 10</u> /	/ / /		.VL	114	1 •	moorre			
ダイオード			クラック	レヘッルロ	クラック	レヘブル1	クラック	レヘ゛ル2	クラック	レヘ゛ル3
	フィレット高さ	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500サイクル	1.0mm以上	7	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
供試品	1.0mm未満	5	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	合計	12	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
1000サイクル	1.0mm以上	5	4	80%	2	40%	0	0%	0	0%
供試品	1.0mm未満	7	5	71%	1	14%	0	0%	0	0%
	合計	12	9	75%	3	25%	0	0%	0	0%
2000サイクル	1.0mm以上	20	7	35%	3	15%	4	20%	6	30%
供試品	1.0mm未満	22	8	36%	10	45%	0	0%	4	18%
	合計	42	15	36%	13	31%	4	10%	10	24%

表 24.1-10 クラック発生状況 【ダイオード:1N5811US】

※クラック等級は、図24.1-11による。

表 24.1-11 クラック発生状況 【コンデンサ:THP60 タイプ】

コンテ [゛] ンサ(CA)			クラックし	レヘ゛ルロ	クラックし	ノヘル1	クラックし	ノヘ゛ル2	クラック	レベル3
	フィレット高さ	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500サイクル	1.0mm以上	12	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
供試品	1.0mm未満	0	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	合計	12	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
1000サイクル	1.0mm以上	6	6	100%	0	0%	0	0%	0	0%
供試品	1.0mm未満	6	3	50%	3	50%	0	0%	0	0%
	合計	12	9	75%	3	25%	0	0%	0	0%
2000サイクル	1.0mm以上	29	6	21%	20	69%	3	10%	0	0%
供試品	1.0mm未満	13	8	62%	5	38%	0	0%	0	0%
	合計	42	14	33%	25	60%	3	7%	0	0%

※クラック等級は,図 24.1-11 による。

表 24.1-12	クラック発生状況	【コンデンサ・THP70 タイプ】
1 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4 4		

コンデンサ(CB)			クラック	レヘ゛ル0	クラックし	ノヘル1	クラックし	レヘ゛ル2	クラック	レヘ゛ル3
	フィレット高さ	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500サイクル	1.0mm以上	7	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
供試品	1.0mm未満	3	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
	合計	10	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
1000サイクル	1.0mm以上	2	1	50%	1	50%	0	0%	0	0%
供試品	1.0mm未満	10	9	90%	1	10%	0	0%	0	0%
	合計	12	10	83%	2	17%	0	0%	0	0%
2000サイクル	1.0mm以上	16	5	31%	10	63%	1	6%	0	0%
供試品	1.0mm未満	26	7	27%	15	58%	4	15%	0	0%
	合計	42	12	29%	25	60%	5	12%	0	0%

※クラック等級は,図 24.1-11 による。

# 1.4.2.2 外観観察写真及び断面観察写真

フィレット高さにおける「標準品」と「評価対象品」の外観及び断面写真を図 24.1-22~図 24.1-33 に示す。図 24.1-34~図 24.1-36 においては、定点観察結果を示す。



図 24.1-22 初期状態:コンデンサ(THP60 タイプ)



図 24.1-23 初期状態:コンデンサ(THP70 タイプ)

	「標準品」 フィレット高さ・10mm	「評価対象品」 フィレット高さ:09mm
熱衝撃試験 未投入外観写真		
未投入断面写真		

図 24.1-24 初期状態:ダイオード (1N5811US)
	「標準品」	「標準品」
	フィレット高さ:1.2mm	フィレット高さ:1.1mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		
500 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-25 500 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.2mm	フィレット高さ:0.7mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		
500 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-26 500 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.1mm	フィレット高さ:0.8mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		
500 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-27 500 サイクル経過後状態:ダイオード (1N5811US)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.2mm	フィレット高さ:0.9mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
1000 サイクル 経過後外観写真	Contraction of the second seco	Contraction of the second seco
1000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-28 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.0mm	フィレット高さ:0.8mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
1000 サイクル 経過後外観写真		
1000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-29 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.1mm	フィレット高さ:0.7mm
熱衝撃試験 投入前外観写真		
1000 サイクル 経過後外観写真	C. C	Contraction of the second seco
1000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-30 1000 サイクル経過後状態:ダイオード (1N5811US)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.0mm	フィレット高さ:0.9mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
2000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-31 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.0mm	フィレット高さ:0.7mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
2000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-32 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.1mm	フィレット高さ:0.8mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
2000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-33 2000 サイクル経過後状態:ダイオード (1N5811US)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.0mm	フィレット高さ:0.9mm
熱衝撃試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		Contraction of the second seco
1000 サイクル 経過後外観写真		Contraction of the second seco
2000 サイクル 経過後外観写真	A CONTRACT OF CONTRACT.	Contraction of the second seco
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-34 2000 サイクル定点観察および経過後状態:コンデンサ (THP60 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.0mm	フィレット高さ:0.9mm
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		and and a second
1000 サイクル 経過後外観写真	Calified on the second se	
2000 サイクル 経過後外観写真	and the second s	estatus
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-35 2000 サイクル定点観察および経過後状態:コンデンサ (THP70 タイプ)

	「標準品」	「評価対象品」
	フィレット高さ:1.1mm	フィレット高さ:0.8mm
熱衝撃試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		C.
1000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後外観写真		Contraction of the second seco
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 24.1-36 2000 サイクル定点観察および経過後状態:ダイオード (1N5811US)

1.4.2.3 フィレット高さの分布とクラック等級の結果

フィレット高さの分布とクラック等級の結果を図 24.1-37~図 24.1-51 に示す。



図 24.1-37 フィレット高さ分布図 【ダイオード:1N5811US】 全サイクル



図 24.1-38 フィレット高さ分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】 全サイクル



図 24.1-39 フィレット高さ分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】 全サイクル



図 24.1-40 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】 500 サイクル



図 24.1-41 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】 1000 サイクル



図 24.1-42 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】 2000 サイクル



図 24.1-43 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】 500 サイクル



図 24.1-44 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】 1000 サイクル



図 24.1-45 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】 2000 サイクル



図 24.1-46 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】 500 サイクル



JERG-0-043-TM001A

図 24.1-47 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】 1000 サイクル



図 24.1-48 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】 2000 サイクル



図 24.1-49 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【ダイオード:1N5811US】 500,1000,2000 サイクル



図 24.1-50 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP60 タイプ】500,1000,2000 サイクル



図 24.1-51 フィレット高さ及びクラック発生分布図 【コンデンサ:THP70 タイプ】500,1000,2000 サイクル

1.5 まとめ

評価対象とした大型表面実装部品(板状電極部品、内曲げリード端子部品)のはんだ付け実装 品評価試験から次の結果を得た。

#### 1.5.1 大型表面実装部品(板状電極部品:ダイオード部品)

- (4) 実装メーカの異なるサンプルA(フィレット高さが低めの傾向を持つもの)とサンプルB(フィレット高さが高めの傾向を持つもの)について、フィレット高さ区分を行いJERG-0-043 に規定された熱衝撃試験による評価試験を実施した結果は、サンプルAとサンプルBに差は 認められなかった。
- (1) (2) JERG-0-043 に規定された熱衝撃試験による評価判定の 500 サイクル完了品において、 フィレット高さ区分とはんだ表面や内部の劣化状況及びクラック発生に差異は認められなか った。また、継続して実施した 1000 サイクル及び 2000 サイクル品においてもクラック発生 とフィレット高さに相関は認められず同様の結果であった。
- (2) (3) クラックは、500 サイクル及び 1000 サイクルではクラック等級1レベル、2000 サイク ルではクラック等級2、3レベルも一部に発生している。しかし、クラックは、フィレット高 さ区分に関係なく発生しており、フィレット高さに依存した傾向は認められなかった。

以上の評価結果より、大型表面実装部品(板状電極部品:ダイオード部品)においては、はん だ接合部表面の外観状態が JAXA JERG-0-043 規格要求条件を満たしていることを前提条件とし て、フィレット高さが角型端子部品の基準である 1mm より低い場合であっても今回の評価サン プルレベルのフィレット高さ(0.4mm 以上)があれば、はんだ付け接合部の信頼性には影響しな いとの結果を得た。

大型表面実装部品(板状電極部品:ダイオード部品)は、JERG-0-043 に適合するはんだ付け 外観判定基準がないため、従来から準拠されていた JERG-0-043 の角型端子部品の基準を基に、 今回の評価結果を反映した「はんだ付け検査・判定基準の見本案」を新規に作成し、はんだ付工 程標準(JERG-0-043)に反映する。

今回の評価試験結果に於いて、欧米の宇宙機関が基準としている「G+0.25H 又は G+0.5mm の いずれか小さい値(H:電極厚さ,G:スタンドオフ高さ)」と比較してもマージンを持って問題 ないとの結果を得ることができた。この結果に基づき図 24.1-52 の新規基準を検討した。



F(最小フィレット高さ)=G+0.25H又は G+0.5mm のいずれか小さい値

図 24.1-52 新規基準

- 1.5.2 大型表面実装部品(内曲げリード端子部品:コンデンサ部品)
- (1) サンプルについてフィレット高さ区分を行い JERG-0-043 に規定された熱衝撃試験による評価試験を実施し、評価判定の 500 サイクル完了品において、フィレット高さ区分とはんだ表面や内部の劣化状況及びクラック発生に差異は認められなかった。また、継続して実施した1000 サイクル及び 2000 サイクル品においてもクラック発生とフィレット高さに相関は認められず同様の結果であった。
- (2) クラックは、500 サイクルでは発生なし(クラック等級0レベル)、1000 サイクルではクラック等級1レベル、2000 サイクルではクラック等級2レベルも一部に発生している。しかし、 クラックは、フィレット高さ区分に関係なく発生しており、フィレット高さに依存した傾向 は認められない。

以上の評価結果より、大型表面実装部品(内曲げリード端子部品:コンデンサ^{*}部品)において は、はんだ接合部表面の外観状態が JAXA JERG-0-043 規格要求条件を満たしていることを前提 条件として、フィレット高さが現行基準の 1mm より低い場合であってもサンプルレベルのフィ レット高さ(0.6mm)があれば、はんだ付け接合部の信頼性には影響しないとの結果を得た。

大型表面実装部品(内曲げリード部品:コンデンサ^{*}部品)に対するはんだ付け外観判定基準は、 JERG-0-043の内曲げリード端子部品の基準が適用されており、最小フィレット高さは「0.3H 又 は 1mm のいずれか小さい値」となっている。

一方、図 24.1-53 の欧米の最小フィレット高さ基準(J-STD-001ES, ECSS-Q-ST-70-38C)では、「G+0.25H 又は G+0.5mm のいずれか小さい値(H:リード高さ,G:はんだ厚さ)」が規格として制定されている。

今回の評価結果から、フィレット高さが 0.6mm 以上であればはんだ付け接合部の信頼性に問題ない結果が得られた。今回のサンプルでは欧米の規格相当の 0.5mm やそれ以下のフィレット高さの接続信頼性のデータを得ることができなかった。今後、フィレット高さの異なるサンプルのデータをさらに収集することにより、新規構造部品の検査基準を検討することが必要である。



F(最小フィレット高さ)=G+0.25H又は G+0.5mm のいずれか小さい値 図 24.1-53 欧米基準

2. はんだ付検査・判定基準の見本

### はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】				
フィレット高さ<リフロー> (大型表面実装部品:板状電極部品:チップダイオード、1				
N5811US)				
大きさ:3.55×5.46×3.55mm				
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査(1)合格基	准			
d. はんだ付フィレットが、原則として表 5-9-2~	5-9-9 に示す形状を満足すること。			
表 5-9-9 板状電極部品のはんだ付け外観判定基準	生			
最小フィレット高さ : G+0.25H 又は G+	0.5mm のいずれか小さい値			
【写真・図】				
判定 写真・図	角星 言说			
	良好なフィレットが形成されている。			
	$(フィレット 喜 キ \cdot 10 mm 相当)$			
良				
	良好なフィレットが形成されている。			
	(フィレット高さ:0.7mm 相当)			
良				
	フィレット高さは低いが、良好なフィレット			
	が形成されている。			
	(フィレット高さ:0.5mm 相当)			
良				
【出典】				

はんだ付け検査・判定基準の見本

【判定のポイント】				
フィレット向さくリフローク (八空衣面美装部品:板状电極部品:アックタイス   大きさ:3.55×5.46×3.55mm	$ \sim$ 1 N381105)			
【JERG-0-043 本文】 5.9.3 外観検査 (1) 合格基準				
d. はんだ付フィレットが、原則として表 5-9-2~5-9-9 に示す形状を満足するこ	ک			
表 5-9-9 板状電極のはんだ付け外観判定基準	Ŭ			
最小フィレット高さ:F=G+0.25H 又は G+0.5mm のいずれか小さい値				
【写真・図】				
判定 写真・図				
良好なフィレット高さである	0			
(フィレット高さ:1.1mm 木	目当)			
良				
	ロロシフィレットが			
アイレット向きは低いか、良	対なノイレットが			
「カルスこれでくている。」 (フィレット高さ: $0.8$ mm 木	目当)			
良				
	好なフィレットが			
形成されている。				
(フィレット高さ:0.6mm 木	目当)			
【出典】				

# 技術データ25 はんだ付検査・判定の良否判定基準の見本

	目、次
1.	はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果25-3
1.1	はじめに
1.2	評価用サンプル製作
1.2.1	サンプルA
1.2.2	評価サンプル В
1.3	試験条件
1.3.1	熱衝撃試験
1.3.2	評価試験フロー
1.3.3	評価項目
1.4	評価結果
1.4.1	評価サンプルA
1.4.2	評価サンプル В
1.5	まとめ
1.5.1	大型表面実装部品(板状電極部品:ダイオード部品)
1.5.2	大型表面実装部品(内曲げリード端子部品:コンデンサ部品)
2.	はんだ付検査・判定基準の見本

## 図表目次

図 25.1-1	評価用基板(部品実装状態)	25-4
⊠ 25.1-2	PWB 組立品製造フロー	25-5
⊠ 25.1-3	組立実装状態外観	25-5
図 25.1-4	各供試体評価パラメータの実装状態(部品実装位置およびはんだ量)	25-6
図 25.1-5	評価用基板(部品実装済み状態)	25-7
図 25.1-6	基板概略図	25-8
図 25.1-7	PWB 組立品製造フロー	25-9
図 25.1-8	組立実装状態外観	25-10
図 25.1-9	評価サンプル設置状態(0~1000 サイクル)	25-11
図 25.1-10	) 評価サンプル設置状態(1001~2000 サイクル)	25-11
図 25.1-11	L 評価試験実施手順	25-12
図 25.1-12	2 初期状態	25-16
図 25.1-13	3 500 サイクル経過後状態	25-18

义	$25.1 \cdot 14$	1000 サイクル経過後状態	25-20
义	25.1 - 15	1500 サイクル経過後状態	25-22
汊	25.1-16	2000 サイクル経過後状態	25-24
义	25.1-17	フィレット高さ分布図	25-26
义	25.1-18	はんだクラック深さレベル等級	25-28
义	25.1 - 19	初期状態:コンデンサ(THP70 タイプ)	25-29
义	25.1-20	500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ)	25-31
汊	25.1-21	1000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ)	25-36
义	25.1-22	1500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ)	25-41
义	25.1-23	2000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ)	25-46
汊	25.1-24	フィレット高さ及びクラック発生分布図	25-51
义	25.1-25	フィレット高さ及びクラック発生分布図(500 サイクル用供試体)	25-52
义	25.1-26	フィレット高さ及びクラック発生分布図(1000 サイクル用供試体)	25-53
义	25.1-27	フィレット高さ及びクラック発生分布図(1500 サイクル用供試体)	25-54
义	25.1-28	フィレット高さ及びクラック発生分布図(2000 サイクル用供試体)	25-55
义	25.1-29	大型表面実装部品(内曲げリード部品:コンデンサ部品)	25-58
表	25.1-1	表面実装タイプ部品	25-4
表	25.1-2	ソルダペーストの仕様	25-4
表	25.1-3	評価パラメータ	25-6
表	25.1-4	表面実装タイプ部品	25-8
表	25.1 - 5	ソルダペーストの仕様	25-9
表	25.1-6	外観分類	25-10
表	25.1-7	熱衝擊試験装置	25-11
表	25.1-8	外観観察結果	25-15
表	25.1-9	断面観察結果	25-15
表	25.1-10	クラック発生状況	25-27
表	25.1-11	クラック発生状況(500,1000,1500,2000 サイクル)	25-51
表	25.1-12	クラック発生状況 500 サイクル	25-52
表	25.1-13	クラック発生状況 1000 サイクル	25-53
表	25.1-14	クラック発生状況 1500 サイクル	25-54
表	25.1-15	クラック発生状況 2000 サイクル	25-55
表	25.1-16	評価パラメータとバックフィレットの比較	25-56

1. はんだ付外観状態と信頼性評価試験結果

1.1 はじめに

宇宙機のはんだ付の良否判定基準等に関しては、宇宙用はんだ付工程標準(JERG-0-039)及び宇宙用表面実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)が適用されている。

これらの基準は全てのはんだ付けの良否判定基準を明確に示すものではなく、良否判定は検査 員の技量等に依存している。大型表面実装部品においては、はんだが上がり難く、これまでの判 定基準では対応が困難な場合が発生している。

大型表面実装部品であるダイオード(板状電極構造)のはんだ付外観判定基準は、宇宙用表面 実装はんだ付け工程標準(JERG-0-043)で制定されている。しかしながら発生するクラックは、 板状電極のバックフィレットの形成状態に影響を受ける可能性があるため、バックフィレットの 形状についての実装信頼性評価を実施し、はんだ付外観判定基準の妥当性を確認する。また、金 属キャップ型積層セラミックコンデンサのはんだ付けは、金属キャップ構造の電極高さが高いた めに、これまでの判定基準では対応が困難である。このため、はんだフィレット高さについての 実装信頼性評価を実施し、評価に基づいた良否判定の参考となる写真の充実を図り、工程標準類 の質の向上を図るものである。

1.2 評価用サンプル製作

信頼性評価試験を実施する評価サンプルは2社で製作し、それぞれ評価サンプルA及び評価サンプルBとした。

- 1.2.1 サンプル A
- 1.2.1.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA という)の認定仕様で製作した。

なお、基板層数を4層とし、表面実装部品を実装する設計としている。

- 材料 : ガラスエポキシ (FR-4)
- 表面処理:はんだレベラー
- 板厚 : t=1.6mm
- 外形 : 150mm×185mm
- 層数 :4 層
- パッド仕様 : JERG-0-042 及び JERG-0-043 に準拠

評価用基板概略を、図 25.1-1 に示す。



図 25.1-1 評価用基板 (部品実装状態)

#### 1.2.1.2 電気部品

評価に供試する表面実装部品を表 25.1-1 に示す。評価部品は、外形形状、材質として製品を模擬する代表的な特徴のある部品とした。

表	25.	1 - 1	表面実装タイプ	部品
1	<u> </u>	<b>T T</b>		нини

部品	型名/規格	電極材質	めっき	外形寸法〔mm〕 W×L×H
ダイオード	JAN1N5811US	銀 (99.9%)	_	$3.72 \times 5.35 \times 3.72$

### 1.2.1.3 はんだ材

ソルダペーストの仕様をそれぞれ表 25.1-2 に示す。

はんだ材は、JERG-0-043 準拠品を使用した。

	ソルダペースト
フラックスタイプ	RMA
合金組成[wt%]	63Sn/37Pb

表 25.1-2 ソルダペーストの仕様

1.2.1.4 部品はんだ付実装

本試験に供した PWB への部品実装の製造手順を、図 25.1-2 PWB 組立品製造フローに示す。表面実装部品の実装プロセスは、ソルダペースト印刷後、自動機により部品搭載を行い、リフロー ソルダ実施後、フラックス洗浄を行った。はんだ付け条件は標準作業条件とした。



図 25.1-2 PWB 組立品製造フロー

1.2.1.5 供試組立基板枚数及び部品点数
信頼性評価試験投入数:基板枚数 16 枚、部品点数 306 点
図 25.1-3 に部品はんだ付け実装状態を示す。



(a)全体写真



(b) 実装部拡大写真

図 25.1-3 組立実装状態外観

1.2.1.6 評価パラメータ

表 25.1-3 の 6 パラメータを評価パラメータとしてバックフィレットの影響を評価した。

評価パラメータ	部品実装位置	はんだ量	フィレット 高さ
A1	ランド標準設計・中央配置		
B1	バックフィレットゼロ設計	標進量	0.5mm 須しい
C1	ランド標準設計・片寄り配置	W T I	
D1	バックフィレットのみ設計		
A2	ランド標準設計・中央配置	少量	0.3mm 須良い
B2	バックフィレットゼロ設計		

表 25.1-3 評価パラメータ

注) はんだ量は、メタルマスク厚および開口寸法で変えた。

注) 予備評価でフィレット形成状態を確認して、狙いとしている 6 パラメータに分類できることを確認した。

その確認後、供試体を作製した。上記の評価パラメータについて、実装状態図を図 25.1-4 に示す。



図 25.1-4 各供試体評価パラメータの実装状態(部品実装位置およびはんだ量)

1.2.2 評価サンプルB

1.2.2.1 基板

評価用プリント基板は、宇宙航空研究開発機構(以下 JAXA という)の認定仕様で製作した。

なお、基板層数を8層にすることにより、実製品の仕上がり実態を反映する様に考慮すると共 に、表面実装部品を実装する設計としている。

材料 : ガラスエポキシ (FR-4)

表面処理:はんだレベラー

板厚 : t=1.6mm

外形 : 100mm×100mm

層数 : 8 層 (L1,8 表層、L2,7=ベタ層, L3,6=5mm ピッチメッシュ層)

パッド仕様 : JERG-0-042 及び JERG-0-043 に準拠

評価用基板概略を、図 25.1-5、図 25.1-6 に示す。



図 25.1-5 評価用基板(部品実装済み状態)



図 25.1-6 基板概略図

## 1.2.2.2 電気部品

評価に供試した表面実装部品を表 25.1-4 に示す。評価部品は、外形形状、材質として製品を模 擬する代表的な特徴のある部品として大型 SMT チップ部品とした。チップ部品は、ボディ材質 や電極材質、外形寸法の異なる積層セラミックコンデンサチップ 2 種、ダイオードチップを選択 した。部品品種は、合計 10 点/1 基板を選択した。

部品	型名/規格	外形寸法〔mm〕 W×L×H	
チップコンデンサ	THP70 シリーズ	$7.8{ imes}6.6{ imes}6.5$	
チップダイオード	1N5811US	$3.55 \times 5.46 \times 3.55$	

表 25.1-4 表面実装タイプ部品

1.2.2.3 はんだ材

ソルダペーストの仕様をそれぞれ表 25.1-5 に示す。

はんだ材は、JERG-0-043 準拠品を使用した。

表 25.1-5 ソルダペーストの仕様

	ソルダペースト
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
合金組成〔wt%〕	Sn63/Pb37
粉末の粒度〔µm〕	$25 \sim 45$

1.2.2.4 部品はんだ付実装

表面実装部品の実装プロセスは、ソルダペースト印刷、部品搭載、リフローソルダまでを一連 の実装ラインで実施し、フラックス洗浄をバッチタイプの洗浄機にてグリコールエーテル系溶剤 を用いて自動洗浄を行なった。

はんだ付条件は標準作業範囲で、ソルダペースト印刷量をメタルマスクの厚さ、開口率で調整 し、はんだ仕上がり(フィレット高さ)にバラツキを発生させ製作した。



図 25.1-7 PWB 組立品製造フロー

1.2.2.5 供試組立基板枚数及び部品点数

信頼性評価試験投入数:基板枚数 20 枚、部品点数:200 部品である。 図 25.1-8 に組立実装状態を示す。



図 25.1-8 組立実装状態外観

1.2.2.6 はんだ付部の初期観察分類

製作したサンプルにおいて、角型端子部品及び内曲げリード部品の基準を参考に、以下の基準 で分類した。

評価パラメータ	(フィレット高さ目 標)	はんだ量	
A1	(0.7mm)	標準量	
A2	(0.5mm)	やや少量	
A3	(0.4mm)	少量1	
B1	(0.2mm)	少量2	
B2	(0.1mm)	極少量	

表 25 1-6	从組分粨
衣 25.1-6	2ト 観万 親

#### 1.3 試験条件

#### 1.3.1熱衝撃試験

試験条件は、JERG-0-039:温度サイクル試験とJERG-0-043:熱衝撃試験と異なっているが、 JERG-0-043 4.4 工程の認定試験項に記述されている通り、熱衝撃試験による評価は、温度サイ クル試験と同等の厳しさ(互換性があり)である事が確認されている事から、熱衝撃試験(Ⅱ) の温度-30℃~+100℃、上限下限温度保持時間 30 分、移行時間 5 分以内とする熱衝撃試験によ る評価を実施した。

試験には、表 25.1-7 に示す熱衝撃試験装置を使用した。評価サンプルの試験槽への設置状態を 図 25.1-9 及び図 25.1-10 に示す。

表 25.1-7 <b>熟</b> 衝擊試験装置			
熱衝撃試験	0~1000	$1001 \sim 2000$	
サイクル数			
メーカ	ESPEC	ESPEC	
型名	TSA-200S	TSA-71H	



図 25.1-9 評価サンプル設置状態(0~1000 サイクル)



図 25.1-10 評価サンプル設置状態(1001~2000 サイクル)
1.3.2 評価試験フロー

熱衝撃試験による評価を2000サイクルまで実施した。その評価試験フローを図25.1-11に示す。



注: 熱衝撃試験サイクルによる判定は 500 サイクルとし、更なる表面状態の変化やクラック進展の確認及び標準品と評価対象品の比較評価として 2000 サイクルまで実施した。

1.3.3 評価項目

1.3.3.1 評価サンプルA

初期、および熱衝撃試験 500、1000 サイクル完了後、はんだ接合状態を評価した。評価に際 しては、はんだ付部の表面状態や断面観察によるクラック進展状態等を以下により評価した。判 定基準は、宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-043)による。

外観(クラック、荒れ、剥がれ、浮きなど、初期はバックフィレットの形状測定を含む)

・ 断面(はんだクラック深さレベルの確認、フィレット高さの測定)

評価は、熱衝撃試験前後の外観と断面の観察結果を比較し、バックフィレットとクラック発生 の相関性を検討した。

なお、断面観察は、初期品および 500 サイクル品は全数について、また 1000 サイクルは 2 分の 1 の数を抜き取り、観察を実施した。

1.3.3.2 評価サンプルB

初期、および熱衝撃試験 500、1000 サイクル完了後、はんだ接合状態とフィレット高さとの関連を定量的に評価した。評価に際しては、はんだ付部の表面状態や断面観察によるクラック進展状態等を以下により評価した。判定基準は、宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-043)による。

· 外観(クラック、荒れ、剥がれ、浮きなど)

・ 断面(はんだクラック深さレベルの確認、フィレット高さの測定)

評価は、熱衝撃試験前後の外観と断面の観察結果を比較してフィレット高さとクラック発生の 相関性を検討した。

なお、断面観察は、初期品および 500 サイクル品は全数について、また 1000 サイクルは 2 分の 1 の数を抜き取り、観察を実施した。

- 1.4 評価結果
- 1.4.1 評価サンプルA

熱衝撃試験前後(0サイクル、500サイクル、1000サイクル、1500サイクル、2000サイクル 後)の外観観察及び断面観察結果を表 25.1-8 及び表 25.1-9に示す。

1.4.1.1 外観観察及び断面観察結果

(1) 熱衝撃試験 500 サイクル経過後

全ての評価パラメータサンプルは、はんだ表面にクラックに至らないシワや凹凸が観察された。 また、断面観察により、全ての評価パラメータサンプルにおいてクラックの発生が観察されなか ったことから、表面クラックレベル等級2でクラック深さはレベル等級0であった。

(2) 熱衝撃試験 1000 サイクル経過後

全ての評価パラメータサンプルは、はんだ表面のシワや凹凸が顕著化したが、表面クラックに は至っていない。また、断面観察により、全ての評価パラメータサンプルにおいてクラックの発 生が観察されなかったことから、表面クラックレベル等級2でクラック深さレベル等級0であっ た。

(3) 熱衝撃試験 1500 サイクル経過後

全ての評価パラメータサンプルは、はんだ表面のシワや凹凸が顕在化したが、表面クラックに は至っていない。また、断面観察により、クラックの発生が観察されないことから、表面クラッ クレベル等級2でクラック深さレベル等級0であった。

(4) 熱衝撃試験 2000 サイクル経過後

全ての評価パラメータサンプルは、はんだ表面のシワや凹凸が進み、評価パラメータサンプル の C1 及び A2 にフィレットの端に表面クラックレベル等級 3(クラック長さ 0.3mm程度)のク ラックが観察された。また、断面観察により、評価パラメータサンプルの C1、D1 及び A2 にク ラック深さレベル等級 1(深さ 0.1mm 以下)の軽微なクラックが観察された。

D									
評価	はんだ量		表面クラックレベル等級						
パラメー		500サイクル	1000サイクル	1500サイクル	2000サイクル				
4									
A1	標準	2	2	2	2				
B1		2	2	2	2				
C1		2	2	2	3 (2/20)				
D1		2	2	2	2				
A2	少量	2	2	2	3 (7/20)				
B2		2	2	2	2				

表 25.1-8 外観観察結果

注) 括弧内の数字は、(クラック数/接合部数)を示す。バックフィレットなしは、評価パラメー タ B1 と B2(両電極側なし)及び C1(片電極側なし)である。

		X Ion I	月田 阿乃(相)	<b> </b>				
評価	はんだ量	クラック深さレベル等級						
パラメー		500サイクル	1000サイクル	1500サイクル	2000サイクル			
A								
A1	標準	0	0	0	0			
B1		0	0	0	0			
C1		0	0	0	1 (1/10)			
D1		0	0	0	1 (1/10)			
A2	少量	0	0	0	1 (2/10)			
B2		0	0	0	0			

表 25.1-9 断面観察結果

注) 括弧内の数字は、(クラック数/接合部数)を示す。バックフィレットなしは、評価パラメー タ B1 と B2(両電極側なし)及び C1(片電極側なし)である。 1.4.1.2 外観観察及び断面観察写真

外観観察及び断面観察を図 25.1-12~図 25.1-16 に示す。

SN19	左(カン	ノード)	右(アノ	/ード)
AUT				

初期確認_ 観察_代表写真(水準A1)



初期確認_ 観察_代表写真(水準B1)



初期確認_ 観察_代表写真(水準C1)

図 25.1-12 初期状態

SN19	左(カン	ノード)	右 (アノード)		
001					

初期確認_ 観察_代表写真(水準D1)



初期確認_ 観察_代表写真(水準A2)

SN26	左(カン	ノード)	右(アノード)		
5.0.1					
вот					

初期確認_ 観察_代表写真(水準B2) 図 25.1-12 初期状態(続き)

SN20	左(カン	ノード)	右 (アノード)		
A U 1					

500サイクル後」 観察_代表写真(水準A1)



500サイクル後_ 観察_代表写真(水準B1)



500サイクル後_ 観察_代表写真(水準C1)

図 25.1-13 500 サイクル経過後状態

SN20	左(カン	ノード)	右(アノード)		
5.0.1					
001					

500サイクル後」 観察_代表写真(水準D1)



500サイクル後 観察_代表写真(水準A2)



500サイクル後_ 観察_代表写真(水準B2)

図 25.1-13 500 サイクル経過後状態(続き)

SN18	左(カン	ノード)	右 (アノード)		
AUT					

1000サイクル後 観察_代表

観察_代表写真(水準A1)



1000サイクル後 観察_代表写真(水準B1)



1000サイクル後 観察_代表写真(水準C1)

図 25.1-14 1000 サイクル経過後状態

SN18	左(カ)	ノード)	右(アノード)		
D 0 1					

1000サイクル後. 観察_代表写真(水準D1)



1000サイクル後 観察_代表写真(水準A2)

SN23	左(カン	<b>ノード</b> )	右(アノード)		
B 0 1					
801					

1000サイクル後観察_代表写真(水準B2)図 25.1-141000 サイクル経過後状態(続き)



1500 サイクル後_観察_代表写真(水準A1)



1500 サイクル後_観察_代表写真(水準 B1)



1500 サイクル後_観察_代表写真(水準 C1)

図 25.1-15 1500 サイクル経過後状態



1500 サイクル後_観察_代表写真(水準 D1)



1500 サイクル後_観察_代表写真(水準 A2)



1500 サイクル後_観察_代表写真(水準 B2) 図 25.1-15 1500 サイクル経過後状態(続き)

S/N21	左(カ	ソード)	右 (ア	ノード)
A01				

2000 サイクル後_観察_代表写真(水準A1)



2000 サイクル後_観察_代表写真(水準 B1)



2000 サイクル後_観察_代表写真(水準 C1) 図 25.1-16 2000 サイクル経過後状態



2000 サイクル後_観察_代表写真(水準 D1)



2000 サイクル後_観察_代表写真(水準A2)



2000 サイクル後_観察_代表写真(水準 B2) 図 25.1-16 2000 サイクル経過後状態(続き)

1.4.1.3 フィレット高さの分布とクラック等級の結果

断面サンプルから測定したフィレット高さの分布を図 25.1-17 に示す。



図 25.1-17 フィレット高さ分布図

1.4.2 評価サンプル B

熱衝撃試験(0、500、1000、2000 サイクル)投入前後に実施した光学顕微鏡による断面観察 結果を表 25.1-10 に示す。

1.4.2.1 外観観察及び断面観察結果

(1) 熱衝撃試験 500 サイクル経過後

熱衝撃試験による評価の判定サイクル数として規定された 500 サイクルでは、はんだ表面の凹 凸(シワ、ザラザラ状)が顕著化した。しかし、フィレット高さの違いにおける劣化状態に差異 は見られなかった。また、外観観察及び断面観察からはクラックは確認されなかった。

(2) 熱衝撃試験 1000 サイクル経過後

1000 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。しかし、フィレット高さの違いによ る劣化状態に差異は見られなかった。また、外観観察からクラックが確認されたものもあったが、 その程度は小さく、断面観察により、クラック深さはクラック等級1レベルであったことから、 問題の無いレベルであることを確認した。

(3) 熱衝撃試験 1000 サイクル経過後

1500 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。しかし、フィレット高さの違いによ る劣化状態に差異は見られなかった。また、外観観察からクラックが確認されたものもあったが、 その程度は小さく、断面観察により、クラック深さはクラック等級1レベルであったことから、 問題の無いレベルであることを確認した。

(4) 熱衝撃試験 2000 サイクル経過後

2000 サイクルも同様に、はんだ表面の凹凸が顕著化した。また、フィレット高さの違いにおけ る劣化状態に差異は見られなかった。また、外観観察からクラックが確認されたものもあったが、 その程度は小さく、断面観察により、クラック深さはクラック等級1レベルであったことから、 問題の無いレベルであることを確認した。

コンデンサ(CB)			クラックし	~~NO	クラックし	<b>ベル1</b>	クラックし	<b>ル</b> ル2	クラック	レヘル3
	フィレット高さ	員数	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率	発生数	発生率
500サイクル用	0.5mm以上	100	47	47%	0	0%	0	0%	0	0%
供試体	0.5mm未満	100	53	53%	0	0%	0	0%	0	0%
	合計	200	100	50%	0	0%	0	0%	0	0%
1000サイクル用	0.5mm以上	100	50	50%	3	3%	0	0%	0	0%
供試体	.0.5mm未満	100	44	44%	3	3%	0	0%	0	0%
	合計	200	94	47%	6	3%	0	0%	0	0%
1500サイクル用	0.5mm以上	50	14	28%	8	16%	0	0%	0	0%
供試体	0.5mm未満	50	26	52%	2	4%	0	0%	0	0%
	合計	100	40	40%	10	10%	0	0%	0	0%
2000サイクル用	0.5mm以上	50	12	24%	8	16%	0	0%	0	0%
供試体	0.5mm未満	50	27	54%	3	6%	0	0%	0	0%
	合計	100	39	39%	11	11%	0	0%	0	0%

表 25.1-10 クラック発生状況

※ クラック等級は、図 25.1-18 による。

## JERG-0-043-TM001A



図 25.1-18 はんだクラック深さレベル等級 (JERG-0-043 5.11.2項より抜粋)

1.4.2.2 外観観察写真及び断面観察写真

フィレット高さにおける外観及び断面写真を図 25.1-19~図 25.1-22 に示す。図 25.1-23 においては、定点観察結果を示す。



図 25.1-19 初期状態:コンデンサ(THP70タイプ) (左列がL、右列がRである) (1/5)

SN6	「A2:やや少量」	「A2:やや少量」
熱衝撃試験 未投入外観 写真		

図 25.1-19 初期状態:コンデンサ(THP70タイプ) (左列がL、右列がRである) (2/5)



図 25.1-19 初期状態:コンデンサ(THP70タイプ) (左列がL、右列がRである) (3/5)



図 25.1-19 初期状態:コンデンサ(THP70タイプ) (左列が L、右列が R である)(4/5)



図 25.1-19 初期状態:コンデンサ(THP70タイプ) (左列が L、右列が R である)(5/5)

SN2	「A1:標準量」3	「A1:標準量」
	フィレット高さ:0.72	フィレット高さ:0.74
熱衝撃試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真	B CONTRACTOR	
500サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-20 500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列がL、右列がRである) (1/5)

SN7	「A2:やや少量」3	「A2:やや少量」3
	フィレット高さ:0.61	フィレット高さ:0.64
熱衝撃試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真	3	
500サイクル 経過後断面写真		

図 25-20 500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列がL、右列がRである) (2/5)

SN12	「A3:少量1」3 フィレット高さ:0.46	「A3:少量1」3 フィレット高さ:0.41
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500サイクル 経過後外観写真		
500サイクル 経過後断面写真		

図 25-20 500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(3/5)

SN17	「B1:少量2」3	「B1:少量2」3
	フィレット高さ:0.37	フィレット高さ:0.42
熱衝擊試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真		
500サイクル 経過後断面写真		

図 25-20 500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(4/5)

SN22	「B2:極少量」3	「B2:極少量」3
	フィレット高さ:0.26	フィレット高さ:0.25
熱衝擊試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真		
500サイクル 経過後断面写真		

図 25-20 500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(5/5)

SN3	「A1:標準量」	「A1:標準量」
	フィレット高さ:0.70	フィレット高さ:0.68
熱衝撃試験 投入前外観写真		
1000サイクル 経過後外観写真	- Constanting	Constants
1000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-21 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(1/5)

SN8	「A2:やや少量」3	「A2:やや少量」
	フィレット高さ:0.61	フィレット高さ:0.68
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真		Contrations
1000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-21 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(2/5)

SN13	「A3:少量1」3	「A3:少量1」
	フィレット高さ:0.53	フィレット高さ:0.54
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真	- Convertinger	
1000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-21 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(3/5)

SN18	「B1:少量2」3	「B1:少量2」
	フィレット高さ:0.46	フィレット高さ:0.41
熱衝擊試験 投入前外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真	- Cartanana	
1000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-21 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(4/5)

SN23	「B2:極少量」3	「B2:極少量」
	フィレット高さ:0.26	フィレット高さ:0.28
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真		Concentration of the second
1000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-21 1000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(5/5)

SN4	「A1:標準量」3	「A1:標準量」
	フィレット高さ:0.74	フィレット高さ:0.77
熱衝撃試験 投入前外観写真		
1500サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-22 1500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(1/5)

SN9	「A2:やや少量」3	「A2:やや少量」
	フィレット高さ:0.63	フィレット高さ:0.58
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
1500サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-22 1500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(2/5)

SN14	「A3:少量1」3	「A3:少量1」
	フィレット高さ:0.49	フィレット高さ:0.49
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
1500サイクル 経過後外観写真	Constant Manual Arts	Contraction of the second seco
1500サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-22 1500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(3/5)

SN19	「B1:少量2」3	「B1:少量2」
	フィレット高さ:0.38	フィレット高さ:0.46
熱衝擊試驗 投入前外観写真	3	
1500サイクル 経過後外観写真	Contraction of the second seco	
1500サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-22 1500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(4/5)

SN24	「B2:極少量」3	「B2:極少量」
	フィレット高さ:0.37	フィレット高さ:0.29
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
1500サイクル 経過後外観写真		
1500サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-22 1500 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(5/5)

SN5	「A1:標準量」	「A1:標準量」
	フィレット高さ:0.81	フィレット高さ:0.76
熱衝擊試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真	3	
1500サイクル 経過後外観写真	3 Control Tar	
2000サイクル 経過後外観写真		
2000サイクル 経過後断面写真		
	K. AKT	K K T

図 25.1-23 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(1/5)

SN10	「A2:やや少量」 フィレット高さ:0.59	「A2:やや少量」 フィレット高さ:0.54
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真	3 Constants	
1000サイクル 経過後外観写真	3	Crevitaire
1500サイクル 経過後外観写真	Bernantan	Contractor
2000サイクル 経過後外観写真	3 Contraction	and transferred
2000サイクル 経過後断面写真	レベル1	

図 25.1-23 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(2/5)
SN15	「A3·少量1」	「A3·小量1」
51110	フルット高さ:0.49	フルット高さ:0.44
熱衝撃試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真	3 Constant	and the second second
1000サイクル 経過後外観写真	3 Constants	C.C. COLORITORIO
1500サイクル 経過後外観写真	3 Constants	Constantine state
2000サイクル 経過後外観写真	3 Company and and a	Charlen and a star
2000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-23 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(3/5)

SN20	「B1:少量2」 フィレット高さ:0.41	「B1:少量2」 フィレット高さ:0.36
熱衝擊試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真	3	
1500サイクル 経過後外観写真	3	
2000サイクル 経過後外観写真	3	
2000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-23 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(4/5)

SN25	「B2:極少量」 フィレット高さ:0.23	「B2:極少量」 フィレット高さ:0.25
熱衝擊試験 投入前外観写真	3	
500サイクル 経過後外観写真	3	
1000サイクル 経過後外観写真 (CB10)	3	
1500サイクル 経過後外観写真	3	
2000サイクル 経過後外観写真	3	
2000サイクル 経過後断面写真		

図 25.1-23 2000 サイクル経過後状態:コンデンサ(THP70 タイプ) (左列が L、右列が R である)(5/5)

1.4.2.3 フィレット高さの分布とクラック等級の結果

フィレット高さの分布とクラック等級の結果を表 25.1-11~表 25.1-15 及び図 25.1-24~図 25.1-28 に示す。

尚、500サイクル後のクラック発生はなし。

フィレット高さ[mm]	クラックレベル		
	等級1	等級2	等級3
0.20-0.29	1	0	0
0.30-0.39	3	0	0
0.40-0.49	3	0	0
0.50-0.59	4	0	0
0.60-0.69	5	0	0
0.70-0.79	6	0	0
0.80-0.89	4	0	0

表 25.1-11 クラック発生状況 (500, 1000, 1500, 2000 サイクル)



図 25.1-24 フィレット高さ及びクラック発生分布図 (500,1000,1500,2000 サイクル用供試体)

フィレット高さ[mm]	クラックレベル		
	等級1	等級2	等級3
0.20-0.29	0	0	0
0.30-0.39	0	0	0
0.40-0.49	0	0	0
0.50-0.59	0	0	0
0.60-0.69	0	0	0
0.70-0.79	0	0	0

表 25.1-12 クラック発生状況 500 サイクル



図 25.1-25 フィレット高さ及びクラック発生分布図(500 サイクル用供試体)

フィレット高さ[mm]	クラックレベル		
	等級1	等級2	等級3
0.20-0.29	1	0	0
0.30-0.39	1	0	0
0.40-0.49	1	0	0
0.50-0.59	0	0	0
0.60-0.69	2	0	0
0.70-0.79	1	0	0
0.80-0.89	0	0	0

表 25.1-13 クラック発生状況 1000 サイクル



図 25.1-26 フィレット高さ及びクラック発生分布図(1000 サイクル用供試体)

フィレット高さ[mm]	クラックレベル		
	等級1	等級2	等級3
0.20-0.29	0	0	0
0.30-0.39	2	0	0
0.40-0.49	0	0	0
0.50-0.59	1	0	0
0.60-0.69	3	0	0
0.70-0.79	4	0	0

表 25.1-14 クラック発生状況 1500 サイクル



図 25.1-27 フィレット高さ及びクラック発生分布図(1500 サイクル用供試体)

フィレット高さ[mm]	クラックレベル		
	等級1	等級2	等級3
0.20-0.29	0	0	0
0.30-0.39	0	0	0
0.40-0.49	3	0	0
0.50-0.59	3	0	0
0.60-0.69	0	0	0
0.70-0.79	1	0	0
0.80-0.89	4	0	0

表 25.1-15 クラック発生状況 2000 サイクル



図 25.1-28 フィレット高さ及びクラック発生分布図(2000 サイクル用供試体)

1.5 まとめ

評価対象とした大型表面実装部品(板状電極部品、内曲げリード端子部品)のはんだ付け実装 品評価試験から次の結果を得た。

#### 1.5.1 大型表面実装部品(板状電極部品:ダイオード部品)

- (1) 全ての評価パラメータサンプルは、JERG-0-043、4.4 項の熱衝撃試験で判定サイクル数とし て規定された500 サイクル後の欠点判定基準である表面クラック等級4およびクラック深さ 等級3以下であることから、全ての評価パラメータサンプルはJERG 判定基準を満足してい た。評価パラメータサンプル間での外観及び断面結果に差異はなかった。
- (2) 1000 サイクル後、1500 サイクル後及び 2000 サイクル後は、サイクルが進むごとにはんだ表面のシワや凹凸が顕在化し、2000 サイクル後に評価パラメータサンプル C1 及び A2 にフィレットの端に表面クラック等級 3 の軽微なクラックが観察された。また、断面観察により、1500 サイクル後までクラックの発生は観察されなかったが、2000 サイクル後に評価パラメータサンプルの C1、D1 及び A2 にクラック深さレベル等級 1 の軽微なクラックが観察された。表面クラック及びクラック深さの等級は、JERG 規格の欠点判定基準以下であった。
- (3) 2000 サイクル後の外観検査および断面検査結果を評価パラメータ(バックフィレット形状) とクラック発生でまとめた結果を表 25.1-16 に示す。表からバックフィレットとクラック発 生に相関性がないことが確認された。

	バックフィレット	<b>500</b> サイクル	後の結果	2000 サイクバ	4後の結果
評価		外観	断面	外観	断面
パラメータ		(表面クラッ	(クラック深	(表面クラッ	(クラック深
		ク)	さ)	ク)	さ)
A1/A2	あり (標準)	等級 2	等級 0	等級 3	等級1
B1/B2	なし(両電極側)	等級 2	等級 0	等級 2	等級 0
C1	なし(片電極側)	等級 2	等級 0	等級 3	等級1
D1	あり(外面フィレットな	<b>举</b> 纲 9	<b>笙</b> 狐 0	<b>举</b> 纲 9	<b> </b>
DI	し)	寺版る	寺版 0	寺版る	守版1

表 25.1-16 評価パラメータとバックフィレットの比較

以上の評価結果より、バックフィレットとクラック発生に相関性がなく、バックフィレットが なくても接合部の信頼性を確保できることが確認された。従って、JERG-0-043の板状電極部品 (ダイオード部品)のはんだ付外観判定基準は妥当であることが確認できた。

- 1.5.2 大型表面実装部品(内曲げリード端子部品:コンデンサ部品)
- (1) サンプルについてフィレット高さ区分を行い JERG-0-043 に規定された熱衝撃試験による評価試験を実施し、評価判定の 500 サイクル完了品において、フィレット高さ区分とはんだ表面や内部の劣化状況及びクラック発生に差異は認められなかった。また、継続して実施した1000 サイクル、1500 サイクル及び 2000 サイクル品においてもクラック発生とフィレット高さに相関は認められず同様の結果であった。
- (2) クラックは、500 サイクルでは発生なし(クラック等級 0 レベル)、1000 サイクル、1500 サイクル及び 2000 サイクルではクラック等級 1 レベルが一部に発生している。しかし、クラックは、フィレット高さ区分に関係なく発生しており、フィレット高さに依存した傾向は認められない。

以上の評価結果より、大型表面実装部品(内曲げリード端子部品:コンデンサ部品)において は、はんだ接合部表面の外観状態が JAXA JERG-0-043 規格要求条件を満たしていることを前提 条件として、フィレット高さが現行基準の 1mm 未満であってもサンプルレベルのフィレット高 さがあれば、はんだ付け接合部の信頼性には影響しないとの結果を得た。

大型表面実装部品 (内曲げリード部品:コンデンサ部品) に対するはんだ付け外観判定基準は、 JERG-0-043 の内曲げリード端子部品の基準が適用されており、最小フィレット高さは「0.3H 又 は 1mm のいずれか小さい値」となっている。

一方、欧米の最小フィレット高さ基準 (J-STD-001ES, ECSS-Q-ST-70-38C) では、「G+0.25H 又は G+0.5mm のいずれか小さい値 (H:リード高さ,G:はんだ厚さ)」が規格として制定され ている。

今回の評価結果から、0.2mm レベルのフィレット高さでもはんだ付け接合部の信頼性に問題ない結果が得られ、フィレット高さ区分とクラック発生についての相関は見られなかった。

これまでスタックコンデンサのはんだ付け外観基準としては、内曲げリード端子部品の規定を 適用していたが、本部品は新規構造の部品と考えられることから、新たな外観基準を提案する。 要点を以下に示す。 (1) B: 最大の先端はみ出し

先端はみ出しは、両電極のパッドの外側へのはみ出しは許容しない(フィレットができないため、フィレット高さ規定を満足できない)。但しパッド内側へのはみ出しについては、はんだ接合状態に問題なければ許容は可能と考えられ、また許容しないことは宇宙機製造において困難との意見があることを受け、J-STD-001E(Class3)より「最小電極間隙を守ること」を規定とすることを提案する。

(2) E:最大フィレット高さ

金属キャップのストレスリリーフ性を考慮し、フィレット最大高さはセラミックコンデンサの 下面までとする。

(3) F: 最小フィレット高さ

ガルウィングの最小ヒールフィレット高さと同様、「G(はんだ厚)+T(リード厚)」とすることを 提案する。上記評価試験結果によれば、ぬれが確認できていればはんだ接合状態に問題はないと 考える。しかし感覚的表現によるあいまいさを避けるため、「G+T」とする。

(4) G:はんだ厚さ

はんだ厚さについては、ぬれが確認できればはんだ接合には問題ないと考えるため、J-STD(内曲 ボリード端子部品)と同じく、「ぬれが確認できること」を規定とすることを提案する。

(5) その他

その他規定については、JERG 及び J-STD の内曲げリード端子部品の規定と同等である。



図 25.1-29 大型表面実装部品(内曲げリード部品:コンデンサ部品)

### 2. はんだ付検査・判定基準の見本

### はんだ付検査・判定基準の見本案

		大きさ:7.8×6.6×6.5mm	
JERG-0-043	本文】5.9.3 項 外観検査 規定	なし	
写真·図】		1	
判定	写真·図	解 説	
		良好なフィレット高さである。	
良品		(フイレット高さ:0.23mm 相当)	
		良好なフィレット高さである。	
良 品		(フィレット高さ:0.45mm 相当)	
		良好なフィレット高さである。	
良品		(フィレット高さ:0.78mm 相当)	

# 技術データ26 積層セラミックコンデンサのはんだ付工法の評価

## 目 次

1.	はじめに	
2.	MLCC の評価対象部品の選定及び調達	
3.	プリント配線板の設計	
4.	評価サンプルの作製(はんだ付実装)	
4.1	はんだ付け条件・サンプル仕様	
4.2	はんだ付条件の検討	
4.3	はんだ付実装時の温度プロファイル	
4.4	はんだ付実装サンプルの外観確認	
5.	評価試験の実施	
5.1	予備評価	
5.2	本評価	
6.	まとめ	
6.1	MLCC の層間クラックが誘発される要因と対策	
6.2	JERG-0-043 へ追加するの注意記述の提案	

# 図表目次

図 26.3-1	評価試験用 PWB パターン
図 26.4-1	リフロー温度プロファイル
図 26.4-2	局所リフロー温度プロファイル
図 26.4-3	MLCC 熱電対取り付け状態(手はんだ付温度プロファイル測定用)
図 26.4-4	手はんだ付温度プロファイル(予備加熱なし、こて先温度 350℃)
図 26.4-5	実装サンプル外観写真(代表)
図 26.5-1	予備評価 曲げ試験なしサンプル(はんだ付条件 No.3) 断面観察結果
図 26.5-2	曲げ試験サンプル電気特性測定結果の例(サンプル S/N17)26-14
図 26.5-3	曲げ試験サンプル断面観察結果の例(サンプル S/N17)
図 26.5-4	LIT 評価結果及び LIT による異常検出の例
図 26.5-5	SAT 評価実施結果の例(サンプル S/N 7)
図 26.5-6	SAT 評価による MLCC 内部ボイドの確認例(サンプル S/N 8)
図 26.5-7	試験フロー
図 26.5-8	基板実装サンプルの例(上:曲げ試験なし用、下:曲げ試験実施用)
図 26.5-9	曲げ試験方法(JISC 5101-1 4.35 項)
図 26.5-10	曲げ試験サンプル外観観察(矢印:クラック確認部分)
図 26.5-11	断面観察イメージ
図 26.5-12	クラック深さによる識別

### JERG-0-043-TM001A

図 26.5-13	曲げ試験なしサンプル断面観察結果(クラック発生分布)	
図 26.5-14	曲げ試験実施サンプル断面観察結果(クラック発生分布)	
図 26.5-15	基板たわみ 2mm のシミュレーション結果(例)	
図 26.6-1	予備加熱の有無による温度変化の比較	
表 26.2-1	MLCC の評価対象部品	
表 26.3-1	評価試験用 PWB の仕様	
表 26.4-1	はんだ付条件	

### 1. はじめに

小型大容量の積層セラミックチップコンデンサ(以下、MLCC: Multi-layer Ceramic Capacitor) は、急加熱による部品内部へのストレスや熱膨張係数差に起因する応力がはんだ接合部に集中するこ とにより、クラックを誘発することが懸念されている。特に宇宙搭載機器の組立に適用される手はん だ付工法は MLCC 部品メーカが推奨する温度プロファイルと異なり、リフローはんだ付工法と比較 して、はんだ付け時のプロファイルが急加熱・急冷却となり、MLCC 積層部の層間クラックの発生 が懸念される。このため MLCC 積層部の層間クラックについて、MLCC 部品メーカの調査や手はん だ付け工法を含む宇宙搭載機器の組立工法を適用(錫鉛共晶はんだを使用する)した評価を行い、層 間クラック発生の原因と対策案を検討する。

### 2. MLCCの評価対象部品の選定及び調達

MLCC は、国内部品メーカと海外部品メーカから MLCC のサイズ(長さ、幅)が異なる形状を選 定した。表 26.2-1 に 4 種類の MLCC の評価対象部品を示す。

なお、評価対象部品は宇宙用或いは高信頼性クラスとして、電極仕上げには鉛入りのものを選定 した。KEMET 製 MLCC は、すず-鉛合金めっき(鉛最小 4%)、村田製作所製 MLCC は、すず-鉛 はんだコート(HSD: Hot Solder Dipping)が施されている。

メーカ	サイズ	部品高さ※	部品名	容量	定格電圧
村田	3225	1.36mm	GRH-R42-2X7R683K50	683 (0.068 μ F)	$50\mathrm{V}$
製作所	2125	1.30mm	GRH-R42-2X7R104K25	104 (0.1 μ F)	$25\mathrm{V}$
VEMET	3225	1.18mm	CDR33BX104AMUS	104 (0.1 μ F)	$50\mathrm{V}$
KEWEI	2125	0.95mm	CDR31BX103AMUS	103 (0.01 μ F)	$50\mathrm{V}$

表 26.2-1 MLCC の評価対象部品

※ 抜き取り確認(5個の平均)

### 3. プリント配線板の設計

はんだ付け実装に使用する評価試験用プリント配線板(以下、PWB: Printed Wiring Board)は、 JAXA 認定の宇宙用 PWB 製造会社にて設計・製作を行った。評価試験用 PWB のパターンを図 26.3-1 に示す。図 26.3-1 に示す a1~a4 及び A1~A4 の MLCC 実装箇所のパッドサイズは、プリント配線 板と組立品の設計標準(JERG-0-042)において規定するサイズの中間値を適用して設計した。同様 に b1 及び B1 は、JERG-0-042 において規定するサイズの最大値を適用して設計した。

評価試験用 PWB の仕様を表 26.3-1 に示す。



図 26.3-1 評価試験用 PWB パターン

項目	仕様								
材質	GF(ガラス布基材エポキシ樹脂 PWB)								
層数	4層(内層2層をベタパターンとし歪みを抑制)								
厚さ	1.6mm								
表面処理	Sn/Pb ソルダコート								
銅箔厚さ	35µm、最外層 18µm								
ソルダレジ	NSMD(Non Solder Mask Defined pad)とする								
スト	PWB 断面図								

表 26.3-1 評価試験用 PWB の仕様

- 4. 評価サンプルの作製(はんだ付実装)
- 4.1 はんだ付け条件・サンプル仕様

2項に示す MLCC、及び3項に示す評価試験用 PWB を用いて評価サンプルを作製した。はんだ 付実装は宇宙機搭載機器製造会社にて実施した。評価サンプルは、組成比 Sn63/Pb37 のはんだを使 用して JERG-0-043 に従いはんだ付けを行った。はんだ付実装条件は、次の通りとした。また本評 価では、はんだ付実装及び評価試験前後で電気的特性を継続的に確認するため、MLCC はシリアル No 管理を実施した。

- ・ はんだ付工法(リフロー:1条件、局所リフロー:2条件、手はんだ付:6条件)
- ・ はんだ量(フィレット高さ:1条件、0.5t(部品高さの1/2)以下)
- · パッド設計 (パッド面積:1条件)

### 4.2 はんだ付条件の検討

各工法におけるはんだ付条件を表 26.4-1 に示す。はんだ付けの条件について、はんだ付工程標準 改訂検討会に参加する各社にアンケートを実施して MLCC 手はんだ付工法の状況を調査し、その結 果をもとに決定した。アンケート調査の結果を参考 1~9 に示す。

No.	はんだ付け方法	はんだ付け条件	$\Box T$ (°C)
1	リフロー	JERG-0-043 準拠:予備加熱:150℃,最高温度 220℃	70
2	局所リフローA	予備加熱:70℃,最高温度220℃	150
3	局所リフローB	予備加熱:120℃,最高温度220℃	100
4	手はんだ付2A	予備加熱なし,こて先温度 280℃	255
5	手はんだ付2B	予備加熱なし,こて先温度 320℃	295
6	手はんだ付2C	予備加熱なし,こて先温度 350℃	325
7	手はんだ付1A	予備加熱 100℃, こて先温度 280℃	180
8	手はんだ付1B	予備加熱 100℃, こて先温度 320℃	220
9	手はんだ付1C	予備加熱 100℃, こて先温度 350℃	250

表 26.4-1 はんだ付条件

はんだ付条件は、予備加熱の有無とはんだ付時の設定温度を示している。ここで示す∠T は予備加熱 とはんだ付時の温度との差を表している。予備加熱の場合は室温 25℃に設定した。

## (参考 1.部品余熱について)

			部品	品余熱をしてい	ない。, 5			an a	品余熱をしてし	, [、] る。, 1
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
<u>[⊐</u> ;	メント】									
•	余熱をしてし	いる(余熱温	」 ]度:基板上(	こ放置し予修	備加熱を実が	色)				

# (参考 2.基板余熱について)

			•							
		Į	基板余熱をして	いない。, 4				基板余熱をして	こいる。, 2	
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
<u>【</u> 余	熱温度と余熱	快時間につい	いて]							
•	・ はんだ付け作業面、余熱温度 100℃(回答:1) ・ 余熱温度 65℃~90℃、余熱時間 最大1800秒(回答:1)									

# (参考 3.はんだ鏝先チップサイズについて)

				鏝先 <del>:</del>	チップを規定し	ていな		£	曼先チップを規	<mark>定してい</mark> る。,
					い ₀ ,6				0	
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
【鏝:	先チップサイ	<u>ズ】</u>								
•	0.8mm~2.4	4mm(回答:	1)							

# (参考 4.はんだ鏝先チップ温度について)

		鏝先チップ温 ていな	度を取り決め い。 <i>,</i> 3			鏝先チップ温度を取り決め ている。, 3					
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
【鏝	先チップ温度	1									
•	270°C(回答	F:1)		270°C~2	280℃(回答	:1)	• 28	0°C~320°C	(回答:1)		
•	300°C~32	0℃(回答:1	) -	300°C~3	330℃(回答	:1)					

# (参考 5.はんだ付け作業時間について)

		la	はんだ付け作業 決めていな	き時間を取り い。, 4			はんだ付け作業時間を取り 決めている。, 2				
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
<u>【は</u>	んだ鏝での	加熱時間】									
	3秒以下(回	回答:1)		5秒以下(	〔回答:2〕		<ul> <li>3~5秒(回答:1)</li> </ul>				

٦

# (参考 6.はんだ付け量について)

	JERG-0-043の規定に従っており、 他に適用している規定はない。, 6									E以外に <mark>適</mark> 用し 「ある。, 0
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%

# (参考 7.はんだ付け作業方法について)

		М	LCC手はんだ作業に していない	ついて取り決め 。, 4			м	.CC手はんだ作業に していることが	ついて特に注意 ある。, 2	
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
<u>【注</u> 〕	意している事	<u>耳頂】</u>								
•	部品と鏝先	チップの接角	虫		• <del>-</del>	テ先温度及る	び部品への:	コテ先接触熱	たし しょうしょう しょうしょう しょうしょう しょうしょう しょうしょう しょうしょう しんしょう しんしょ しんしょ	
•	特定部品に	対しての基	盤予備加熱	の徹底	・特	段、MLCCに	限定して注	意しているこ	ことはない	
•	基本鏝先は	<b>トチップに接</b> 続	触させない		• MI	CC等の部	品にはコテ労	を接触させ	ない	
•	ランドから熱	<b>熱を供給して</b>	はんだを溶;	かす作業が	• 特	定部品/且-	つシャシ付の	場合は鏝て	はなく	
	基本となる				ホ	ットエアペン	シルの使用			

# (参考 8.はんだ付け後の冷却方法について)

				はんだ 取り	付け後の冷却 リ決めていない	方法を 。, 6			はんだ付け後の 取り決めて	<mark>)冷却方</mark> 法を いる。, 0
0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
<u>【取</u>	り決めている	内容】								
•	自然冷却と	している			・特	に規定してい	いない(自然	放冷)		

## (参考 9.その他)

• 加熱	時の反りを考慮した基盤設計	•	基板上の配置設計(切断部近傍に配置しない)
• MLC	Cの手はんだ付けについては実績が無く。		
MLC	Cについての特別な規定等は無い。		

4.3 はんだ付実装時の温度プロファイル

評価サンプルの作製にあたり、リフロー、局所リフロー(2条件)、手はんだ付(6条件)の各工 法の温度プロファイルを取得した。代表的なプロファイルを以下に示す。

(1) リフローはんだ付工法

リフローはんだ付工法でのサンプル作製における温度プロファイルを図 26.4-1 に示す。1 枚の PWB へ最大 4 箇所の MLCC 部品を実装するため、測定箇所は MLCC 実装箇所 A1~A4 の 4 箇所全 てを対象とした。全ての測定箇所で宇宙用表面実装はんだ付工程標準(JERG-0-043)に準拠した温 度プロファイルであることを確認した。



最高温度:211.6~213.6℃ (A1~A4は、パターン名称)

図 26.4-1 リフロー温度プロファイル

(2) 局所リフローはんだ付工法

局所リフローはんだ付工法でのサンプル作製における温度プロファイルを図 26.4-2 に示す。測定 箇所は、リフローはんだ付工法と同様に 4 箇所全てに熱電対を設置し、MLCC 実装箇所 A1 をはん だ付する際の温度と、周辺 A2、A3、A4 の温度を同時に測定した。A1 について、プリヒート 70℃ (はんだ付時との⊿T150℃)、プリヒート 120℃(はんだ付時との⊿T100℃)の温度プロファイル を確認した。また、周辺 A2、A3、A4 の温度は、はんだが再溶融しない温度以下であることを確認 した。



予熱 70±10℃: 36.3 秒 200℃以上: 35.4 秒 最高温度: 220.7℃

(A1 が 220.7℃の時の他の部品取付パターンの温度は、A2:116.3℃、A3:70.2℃、
 A4:50.2℃でありはんだが再溶融する事は無い。(A1~A4 はパターン名称))



予熱 120±10℃:67.1秒 200℃以上:45.7秒

最高温度:219.3℃

(A1 が 219.3℃の時の他の部品取付パターンの温度は、A2:129.2℃、A3:87.3℃、A4:67.1℃でありはんだが再溶融する事は無い。(A1~A4 はパターン名称))

図 26.4-2 局所リフロー温度プロファイル

(3) 手はんだ付工法

手はんだ付工法における温度プロファイルは他のはんだ付工法とは異なり、図 26.4-3 に示すよう に MLCC へ熱電対 ( $\phi 25 \mu$  m) を取り付け、MLCC 自体の温度を測定した。

手はんだ付け工法でのサンプル作製における温度プロファイルを図 26.4-4 に示す。温度プロファ イルは上記の熱電対とこて先温度を測定した。

温度プロファイルは、MLCC の両サイドの電極をはんだ付(片側は仮付)する工程を測定した。 こて先の温度は 350℃に対して、MLCC 自体の温度が 200℃であることが判った。



MLCC 熱電対の取付位置

熱電対の取付後の外観

図 26.4-3 MLCC 熱電対取り付け状態(手はんだ付温度プロファイル測定用)

図 26.4-4 において、MLCC の温度プロファイル(青線)が示す①~③の山は、手はんだ付作業に おける ①仮付(熱電対取付位置(図 26.4-3 参照)に近い側の電極)、②本付(①と反対側の電極)、 ③本付(①と同じ電極)時の温度変化に対応している。

なお、2125 サイズの MLCC は 3225 サイズの MLCC より熱電対が相対的に両方の電極から近い (熱電対取付用の加工穴径は 2125 サイズの MLCC と 3225 サイズの MLCC で同じであり、部品サ イズの小さい 2125 サイズの MLCC では 3225 サイズの MLCC (図 26.4-3)のように片方の電極へ 寄った位置とならず、ほぼ中央寄りとなった)ため、②及び③で同じ様な温度変化となっている。

## JERG-0-043-TM001A



### 2125 サイズ



### 3225 サイズ

図 26.4-4 手はんだ付温度プロファイル(予備加熱なし、こて先温度 350℃)

4.4 はんだ付実装サンプルの外観確認

作製した評価サンプルについてはんだ付け状態の外観確認を実施し、JERG-0-039及びJERG-0-043 の外観判定基準により全て合格であることを確認した。代表的なはんだ付状態を

図 26.4-5 に示す。

メーカ	部品サイズ	左電極	部品上面	右電極
村田 製作所	2125			
KEMET	2125			
村田 製作所	3225			
KEMET	3225			

図 26.4-5 実装サンプル外観写真(代表)

### 5. 評価試験の実施

4項で作製した評価サンプルを用いて、予備評価と本評価を実施した。

### 5.1 予備評価

本評価の前段階としての予備評価試験を実施した。予備評価試験では、4.1項で検討した最も厳し い手はんだ付条件で作製したサンプルで MLCC のクラック発生有無を確認することで、はんだ付条 件の妥当性を確認した。また、非破壊検査手法の適用性を確認する目的として、ロックインサーモ

(LIT)及び超音波探傷(SAT)による層間クラック等の不具合確認が可能かどうかを検証した。

(1) はんだ付条件の妥当性確認

4.1 項で検討した最も厳しい手はんだ付条件(こて先温度 350℃、予熱なし)、及びその温度条件 でさらにこて先を部品に接触させた条件でサンプルを作製し、電気特性の測定や断面観察によりクラ ックが入るかどうかを確認した。表 26.5-1 に予備評価サンプルのはんだ付条件を示す。

なお、予備評価サンプルに対して、曲げ試験の有無による違いについても確認をおこなった。

13	20.01 1 開町回りマフルは701に日本日
条件 No.	サンプル作製条件
1	350℃、予熱なし(こて接触なし)
2	350℃、予熱なし(こて接触あり)
3	350℃、予熱なし(こて接触あり、こて先大)

表 26.5-1 予備評価サンプルはんだ付条件

a. 曲げ試験なしサンプルの確認結果

曲げ試験を実施しないサンプルでは、実装前後の電気特性(静電容量)測定の結果、 JAXA-QTS-2040DによるMLCCの静電容量変化±10%以内を逸脱するサンプルはなかった。但し、 このサンプルについて断面観察を実施したところ、MLCC下部の電極近傍に、図 26.5-1 に示すよう なクラックが入っていることが確認できた(写真は図 26.4-3 No3 のこて接触サンプル)。本評価のは んだ付条件は 4.1 項において設定した条件に MLCC の層間クラックを発生させる条件を含んでいる ことを確認した。



3225 サイズ MLCC の中央、部品下部クラック左写真のクラック拡大図 26.5-1予備評価 曲げ試験なしサンプル(はんだ付条件 No.3)断面観察結果

### b. 曲げ試験実施サンプルの確認結果

曲げ試験は JIS C 5101-1(2010)の試験方法により実施した。非破壊検査によるクラック検出可否の検証のため、クラックが発生するように JIS C 5101-1に示される最大の曲げ変位 4mm を印加した。曲げ試験中の静電容量測定から±10%以上の変化が生じたサンプルがなかったため、更に曲げ変位量を増やして最大 12mm まで印加したところ、それでも異常は現れなかった(図 26.5-2 に曲げ試験サンプルの電気特性測定結果を示す)。しかし、断面を観察するとクラックが発生していることが確認された。クラックは図 26.5-3 のように MLCC の電極が剥離するように進展しており、内部電極の破断が起こらなかった(或いは軽微であった)ため電気的特性に異常が現れなかったことが判った。



※8mm 時は曲げを止めての測定を実施していないため、点線としている。

図 26.5-2 曲げ試験サンプル電気特性測定結果の例 (サンプル S/N17)



図 26.5-3 曲げ試験サンプル断面観察結果の例 (サンプル S/N17)

(2) 非破壊検査手法の適用性の検討

a. ロックインサーモ(LIT: Lock-in Thermal Emission、赤外線発熱解析)評価

曲げ試験を実施した評価サンプル(No.17)を使用して、ロックインサーモによる発熱解析を実施 した。その結果、故障に伴う発熱は検出されなかった。断面観察ではクラックが確認されている評価 サンプルでもその箇所の検出はできなかった。本解析法は故障要因がショートモード、又は抵抗値が 大きい時の発熱を検出するものであり、クラックが生じても短絡は起きていない場合は検出できない と判断した。

図 26.5-4 は後述する断面観察において、層間クラックが検出された評価サンプル (S/N17)の LIT 評価結果であり、層間クラックによる発熱した画像は得られていない。

内部電極の短絡による発熱は、図 26.5-4 に示すような画像が得られ、異常が検出される。



LIT 評価結果の例 (サンプル S/N17)



内部電極の短絡状態によって発熱

図 26.5-4 LIT 評価結果及び LIT による異常検出の例

LIT による異常検出の例 (沖エンジニアリング殿より提供頂いた)

## b. 超音波探傷(SAT: Scaning Acoustic Tomograph)評価

5.1 項(2)と同様に、曲げ試験を実施した評価サンプル(S/N7)を使用して、超音波探傷による発 熱解析を実施した。その結果、断面観察においてクラックが確認されている同一箇所を SAT で検出 することはできなかった。測定結果の例を図 26.5-5 に示す。逆に、曲げ試験によるクラックとは別 に、セラミック誘電体内部の微細なボイドは検出することができた(図 26.5-6)。



SAT で検出された異常箇所を断面観察にて検出することはできなかった。

図 26.5-5 SAT 評価実施結果の例 (サンプル S/N 7)



図 26.5-6 SAT 評価による MLCC 内部ボイドの確認例 (サンプル S/N 8)

c. 予備評価結果まとめ

予備評価の結果、本評価のはんだ付条件は 5.1 項(1)により、4.1 項において設定したはんだ付条件 に MLCC のクラックを発生させる条件を含んでいることから、妥当と判断した。また、MLCC の層 間クラック検出は、5.1 項(2)により、LIT や SAT などの非破壊検査を適用せず、ではなくクロスセ クションによる破壊検査を行なうこととした。

5.2 本評価

(1) 評価試験フロー

図 26.5-7 に評価試験フローを示す。評価は、はんだ付実施後の初期状態について、外観検査と電気特性測定により、異常がないことを確認する。次に、曲げ試験の実施有無において、MLCC のクラック発生を断面観察を主体に行う。



図 26.5-7 試験フロー

(2) サンプル割付の決定

表 26.2-1 に示す 4 種類の MLCC に対して、それぞれ 9 パラメータ(工法・はんだ付温度)のは んだ付条件を割付け、合計 36 通りの評価試験サンプル各 10 個を作製した。評価試験サンプル 10 個 の内 2 個は、曲げ試験用サンプルとして 1 枚の基板につき 1 個(基板中央 A3 または a3 の実装箇所) を搭載した。残り 8 個は 1 枚の基板に 4 個を実装し、曲げ試験なしサンプルとして実装前後の電気 特性測定及び断面観察用途とした。曲げ試験用及び曲げ試験なしサンプルの外観写真を図 26.5-8 に示す。



図 26.5-8 基板実装サンプルの例(上:曲げ試験なし用、下:曲げ試験実施用) (※上下で割り基板ではなく、別々に分かれている。)

### (3) 外観検査

a. 曲げ試験なしサンプル

作製したサンプルについてはんだ付け状態の外観確認を実施し、一部のリフロー及び局所リフロ ー実装品で MLCC が斜めに取付されパターンより若干電極がはみ出しているサンプルが見られたが JERG-0-043 及び評価サンプル製作メーカの外観判定基準により全て合格であることを確認した。

### b. 曲げ試験実施サンプル

本評価の曲げ試験は、電気特性に現れなくてもクラックが発生していた予備評価結果を踏まえ、 予備評価と同じ JIS C 5101-1(2010)の試験方法(図 26.5-9)によるが最大曲げ変位を 4mm までと 制限して実施した。曲げ試験の結果、多くのサンプルにおいて、フィレット部、電極部、セラミック ボディと電極との境界付近などに外観で判別できるクラック(電極界面のクラック)が確認された。 電極界面のクラックの例を図 26.5-10 に示す。



図 26.5-9 曲げ試験方法 (JIS C 5101-1 4.35 項)



図 26.5-10 曲げ試験サンプル外観観察(矢印:クラック確認部分)

(4) 電気特性測定

a. 曲げ試験なしサンプル

曲げ試験なしサンプルでは、実装前(部品単体)及び実装後(はんだ付後)で電気特性を測定し 変化を確認した。その結果、静電容量は実装前後で10%を超えて変化したサンプルはなかった。

一方  $tan\delta$  (誘電損失) は 10%を超えて変化しているサンプルがあった。ただし、MLCC 部品メ ーカによれば、 $tan\delta$  は変化率ではなく絶対値の大小で判定される為、容量の絶対値が小さい部品で は変動率が大きく計算されるものであり、今回の部品における測定結果については特に問題はないレ ベルであるとの見解を得た。また  $tan\delta$ の変化率は、はんだ付工法との相関性は見られず、静電容量 には問題なかったことから、 $tan\delta$ の測定結果は参考とした。

b. 曲げ試験実施サンプル

曲げ試験実施サンプルでは、実装前(部品単体)及び実装後(はんだ付後)に加え、曲げ試験前 (装置へ設置した状態)、曲げ保持中(4mm曲げ印加中)、及び曲げ解放後に電気特性を測定し変化 を確認した。その結果、KEMET 製の小(2125 サイズ)を除いてほぼ全てのサンプルで静電容量が 10%を超えて大きく低下していた。いずれも曲げ保持中が特に低下しており、部品電極が割れて電 気的にオープンになったことが原因と考えられる。はんだ付工法との相関性も見られず、曲げ試験時 の変位量が大きすぎたことによるものと推測できる。tan δ については曲げ試験なしサンプルと同様 に参考とした。

### (5) 断面観察

断面観察では、図 26.5-11 に示す通り MLCC (コンデンサ)の端から湿式研磨を行ない、1~4 断面目 を光学顕微鏡で観察し、クラックの有無を確認した。クラックは、深さの程度に応じて3 段階のレベ ルを設定した。

図 26.5-12 にクラックレベルのイメージ図と断面写真を示す。



図 26.5-11 断面観察イメージ

a. 曲げ試験なし

曲げ試験なしの断面観察の結果を図 26.5-13 に示す。曲げ試験なしサンプルにおいて、手はんだ付(予備加熱なし)工法を中心に、レベル1に相当するクラックが検出された。内部電極に到達するようなレベル2や MLCC に亀裂が入るようなレベル3のクラックは発生していない。部品サイズで比較すると、小さい2125 サイズの方にクラックが多い傾向がある。クラックの発生箇所については部品下部の電極とセラミックスの境界近傍を起点に入っている傾向がある(一例として図 26.5-12 に示す写真を参照)。

**b**. 曲げ試験あり

曲げ試験ありの断面観察結果を図 26.5-14 に示す。

### JERG-0-043-TM001A



図 26.5-12 クラック深さによる識別

26 - 21

曲げなしサンブル				313012
4個乗せ				
<del>, 8888 -</del>		00		•

※曲げなしサンプルでは、実装前後での静電容量測定結果で±10%より大きな変動を示したものはなかった。

実装工法	詳細条件	基板S/N	ランドNo	1断面目 2断面目 3断面目 4断面目	基板S/N	ランドNo	1断面目 2断面目	3断面目 4断面目	基板S/N	ランドNo	1断面目 2断面目	3断面目	4断面目	基板S/N	ランドNo	1断面目	2断面目 31	断面目	4断面目				
リフロー	予備加熱150°C、TOP温度		A1	無     無     無       -     -     -       -     -     -		a1	無無	無無		A1	無無	無無			a1	無	無	無	無				
			A2			a2				A2		- 1	-		a2			- :	_				
		3011	A3		2011	a3			3031	A3		- 1	-	2031	a3	- 3	_	_ :	_				
			A4			a4		- : -		A4		- 1	_		a4		_	-	_				
	220°C		A1	=		a1		- #		Δ1		-	=		a1			_	=				
	Δ1:70°C		Δ2							Δ2					<u>8</u> 1								
		3012	A2		2012	<u>az</u>	h	· _ · · _ · ·	3032	A2		2950 00         3950 00         4950 00         1950 00         3950 00         4950 00           1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1         1											
			<u>A4</u>					<u>; ; ; _ </u>		A4		·/···_··	_			()			·				
			A4			a4 01	444 444	444 444		A4	400 400	=	=				4						
	予備加熱70℃、TOP温度 220℃		<u></u>			-0									- 0				·····				
		3051	<u>Az</u>		2051	az		•••••	3071	<u>AZ</u>		··••	·	2071	az	/\$							
						a				<u>^A3</u>					a.	فسيستسبسها							
局所リフローA		-	A4		-	a4 -1				A4			-	L	a4								
	∆T:150°C			·····		ai				<u></u>		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·			ai	/}							
		3052	<u>Az</u>		2052	az		•••••	3072	<u>AZ</u>		··••	·	2072	az	/\$							
			A3			a3				A3					a3		-						
			A4		-	a4				A4			_		a4								
						ai				·····					ai								
		3091	A2		2091	<u>az</u>			3111	A2				2111	az								
	予備加熱120℃、TOP温度		A3			a5				AS					ao	[}							
局所リフローB	220°C		A4			a4				A4			-		a4								
	∆T:100°C		Al	<del>_</del> <del>_</del>		al		— <u></u>		AI					al	•							
		3092	A2		2092	az			3112	AZ				2112	az								
						a.j	<u> </u>	<u>}</u>		<u>^_</u>		-+			a.								
			A4			a4				A4		+			a4								
			A1			al				AI			<u>-</u>		al								
手はんだ付2A	予備加熱だ」	3131	A2		2131	az		_	3151	AZ			<u></u>	2151	az	/}							
			A3			a.	-	4117		A3			<u>-</u>		a				<u></u>				
	ア1個加款なし	-	A4		-	a4	-			A4			一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一		a4								
	こ (元温度 2000	3132	A1			al				A1					<u>a1</u>	····.#							
			A2		2132	a2			3152	<u>A2</u>			····	2152	<u>a2</u>	,							
			A3			a3		1.8		A3					a3	,							
			A4			a4		- 1		A4			一志	L	a4			<u> </u>					
	予備加熱なし こて先温度 320℃		<u>A1</u>	無 1 1 1	2171	al				A1					<u>a</u> ]	····			<u>.                                    </u>				
		3171				a2		- 1	3191	A2				2191	a2	/}			<u>₹</u>				
			A3			a3		- 1		A3					a3	,							
手はんだ付2B			A4		-	a4		_		A4			一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一一		a4				<u></u>				
			<u>AI</u>		a1 2172 a2 a3 24				AI					ai	,	·····		····					
		3172	A2			az		- 1%	3192	<u>AZ</u>			····	2192	az	/·····							
			A3			a3				AJ				a3				<u></u>					
			A4			a4 -1				A4				a4									
			A2		a1				A2					ai	····#····			<u></u>					
		3211	A2		2211	<u>az</u>			3231	A2		- <u> </u>		2231									
	予備加熱なし		A4			24		- 1		A4								_	=				
手はんだ付2C	こて先温度 350℃		A1			a4 91	1 -	- 1		Δ1	<b>#</b> –	-	 		a1			- 1	- 700				
			Δ2					- 1%		Δ2					a?			_					
		3212	A3		2212	a2 a3		- 1%	3232	A3			<u> </u>	2232	a3	( _ *		_					
			A4			a4		- 1		A4		- =		a4	( – )	_	- 7						
			A1			a1	<b># #</b>	<b>m</b>		A1	<b># </b>	#	<u></u>		a1	無	=	复	毎				
			A2	#		a2		- #		A2		- 1	無		a2	- 3		-	無				
		3251	A3	#	2251	a3		- : 無	3271	A3		- 1	無	22/1	a3	- 3			無				
<b>ディエノ ようししょ</b>	予備加熱あり 100°C				1		A4			a4		- #		A4		- 1	無		a4		1 and 1		無
手はんだ打ち	こて先温度 280℃		A1	# #		a1	# -	- #		A1	# -		=		a1	. <del>.</del>		Pri C	無				
			A2	#		a2		— 無		A2		-	無		a2		1 .46.5	C	無				
		3252	A3	#	2252	a3		— : 無	3272	A3		- 1	無	22/2	a3		5.11+T. 450 E. 110	Parte Ma	無				
			A4			a4		- #		A4		- 1	無		a4			- ~	1?				
			A1	無無無無無		al	無	無無無		A1	無無	無	無		a1	無	無	無	無				
		0004	A2	無	0004	a2		— 無	0011	A2		- 1	無	0011	a2	- 1	-	-	無				
		3291	A3	#	2291	a3	-	(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	3311	A3		- 1	無	2311	a3	- 3			無				
王/+/ ポ/+(D	予備加熱あり 100°C		A4	#		a4	-	無		A4		-	無		a4		-	-	無				
TI&/0/21910	こて先温度 320℃		A1	無 ー ー 無		a1	無	無		A1	無 —		無		a1	無			無				
		2202	A2	— — — 無	2202	a2	-	無	2212	A2		-	無	2212	a2		-	-	無				
		32.52	A3	#	2232	a3		<b>*</b>	3312	A3		- 1	無	2312	a3			_	無				
			A4	— — — 無		a4		— 無		A4		-	無		a4		-	-	無				
			A1	無無無無		al	無無	1 1?		A1	無無			I	a1								
		3331	A2	#	2331	a2	-	無	3351	A2				2351	a2		-						
			A3	無	200.	a3	-	無		A3				1 2001	a3		—		惷				
手はんだは10	予備加熱あり 100°C		A4		L	a4	-	( ) 無		A4			無	L	a4			_	無				
	こて先温度 350°C	1	A1	無		a1	無 5.55	無	1	A1	無 —		- 無		a1		—						
		3332	A2	— — — 無	2332	a2	-	· · ·	3352	A2				2352	a2				惷				
		1	A3	#	1	a3	-	<b>#</b>	1	A3					a3	,							
			I A4		1	a4		; — ; <b>#</b>		A4		+ -	8 <b>=</b>	1	a4	*		-	燾				

図 26.5-13 曲げ試験なしサンプル断面観察結果(クラック発生分布)

	and the second				村田大	3225					村田小	2125					KEMET	3225					KEMET 4	2125	
実装工法	詳細条件	基板S/N	ランドNo	1断面目	2断面目	3断面目	4断面目	基板S/N	ランドNo	1断面目	2断面目	3断面目	4断面目	基板S/N	ランドN₀	1断面目	2断面目	3断面目	4断面目	基板S/N	ランドNo	1断面目	2断面目	3断面目	4断面目
リフロー	予備加熱150℃、TOP温度 220℃	3021	A3	2	2	2	2	2021	a3	3	3	3	3	3041	A3	2	2	2	2	2041	a3	無	無	無	1
	ΔT:70°C	3022	A3	-	-	-	2	2022	a3	-	-	-	2	3042	A3	-	-	-	2	2042	a3	-	-	-	無
	予備加熱70℃、TOP温度 220℃ ΔT:150℃	3061	A3	2	2	2	2	2061	a3	3	3	3	3	3081	A3	2	2	2	2	2081	a3	2	2	2	2
局所リノローA		3062	A3	-	-	-	2	2062	a3	-	-	-	3	3082	A3	-	-	_	2	2082	a3	-	-	-	3
	予備加熱120℃、TOP温度	3101	A3	2	2	2	2	2101	a3	3	3	3	з	3121	A3	2	2	2	2	2121	a3	無	無	1	無
局所リフロ―8	220°C ∆T:100°C	3102	A3	-	-	-	2	2102	a3	-	-	-	3	3122	A3	-	-	-	2	2122	a3	-	-	_	1
	予備加勢あり 100°C	3261	A3	2	2	2	2	2261	a3	3	3	3	3	3281	A3	2	2	2	2	2281	a3	無	1	無	1
手はんだ付1A	280℃	3262	A3	2	2	2	2	2262	a3	3	3	3	3	3282	A3	3	3	3	3	2282	a3	無	無	1	1
	予備加熱あり 100°C こて先温度 320°C	3301	A3	2	2	2	2	2301	a3	3	3	3	3	3321	A3	2	2	2	2	2321	a3	無	無	無	無
手はんだ付1B		3302	A3	2	2	2	2	2302	a3	3	3	3	3	3322	A3	2	2	2	2	2322	a3	無	無	無	無
	ズ−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−−	3341	A3	2	2	2	2	2341	a3	2	2	2	2	3361	A3	2	2	2	2	2361	a3	無	無	無	1
手はんだ付10	こて先温度 350°C	3342	A3	2	2	2	2	2342	a3	3	3	3	3	3362	A3	2	2	2	2	2362	a3	無	無	1	無
	予備加熱なし	3141	A3	2	2	2	2	2141	a3	2	2	2	2	3161	A3	2	2	2	2	2161	a3	無	無	無	無
手はんだ付2A	こて先温度 280℃	3142	A3	2	2	2	2	2142	a3	2	2	2	2	3162	A3	2	2	2	2	2162	a3	無	1	1	1
	予備加熱なし	3181	A3	2	2	2	2	2181	a3	2	2	2	2	3201	A3	2	2	2	2	2201	a3	2	2	2	2
	こて先温度 320℃ 	3182	A3	2	2	2	2	2182	a3	2	2	2	2	3202	A3	2	2	2	2	2202	a3	無	無	無	1
<b>ギはくだけの</b>	予備加熱なし	3221	A3	2	2	2	2	2221	a3	2	2	2	2	3241	A3	無	1	無	1	2241	a3	無	1	有	有
于はんだ付20	こて先温度 350℃ 	3222	A3	2	2	2	2	2222	a3	2	2	2	2	3242	A3	2	2	2	2	2242	a3	無	無	1	1

※曲げあり※曲げなしサンプルでは、実装前後での静電容量測定結果で±10%より大きな変動を示したものはなかった。

曲げありサンプル 1個乗せ

図 26.5-14 曲げ試験実施サンプル断面観察結果(クラック発生分布)

## (6) 曲げ試験応力解析

今回実施した曲げ試験に関連し、曲げ印加時 MLCC にどのような応力が発生するかをシミュレ ーションにより解析した。解析結果を図 26.5-15 に示す。MLCC の最大応力を計算したところ、 たわみ量が 2mm を超えると応力的に破壊が起こる領域になると推察される。



図 26.5-15 基板たわみ 2mm のシミュレーション結果(例) (赤く表示されている箇所が応力の高い部分)
6. まとめ

6.1 MLCCの層間クラックが誘発される要因と対策

断面観察の結果から、予備加熱なしで手はんだ付を実施したサンプルは、層間クラックが入り やすい傾向があることが確認できた。よって、はんだ付け時の<u></u>T(こて先温度-PWB予備加熱温 度)が大きい事が、クラックを誘発する要因の一つと考えられる。

また、加熱だけでなく、冷却の過程でクラックが発生している可能性も考慮しておく必要がある。

はんだ付後の冷却過程で、はんだの凝固時(183℃)に部品端子部とはんだは同じ温度と見な せるが、PWB は予備加熱の有無により、予備加熱がない場合(仮に 25℃程度と考える)と 100℃ で予熱していた場合では、約 70℃の差がある。予備加熱なしではこの 70℃分の PWB の収縮がな いため、セラミックと PWB の収縮の差が残留応力となり、結果的にその応力がセラミックの強 度を超えることでクラック発生に至ると考えられる。



図 26.6-1 予備加熱の有無による温度変化の比較

100℃で予備加熱したサンプルでは殆どクラックの発生は見られなかったことから、PWBの予備加熱はクラックの発生に対し有効な対策案の一つと考える。PWBの予備加熱は、「冷却時の部品の収縮と PWBの収縮の差をできるだけ小さくすること」の対策にもなり、有効である。これは PWBの予備加熱を実施するという対策案により達成されると考える。

また、加熱時に生じるクラックのメカニズムについてもはんだの熱が外部電極(金属部)から 伝わり膨張する際に、セラミックの熱伝導遅れにより膨張差が生まれ、せん断応力でクラックに 至ると推定される。そのため部品サイズが大きく温度差が出やすいほどクラックが発生しやすい という内容であった。今回の評価では 3225 より 2125 サイズでクラック発生頻度が高い傾向にあ ったため、加熱時のクラックではないとの見解であったが、このクラックへの対策案としては、 急加熱を防ぐために部品を予熱することや、こて先を部品に接触させないことなどが挙げられる と考える。

もう一点、部品のたわみ耐性を向上させる手段としてランド幅を部品幅より狭くすることが効 果があり、これは温度サイクル試験でのクラック耐性向上にも効果があるため、高容量 MLCC の ランド設計として提案されているとのコメントもあった。手はんだ付による層間クラック発生と の関連を考えると、部品のサイドフィレットがなくなる設計であることから、はんだにより拘束 される領域が減少し、同じ温度条件ではんだ付した場合でも残留応力が小さくなり、クラック発 生を抑制できることが期待される。但しこの効果については今回の評価ではデータがないため、 新たに評価検討が必要と考える。

#### 6.2 JERG-0-043 へ追加するの注意記述の提案

今回の評価実施結果により、JERG-0-043 の「5.7.2 局所加熱法」の項へ新たに次の注意記述 を追加する。なお以下の記述案は、はんだ付工程標準改訂検討会の合意を得たものである。

#### - 注 意 -

積層セラミックコンデンサの手はんだ付けは、次の事項に注意すること。

- i) こて先はプリント基板ランドのみに接触させ、積層セラミックコンデンサの電極には接触させないこと。
- ii) はんだ付けは、ホットプレートやスポットヒータなどで基板と積層セラミックコンデンサを 予備加熱することを推奨する。
- iii) はんだ付け後は、急冷を避けること。

# 技術データ27 ガルウィングリード部品のはんだ付外観と信頼性評価

	E	I	次
1.	はじめに		
2.	評価用サンプル製作		
2.1	評価計画		
2.2	予備評価		
3.	試験		
3.1	熱衝擊試験		
3.2	振動・衝撃試験		
4.	評価項目		
4.1	熱衝擊試験		
4.2	振動・衝撃試験		
5.	評価試験結果		
5.1	熱衝擊試験		
5.2	振動·衝擊試験		
6.	まとめ		
7.	JERG-0-043 への反映案の検討		

# 図表目次

図 27.2-1	評価計画	
図 27.2-2	セラミック IC	
図 27.2-3	プラスチック IC	
⊠ 27.2-4	PWB の概要	
⊠ 27.2-5	はんだ付け状態(狙い)	
図 27.2-6	供試体	
⊠ 27.2-7	作業フロー等	
図 27.3-1	試験槽(正面図)	
⊠ 27.3-2	供試体設置状態	
⊠ 27.3-3	セラミックパッケージ部品の固着	
図 27.3-4	適用治具及び試験機への設置状態(例)	
図 27.3-5	サンプル基板と試験軸(X/Y:面内、Z:面外)	
図 27.3-6	Z 軸 方向(面外方向)の加振結果	
図 27.3-7	X 軸 方向(面外方向)の加振結果	
図 27.3-8	Y 軸 方向(面外方向)の加振結果	
図 27.3-9	Z1 軸 方向(面外方向)の衝撃結果	

図 27.5-1	500 サイクル前後の検査結果	27-29
図 27.5-2	500 サイクル前後の検査結果	27-30
図 27.5-3	500 サイクル前後の検査結果	27-31
図 27.5-4	1000 サイクル前後の検査結果	27-32
図 27.5-5	1000 サイクル前後の検査結果	27-33
図 27.5-6	1000 サイクル前後の検査結果	27-34
図 27.5-7	1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-35
図 27.5-8	1500 サイクル前後の検査結果	27-36
図 27.5-9	1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-37
図 27.5-10	1500 サイクル前後の検査結果	27-38
図 27.5-11	1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-39
図 27.5-12	1500 サイクル前後の検査結果	27-40
図 27.5-13	1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-41
図 27.5-14	2000 サイクル前後の検査結果(type I )	27-42
図 27.5-15	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-43
図 27.5-16	2000 サイクル前後の検査結果(type I )	27-44
図 27.5-17	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-45
図 27.5-18	2000 サイクル前後の検査結果(type II)	27-46
図 27.5-19	2000 サイクル前後の検査結果(type II)	27-47
図 27.5-20	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-48
図 27.5-21	2000 サイクル前後の検査結果(typeⅢ)	27-49
図 27.5-22	2000 サイクル前後の検査結果(typeⅢ)	27-50
図 27.5-23	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-51
図 27.5-24	500 サイクル前後の検査結果	27-54
図 27.5-25	500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-55
図 27.5-26	500 サイクル前後の検査結果	27-56
図 27.5-27	500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-57
図 27.5-28	500 サイクル前後の検査結果	27-58
図 27.5-29	500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-59
図 27.5-30	1000 サイクル前後の検査結果	27-60
図 27.5-31	1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-61
図 27.5-32	1000 サイクル前後の検査結果	27-62
図 27.5-33	1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-63
図 27.5-34	1000 サイクル前後の検査結果	27-64
図 27.5-35	1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-65
図 27.5-36	1000 サイクル前後の検査結果	27-66
図 27.5-37	1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-67
図 27.5-38	1500 サイクル前後の検査結果	27-68
図 27.5-39	1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-69
図 27.5-40	1500 サイクル前後の検査結果	27-70
図 27.5-41	1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-71

図 27.5-42	1500 サイクル前後の検査結果	27-72
図 27.5-43	1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-73
図 27.5-44	2000 サイクル前後の検査結果 (type I)	27-74
図 27.5-45	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-75
図 27.5-46	2000 サイクル前後の検査結果 (type I)	27-76
図 27.5-47	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-77
図 27.5-48	2000 サイクル前後の検査結果 (type II)	27-78
図 27.5-49	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-79
図 27.5-50	2000 サイクル前後の検査結果 (type II)	27-80
図 27.5-51	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-81
図 27.5-52	2000 サイクル前後の検査結果 (typeⅢ)	27-82
図 27.5-53	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-83
図 27.5-54	2000 サイクル前後の検査結果 (typeⅢ)	27-84
図 27.5-55	2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)	27-85
図 27.5-56	初期(試験前)、振動、衝撃試験後外観	27-87

表 27.2-1	評価 IC の仕様	27-5
表 27.2-2	評価 PWB の仕様	27-6
表 27.2-3	予備検討案	27-7
表 27.2-4	セラミック IC 予備検討結果	27-9
表 27.2-5	セラミック IC「R 埋め」水準 予備検討結果	27-10
表 27.2-6	プラスチック IC 予備検討結果	27-11
表 27.2-7	プラスチック IC「上がり無し」 予備検討結果	27-11
表 27.2-8	予備検討条件	27-12
表 27.2-9	供試体作製数量 (数量は実装 IC 数)	27-13
表 27.2-10	)供試体のはんだ状態確認写真(代表例)	27-15
表 27.3-1	振動·衝擊試験条件	27-18
表 27.5-1	外観検査及び断面検査結果	27-28
表 27.5-2	外観検査及び断面検査結果	27-53

1. はじめに

昨今のガルウィングリード部品の小型化・薄型化により、リード肩の曲げ部へのはんだ上がり(ヒールフィレット)基準を確保することが困難になっている。このため、はんだ付接合部に影響を与える「フィレット高さ」について、「リード肩の曲げ部にかかってもよい」とされている海外宇宙用規格(J-STD-001E class3)の最大ヒールフィレット高さに関する信頼性データを熱衝撃試験及び振動・衝撃試験で評価し、評価に基づいた良否判定の参考となる写真の充実を図り、工程標準類の質の向上を図るものである。

- 2. 評価用サンプル製作
- 2.1 評価計画

サンプル製作及び試験は、図 27.2-1 評価計画に基づき実施した。



図 27.2-1 評価計画

- 2.2 予備評価
- 2.2.1 評価 IC

予備評価に関し、評価 IC の仕様を表 27.2-1 に示す。

また、図 27.2-2 にセラミック IC の概要、図 27.2-3 にプラスチック IC の概要を示す。

刻上(1)11111111111111111111111111111111111						
品名	型名	雷極材質	めっき		製造メーカ	
н п			下地	仕上げ		
セラミック IC	RHF1201KS0-01V	42 合金	_	Au	STMICROELECTRONICS	
プラスチック IC	TSOP44T30-T2	銅合金		共晶はんだ	TopLine	

表 27.2-1 評価 IC の仕様

RHF1201KSO-01V (STMICRO ELECTRONICO)







			Dimer	nsions		
Ref.	Millimeters			Inches		
	Min.	Тур.	Max.	Min.	Тур.	Max.
A	2.18	2.47	2.72	0.086	0.097	0.107
b	0.20	0.254	0.30	0.008	0.010	0.012
c	0.12	0.15	0.18	0.005	0.006	0.007
D	15.57	15.75	15.92	0.613	0.620	0.627
E	9.52	9.65	9.78	0.375	0.380	0.385
E1		10,90			0.429	
E2	6.22	6.35	6.48	0.245	0.250	0.255
E3	1.52	1.65	1.78	0.060	0.065	0.070
e		0.635			0.025	
f		0.20			0.008	
L	12.28	12.58	12.88	0.483	0.495	0.507
Ρ	1.30	1.45	1.60	0.051	0.057	0.063
Q	0.66	0.79	0.92	0.026	0.031	0.036
S1	0.25	0.43	0.61	0.010	0.017	0.024
	+	-	-			

図 27.2-2 セラミック IC



図 27.2-3 プラスチック IC

#### 2.2.2 評価 PWB

評価 PWB の仕様を表 27.2-2 に示す。図 27.2-4 に PWB の概要を示す。

材質	板厚	層数	外形寸法	座仕様	座表面処理	
FR-4(ガラエポ)	t 1.6mm	8層	110×120mm	JERG-0-043 準拠	ソルダーコート	

表 27.2-2 評価 PWB の仕様



図 27.2-4 PWBの概要

- 2.2.3 作製条件
- 2.2.3.1 予備検討案

表 27.2-3 に示すマスク厚で作製したメタルマスクを用いてリフローはんだ付けを実施し、はんだ 付け状態を確認する。各マスクでサンプルを作製後、外観、断面観察を実施し、はんだあがりを確 認する。手はんだによる手直しを併用することにより、所望のはんだ付け状態が得られれば本評価 に移行することとした。

予備検討案を表 27.2-3 に、はんだ付け状態の狙いを図 27.2-5 に示す。

No.	マスク厚	はんだ付け状態(狙い)	はんだ付け状態(狙い)	はんだ量
	(µm)	セラミック IC	プラスチック IC (※1)	
1	100	_	上がりなし(JERG 規格内)	少ない
2	150	上がりなし(JERG 規格内)	R部厚み有り	標準
3	200	R部厚み有り	R 埋め(根元近くまで)	やや多い
4	300	R 埋め(根元近くまで)	_	多い

表 27.2-3 予備検討案

(※1)プラスチック SOP はリードが短いため、薄めのマスク厚を想定している。



図 27.2-5 はんだ付け状態(狙い)

2.2.3.2 セラミック IC 予備検討結果

予備検討でのはんだ状態およびリード断面を表 27.2-4 に示す。マスクは 200  $\mu$  m、300  $\mu$  m の 使用を予定していたが、ファインピッチの IC のため、ブリッジの発生などが多発した。はんだを上 げるため予備はんだにて制御を行った。R 部まで予備はんだを実施した場合、「R 部厚み有り」 の水準を満たさないと判断した。根本まで予備はんだを実施した場合、「R 埋め」の水準は満たさ ないものの、R 部にはんだが達しているのでこれを「R 部厚み有り」の水準とした。「R 埋め」水準 については、別工法を検討することとした。

はんだ状態の 狙い値	はんだ状態の写真	左リード断面	右リード断面
マスク仕様	コメント	断面状態と水準	準への採用可否
上がり無し (JERG 規格内)		20kV X32 300µm 12.50 BEC	201V X20 502m 10 53 BEC-
$150 \mu{ m m}$ : 100%	標準的なはんだ状態	「上がり無し」フ	<b>水準として採用</b>
R部厚み有り		20kV - X20 - 500µm - 10 50 BEC	204V - X20 300pm 10.50.50C
150 $\mu$ m : 100%	R部まで予備はんだ実施	R 部まで達して ⇒水準とし	いないもの有り して不採用
R 埋め		361.V. X33 300 jm 19.52 BTC	26KV X30 599µm 16 29 85C
150μm : 100%	根元まで予備はんだ実施	R 部まで達しているが埋 ⇒「R 部厚み有り	まっている状態ではない 」水準として採用

表 27.2-4 セラミック IC 予備検討結果

次に、セラミックIC の「R 埋め」水準を作製するため、下記の手順にて作業を実施し、水準を満たすことを確認した。

①ウィッキング

②「R 埋め」状態まで予備はんだ

③リード根本にアルミテープを貼り付け(実装時にR 部の温度上昇を抑制するため)

④手はんだにて実装(その他の水準はリフローにて実装)

本手順にて実施したはんだ状態を表 27.2-5 に示す。

はんだ状態の 狙い値	はんだ状態の写真	左リード断面	右リード断面
マスク仕様	コメント	断面状態と水	準への採用可否
R 埋め		—	—
$150\mu{ m m}$ : 100%	R 部のはんだが下に落ち ない様に手はんだする		

表 27.2-5 セラミック IC「R 埋め」水準 予備検討結果

2.2.3.3 プラスチック IC 予備検討結果

予備検討でのはんだ状態およびリード断面を表 27.2-6 に示す。「上がり無し」が想定したよりも はんだが上がり、R 部に厚みが発生したため、さらにマスクの開口率を下げて予備検討を実施し た。若干リードの高さが揃っていなかったため浮きが発生しているが、JERG 規格を満足している と判断し、水準として採用することとした。はんだ状態を表 27.2-7 に示す。

はんだ状態の 狙い値 (水準)	はんだ状態の写真	左リード断面	右リード断面
マスク仕様	コメント等	断面状態と水準	進への採用可否
上がり無し (JERG 規格内)	j.	2547 X40 225470 10.49.880	NSV X00 2254/0 40 49 8/60
100 µ m : 40%	はんだ量が少なくても R部まで上がってしまう	R 部まで上 ⇒「R 厚み有り	がっている )」水準に採用
R部厚み有り		2044 XES 20444 49.00 89.00 80.00	2014 MG 294
100 µ m : 70%		R 部が埋ま ⇒「R 埋め」オ	そっている 、準として採用
R 埋め	Ĵ.	206-Y 325 2004m 9121 500	20-V X16 340pm 4940.000
150 µ m : 100%		R 部がかなり分周 ⇒「R 埋め」水	『く埋まっている 準として不採用

表 27.2-6 プラスチック IC 予備検討結果

表 27.2-7 プラスチック IC「上がり無し」予備検討結果

はんだ状態の 狙い値 (水準)	はんだ状態の写真	左リード断面	右リード断面
マスク仕様	コメント	断面状態と水準	単への採用可否
上がり無し (JERG 規格内)		268V 250 1094# 10.80 88 ²	2000 100 mages
100 µ m : 30%		規格内と判断し「上カ	『り無し』水準に採用

## 2.2.3.4 予備検討条件まとめ

前項までの予備検討において、断面観察や外観確認により、所望のはんだ状態が得られること が確認できた。今回得られた予備検討条件を表 27.2-8 に示す。

はんだ状態の	メタルマスク仕様及び注意点		
ねらい目	セラミック IC	プラスチック IC	
上がり無し	$150 \ \mu \text{ m}$ : 100%	100 u m· 30%	
(JERG 規格内)	ウィッキングのみ	$100 \mu$ m. $30\%$	
R部厚み有り	150 $\mu$ m:100%	$100 \mu \mathrm{m} \cdot 40\%$	
	R部まで予備はんだ	100 µ m. 10%	
	$150\mu$ m:100%		
R 埋め	R 部が埋まるまで予備はんだ	$100 \mu$ m:70%	
	(※1)手はんだにて実装		

表 27.2-8 予備検討条件

(※1) その他はリフロー実装

- 2.2.4 供試体の作製
- 2.2.4.1 作製条件及び数量

2.2.3.4 項の条件および JERG-0-043 に従い、供試体の作製を行った。作成した供試体を図 27.2-6 に示す。実装プロセスは、ソルダーペースト印刷、部品搭載、リフローまでを一連の実装ラ インで実施し、フラックス洗浄をバッチタイプの洗浄機にてグリコールエーテル系溶剤を用いて自 動洗浄を行った。作業フロー等を図 27.2-7 に示す。作製した数量を表 27.2-9 に示す。

衣 21.2-9 供訊体作製数重 (数重は美装 IC 数)						
はんだ状態の	評価IC	熱衝撃試験サイクル(※1)				
狙い目		0	500	1000	1500	2000
上がり無し	セラミック IC	5	5	5	5	5
(JERG 規格内)	プラスチック IC	5	5	5	5	5
R 部厚み有り	セラミック IC	5	5	5	5	5
	プラスチック IC	5	5	5	5	5
R 埋め	セラミック IC	5	5	5	5	5
	プラスチック IC	5	5	5	5	5

表 27.2-9 供試体作製数量 (数量は実装 IC 数)

(※1) 温度範囲:-30℃~+100℃ 各温度 30min を想定



プラスチック IC



セラミック IC

図 27.2-6 供試体

#### JERG-0-043-TM001A



(1) リフロー対象品作業フロー

項目	規格等
フラックスタイプ	RMA (RO-L1)
合金組成(wt%)	63Sn/37Pb
粉末の粒度(µm)	25~45
フラックス含有量(wt%)	9.5±0.5
ハロゲン含有量(wt%)	0.1以下

(2) ソルダーペースト仕様



(3) 手はんだ対象品作業フロー

項目	規格等
鏝先	1.6D
鏝先温度	320°C

(4) 手はんだ作業条件

図 27.2-7 作業フロー等

## 2.2.4.2 外観検査結果

表面クラック、荒れ、剥がれ、浮き等について JERG-0-043 に従って初期品の外観検査を実施 し、また、所望のはんだ状態になっていることを確認した。また、はんだ上がり状態(3 種類)が確 認できる写真を撮影した。供試体のはんだ状態写真(代表例)を表 27.2-10 に示す。

はんだ状態の 狙い値	セラミック IC	プラスチック IC
上がり無し (JERG 規格内)		
R部厚み有り		
R 埋め		

表 27.2-10 供試体のはんだ状態確認写真(代表例)

- 3. 試験
- 3.1 熱衝撃試験
  - (1) 試験条件

JERG-0-043の4.4.2項(2)に準拠して信頼性評価試験を実施した。

- ·試験方法 :熱衝撃試験
- ·温度範囲 :-30~+100℃
- ・サイクル数:500~2000 サイクル

定点観測は2000 サイクル品を対象として実施し、途中での評価ステップ(供 試体抜き取り)は500、1000、1500 サイクルとする。

(2) 供試体設置

試験槽の主な構成を図27.3-1に示す。上側が高温蓄熱槽、下側が低温蓄熱槽で、各槽の エアは右部から試験槽に入り、左部に抜ける構造となっている。供試体の試験槽への設置状態を図27.3-2示す。





図 27.3-1 試験槽(正面図)



図 27.3-2 供試体設置状態

- (3) 試験の実施
  - (a) 熱電対のバラツキ確認

試験槽に供試体を投入する前に熱電対の温度差の有無を確認した。高温側 100℃、低温 側-30℃に設定し、15 分経過後の温度が高温側温度差 0.3℃(99.7℃~100℃)、低温側温 度差 0.4℃(-30.3℃~-30.7℃)であり、熱電対の測定誤差は熱衝撃試験を実施する上で 十分小さいことを確認した。

(b) 供試体温度と試験装置制御

熱衝撃試験開始前に、温度変化を確認し、高温設定温度は 103℃、低温設定温度は-32℃とした。各変温時間は、槽内温度は5分以内に変化したが、供試体温度の変温に時間 を要したことから、高温から低温移行において変温+保持時間を4分+30分とし、低温から 高温移行の変温+保持時間を6分+30分として試験を実施した。

3.2 振動·衝撃試験

(1)部品固着

部品リードはんだ付部分の耐環境性を評価するため、部品自体の影響を極力抑えることとし、 リード部分の長いセラミックパッケージ部品は図27.3-3のとおり固着した。



図 27.3-3 セラミックパッケージ部品の固着

(2)試験条件

表27.3-1に示す条件で実施した。試験前に、本項に示す治具、条件にて試行を行い、必要 事項を本試験条件に反映した。

振動試験	周波数(Hz)	PSD(G ² /Hz)	備考…
ランダム振動	機器取り付け面内ス	参考文書 A.3.2(8)にお	
3分、3軸	20~70	+6dB/oct	いて SMD 部品の評価試 験で検討し、適用した振
	$70 \sim 700$	0.2	動試験条件。JAXA 殿研
	700~823	-8dB/oct	究開発本部のコンホーネント MTP(フルチモート、統合トランス
	823~1000	0.13	ポンダ)の耐環境条件に準
	1000~2000	-8dB/oct	拠。
	機器取り付け面		-
	20~70	+3dB/oct	
	$70 \sim 260$	0.7	
	$260 \sim 400$	-7.5dB/oct	
	400~1000	0.24	
	1000~2000	-4dB/oct	
	実効値…X/Y軸:15.080	Grms	
	Z 軸:22.50Grms		
衝撃試験	周波数(Hz)	SRS(G)	備考…
半波正弦波	800~1144	1000 以上	振動試験と同様、MTPの
Z1 方向、3 回		(9807m/s ² )	耐環境条件に準拠。
	1500~4000	1500	衝撃は評価サンプルを落   下させて印加する方法と
		$(14710 \text{m/s}^2)$	する。
	レベルの公差:		

表 27.3-1 振動·衝撃試験条件

(3) 振動試験

(a) 振動試験は以下の場所、設備にて実施した。

試験場所:宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター(JAXA)

使用設備:ASE-42S(明石製)

- (b) 試験の加振方向は、X(面内)、Y(面内)、Z(面外)とし、X → Y → Z の順番で加振した。
- (c) 振動試験の実施にあたり、治具(試験機側のサンプル取付部との I/F となる治具、図 27.3-4、
   図 27.3-5 参照)、及び試験条件の適用可否について事前確認を行った。試行時の振動波形
   を図 27.3-6~図 27.3-8 に示す。
- (d) また、事前確認と同一の条件で全ての供試体に対して表 27.3-1 に示す振動試験、ランダム 振動条件を満たしたことを確認した。



図 27.3-4 適用治具及び試験機への設置状態(例)



図 27.3-5 サンプル基板と試験軸(X/Y:面内、Z:面外)



図 27.3-6 Z 軸 方向(面外方向)の加振結果



図 27.3-7 X 軸 方向(面外方向)の加振結果



図 27.3-8 Y軸 方向(面外方向)の加振結果

- (4) 衝撃試験
  - (a) 衝撃試験は以下の場所、設備にて実施した。
     試験場所:宇宙航空研究開発機構 筑波宇宙センター(JAXA)
     使用設備:SM-110(AVCO 製)
  - (b) 試験の加振方向は、Z1 軸(面外)の一方向とし、各供試体に対して3回の衝撃負荷を与えた。
  - (c) 衝撃試験においても振動試験と同じ冶具(試験機側のサンプル取付部との I/F となる治具、 図 27.3-4、図 27.3-5、図 27.3-9参照)を使用した。試験条件の適用可否については本試験に 先立ち事前確認を行った。試行時の振動波形を 図 27.3-9 に示す。
  - (d) また、事前確認と同一の条件で全ての供試体に対して表 27.3-1 に示す衝撃試験 半波正 弦波条件を確認した。



図 27.3-9 Z1 軸 方向(面外方向)の衝撃結果



図 27.3-9 Z1 軸 方向(面外方向)の衝撃結果(続き)

- 4. 評価項目
- 4.1 熱衝撃試験
  - (1) 外観検査

初期、及び熱衝撃試験500、1000、1500、2000サイクル完了後、はんだ接合部の外観検査 を実施した。なお、定期サイクル毎の外観検査は、宇宙機製造会社の立会いの下で実施した。

外観検査は以下の通り実施した。

- 【内容】はんだ光沢、割れ、細り、リード割れ等の異常の有無
- 【手法】実体顕微鏡(×20倍)
- 【数量】 全数(定期サイクル毎)
- (2) 断面検査

熱衝撃試験500、1000、1500、2000サイクル完了後、はんだ接合部の断面検査を実施した。 断面検査は以下の通り実施した。

- 【内容】クラックのレベル判定
- 【手法】金属顕微鏡
- 【数量】 パッケージ種類/はんだフィレットタイプ毎に1サンプルの計6サンプル

(定期サイクル毎)

- 4.2 振動·衝撃試験
  - (1) 外観検査

試験後、外観検査(x20倍)を実施した。

(2) 導通検査

リード接合部の導通検査を実施した。

- 5. 評価試験結果
- 5.1 熱衝撃試験

熱衝撃試験前後(0サイクル、500サイクル、1000サイクル、1500サイクル、2000サイクル後)の外 観検査及び断面検査の結果を示す。

なお、はんだ表面クラックは、JERG-0-043の表5-15に従って評価し、表面クラックレベル等級4 を欠点とする。クラック深さは、JERG-0-043の表5-16に従って評価し、クラック深さレベル等級3以 上を欠点とした。

(1) プラスチックパッケージの外観検査及び断面検査

外観検査及び断面検査の結果を表 27.5-1 及び図 27.5-1~図 27.5-23 に示す。

(a) 熱衝撃試験500 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面に軽微なシワや凹凸が観察された。表面ク ラックは、観察されなかったことから、表面クラックレベル等級は2等級であった。断面検査の 結果、クラックの発生は確認されなかったことから、はんだクラック深さレベル等級は0等級で あった。

(b) 熱衝撃試験1000 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面の軽微なシワや凹凸が顕著化した。表面ク ラックは、観察されなかったことから、表面クラックレベル等級は2等級であった。断面検査の 結果、深さが最大で0.05mm程度の微小なクラックが発生していたことから、はんだクラック深 さレベル等級は1等級であった。

(c) 熱衝撃試験1500 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面のシワや凹凸が顕在化した。表面クラックは、 観察されなかったことから、表面クラックレベル等級は2等級であった。断面検査の結果、深さ が最大で0.1mm程度の微小なクラックが発生していたことから、はんだクラック深さレベル等級 は1等級であった。

(d) 熱衝撃試験2000 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面のシワや凹凸が更に顕在化した。表面クラ ックは、観察されなかったことから、表面クラックレベル等級は2等級であった。断面検査の結 果、深さが最大で0.1mm程度の微小なクラックが発生していたことから、はんだクラック深さレ ベル等級は1等級であった。

			ジ	
			断面検査	
		外観状態	はんだ表面クラック	(クラック深さ)
	type I	・光沢があり、滑らかな状態 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級1 (クラックなし)	レベル等級0
初期	type II	・光沢があり、滑らかな状態 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級1 (クラックなし)	レベル等級0
	type 🎞	・光沢があり、滑らかな状態 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級1 (クラックなし)	レベル等級0
	type I	・軽微なシワや凹凸が発生 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級0
500サイクル後	type II	・軽微なシワや凹凸が発生 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級0
	type 🎞	・軽微なシワや凹凸が発生 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級0
	type I	・軽微なシワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
1000サイクル後	type II	・軽微なシワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
	type 🎞	・軽微なシワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
	type I	・シワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
1500サイクル後	type II	・シワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
	type 🎞	・シワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
	type I	・シワや凹凸が更に顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
2000サイクル後	type II	・シワや凹凸が更に顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1
	type 🎞	・シワや凹凸が更に顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級2 (クラックなし)	レベル等級1

表 27.5-1 外観検査及び断面検査結果

		type I (S/I	N6, IC120)	
	左(44番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝撃試験 投入前外観写真				
500 サイクル 経過後外観写真				
500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-1 500 サイクル前後の検査結果

		type II (S/I	N9, IC120)	
	左(44 番ピン)	左(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
500 サイクル 経過後外観写真				
500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-2 500 サイクル前後の検査結果

		typeIII (S/N14、IC120)				
	左(44番ピン)	左(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)		
熱衝擊試験 投入前外観写真						
500 サイクル 経過後外観写真						
500 サイクル 経過後断面写真						

図 27.5-3 500 サイクル前後の検査結果

		type I (S/I	N4、IC120)	
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
1000 サイクル 経過後外観写真				
1000 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-4 1000 サイクル前後の検査結果

	type II (S/N11, IC120)					
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)		
熱衝擊試験 投入前外観写真						
1000 サイクル 経過後外観写真						
1000 サイクル 経過後断面写真						

図 27.5-5 1000 サイクル前後の検査結果

	type III (S/N15, IC120)					
	左(44番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)		
熱衝擊試験 投入前外観写真						
1000 サイクル 経過後外観写真						
1000 サイクル 経過後断面写真						

図 27.5-6 1000 サイクル前後の検査結果


図 27.5-7 1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

		type I (S/N7, IC120)		
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				ゆれ不良 していた していた していた していた していた していた していた していた
1500 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-8 1500 サイクル前後の検査結果

		type I (S/N7, IC120)		
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
1500 サイクル 経過後断面写真	in the second se			
(クラック部拡大)				

図 27.5-9 1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

		type II (S/N12, IC120)		
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-10 1500 サイクル前後の検査結果



図 27.5-11 1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

		type <b>Ⅲ</b> (S/N	N17, IC120)	
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-12 1500 サイクル前後の検査結果



図 27.5-13 1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type I (S/N8, IC120)		
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			
1500 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 27.5-14 2000 サイクル前後の検査結果(type I)

	type I (S/N8, IC120)	
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)
2000 サイクル		
経過後断面写真		121
(クラック部拡大)		

図 27.5-15 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type I (S/N8, IC120)	
	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		
1000 サイクル 経過後外観写真		
1500 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 27.5-16 2000 サイクル前後の検査結果(type I)

	type I (S/N8, IC120)	
	左(34番ピン)	右(11番ピン)
2000 サイクル		1
経過後断面写真	12.1 4	1973
(クラック部拡大)	53/15	Ever sont
	A Contraction of the second	

図 27.5-17 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type II (S/N13, IC120)		
	左(44番ピン)	右(1番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			
1500 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 27.5-18 2000 サイクル前後の検査結果(type II)

	type II (S/N13, IC120)	
	左(34番ピン)	右(11番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真		
500 サイクル 経過後外観写真		
1000 サイクル 経過後外観写真		
1500 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後外観写真		
2000 サイクル 経過後断面写真		

図 27.5-19 2000 サイクル前後の検査結果(type II)

	type II (S/N13, IC120)	
	左(34番ピン)	右(11 番ピン)
2000 サイクル	K15 3	
経過後断面写真		63.0
(クラック部拡大)		

図 27.5-20 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	typeIII (S/N18, IC120)		
	左(44 番ピン)	右(1番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			
1500 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 27.5-21 2000 サイクル前後の検査結果(typeIII)

	typeIII (S/N18、IC120)			
	左(34番ピン)	右(11番ピン)		
熱衝擊試験 投入前外観写真				
500 サイクル 経過後外観写真				
1000 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
2000 サイクル 経過後外観写真				
2000 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-22 2000 サイクル前後の検査結果(type III)

	type III (S/N18、IC120)			
	左(34番ピン)	右(11番ピン)		
2000 サイクル				
経過後断面写真	45 1 1	(ta)		
(クラック部拡大)	A Sur			

図 27.5-23 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

(2) セラミックパッケージの外観検査及び断面検査

外観検査及び断面検査の結果を表 27.5-2 及び図 27.5-24~図 27.5-55 に示す。

(a) 熱衝撃試験500 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面に軽微なシワや凹凸が観察された。表面クラックは、ヒールフィレットとリードの境部分に0.3mm程度のクラック長さが観察されたことから、表面クラックレベル等級は3等級であった。断面検査の結果、深さが最大で0.15mm程度の微小なクラックが発生していたことから、はんだクラック深さレベル等級は1等級であった。

(b) 熱衝撃試験1000 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面の軽微なシワや凹凸が顕著化した。表面クラックは、ヒールフィレットとリードの境部分に0.3mm程度のクラック長さが観察されたことから、表面クラックレベル等級は3等級であった。断面検査の結果、深さが最大で0.2mm程度のクラックが発生していたことから、はんだクラック深さレベル等級は1等級であった。

(c) 熱衝撃試験1500 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面のシワや凹凸が顕著化した。表面クラックは、ヒールフィレットとリードの境部分に0.5mm程度のクラック長さが観察されたことから、 表面クラックレベル等級は3等級であった。断面検査の結果、深さが最大で0.25mm程度 のクラックが発生していたことから、はんだクラック深さレベル等級は1等級であった。

(d) 熱衝撃試験2000 サイクル経過後

全てのヒールフィレット高さtypeは、はんだ表面のシワや凹凸が更に顕著化した。表面ク ラックは、ヒールフィレットとリードの境部分に0.5mm程度のクラック長さが観察されたことか ら、表面クラックレベル等級は3等級であった。断面検査の結果、深さが最大で0.3mm程 度のクラックが発生していたことから、はんだクラック深さレベル等級は1等級であった。

			>	
		外観検査	•	断面検査
		外観状態	はんだ表面クラック	(クラック深さ)
	type I	・光沢があり、滑らかな状態 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級1 (クラックなし)	レベル等級0
初期	type II	・光沢があり、滑らかな状態 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級1 (クラックなし)	レベル等級0
	type 🎞	・光沢があり、滑らかな状態 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級1 (クラックなし)	レベル等級0
	type I	・軽微なシワや凹凸が発生 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1 (41.0~145.5 µ m)
500サイクル後	type II	・軽微なシワや凹凸が発生 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1 (38.5~117.7µm)
	type 🎞	・軽微なシワや凹凸が発生 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1 (105.8~136.5µm)
	type I	・軽微なシワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
1000サイクル後	type II	・軽微なシワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
	type 🎞	・軽微なシワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
	type I	・シワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
1500サイクル後	type II	・シワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
	type 🎞	・シワや凹凸が顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
	type I	・シワや凹凸が更に顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
2000サイクル後	type II	・シワや凹凸が更に顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1
	type 🎞	・シワや凹凸が更に顕著化 ・リード及び本体に損傷なし	レベル等級3 (クラック1/2未満)	レベル等級1

表 27.5-2 外観検査及び断面検査結果

		type I (S/N22, IC216)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)	
熱衝撃試験					
投入前外観写真					
500 サイクル					
経過後外観写真					
500 サイクル					
経過後断面写真	ſ		J	The second secon	

図 27.5-24 500 サイクル前後の検査結果



図 27.5-25 500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

		type II (S/N25, IC213)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真					
500 サイクル 経過後外観写真					
500 サイクル 経過後断面写真					

図 27.5-26 500 サイクル前後の検査結果



図 27.5-27 500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	typeIII (S/N32、IC216)			
	左(48 番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
500 サイクル 経過後外観写真				
500 サイクル 経過後断面写真	ſ			

図 27.5-28 500 サイクル前後の検査結果



図 27.5-29 500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type I (S/N21, IC215)				
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)	
熱衝撃試験 投入前外観写真					
1000 サイクル 経過後外観写真					
1000 サイクル 経過後断面写真					

図 27.5-30 1000 サイクル前後の検査結果

	type I (S/N21, IC215)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
1000 サイクル 経過後断面写真 (クラック部拡大)				

図 27.5-31 1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

		type II (S/N27, IC213)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真					
1000 サイクル 経過後外観写真					
1000 サイクル 経過後断面写真					

図 27.5-32 1000 サイクル前後の検査結果

	type II (S/N27, IC213)				
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)	
1000 サイクル 経過後断面写真 (クラック部拡大)					

図 27.5-33 1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type II (S/N27, IC213)			
	左(24 番ピン)	右(25番ピン)	_	_
熱衝撃試験				
投入前外観写真				
1000 サイクル				
経過後外観写真				
1000 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-34 1000 サイクル前後の検査結果

	type II (S/N27, IC213)			
	左(24 番ピン)	右(25番ピン)	_	_
1000 サイクル 経過後断面写真 (クラック部拡大)				

図 27.5-35 1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	typeIII (S/N33、IC216)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
熱衝撃試験 投入前外観写真				
1000 サイクル 経過後外観写真				
1000 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-36 1000 サイクル前後の検査結果

	type <b>III</b> (S/N33、IC216)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
1000 サイクル				
経過後断面写真	A	6	· Ba	
(クラック部拡大)	A LET		18 ma	
	and the second second	ACAR STR	Conserved and	milling
		Stratt Ny	1. 1. 1. 1. 1.	Le China Chan
	A Decking		A TANK	

図 27.5-37 1000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type I (S/N19、IC216)			
	左(48 番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-38 1500 サイクル前後の検査結果

	type I (S/N19、IC216)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
1500 サイクル 経過後断面写真 (クラック部拡大)				

図 27.5-39 1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type II (S/N26, IC216)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-40 1500 サイクル前後の検査結果
	type II (S/N26, IC216)			
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	左(36番ピン)	右(13番ピン)
1500 サイクル   経過後断面写真   (クラック部拡大)				

図 27.5-41 1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	typeIII (S/N29、IC216)			
	左(36番ピン)	右(13番ピン)	左(25番ピン)	右(24 番ピン)
熱衝擊試験 投入前外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-42 1500 サイクル前後の検査結果

	typeIII (S/N29、IC216)			
	左(36番ピン)	右(13番ピン)	左(25番ピン)	右(24 番ピン)
1500 サイクル		4	A see	
経過後断面写真	A CONTRACT OF THE OWNER OWNER OF THE OWNER	.83		
(クラック部拡大)				
	100.pm			

図 27.5-43 1500 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type I (S/N23、IC213)		
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			
1500 サイクル			
経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 27.5-44 2000 サイクル前後の検査結果(type I)

	type I (S/N23, IC213)		
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	
2000 サイクル			
経過後断面写真			
(クラック部拡大)			

図 27.5-45 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)



図 27.5-46 2000 サイクル前後の検査結果(type I)

	type I (S/N23, IC213)	
	左(36番ピン)	右(13 番ピン)
2000 サイクル	A REAL	14-
経過後断面写真	19 18 ³³⁹	
(クラック部拡大)		

図 27.5-47 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)



図 27.5-48 2000 サイクル前後の検査結果(type II)

	type II (S/N28, IC214)	
	左(36番ピン)	右(13番ピン)
2000 サイクル		
経過後断面写真		
(クラック部拡大)		

図 27.5-49 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type II (S/N28, IC214)		
	左(25番ピン)	右(24番ピン)	
熱衝撃試験			
投入前外観写真			
500 サイクル			
経過後外観写真			
1000 サイクル			
経過後外観写真			
1500 サイクル		i i i i i i i i i i i i i i i i i i i	
経過後外観写真			
2000 サイクル			
経過後外観写真			
2000 サイクル			
経過後断面写真			

図 27.5-50 2000 サイクル前後の検査結果(type II)

	type II (S/N28, IC214)	
	左(25番ピン)	右(24 番ピン)
2000 サイクル		
経過後断面写真		
(クラック部拡大)		

図 27.5-51 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type III (S/N	typeIII (S/N31、IC216)		
	左(48番ピン)	右(1番ピン)		
熱衝擊試験 投入前外観写真				
500 サイクル 経過後外観写真				
1000 サイクル 経過後外観写真				
1500 サイクル 経過後外観写真				
2000 サイクル 経過後外観写真				
2000 サイクル 経過後断面写真				

図 27.5-52 2000 サイクル前後の検査結果(typeIII)

	typeⅢ (S/N31、IC216)		
	左(48番ピン)	右(1番ピン)	
2000 サイクル		A French	
経過後断面写真		A BEER	
(クラック部拡大)			

図 27.5-53 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

	type III (S/N31, IC216)		
	左(36番ピン)	右(13 番ピン)	
熱衝擊試験 投入前外観写真			
500 サイクル 経過後外観写真			
1000 サイクル 経過後外観写真			
1500 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後外観写真			
2000 サイクル 経過後断面写真			

図 27.5-54 2000 サイクル前後の検査結果(typeIII)

	typeIII (S/N31, IC216)		
	左(36番ピン)	右(13番ピン)	
2000 サイクル			
経過後断面写真	A BEACH		
(クラック部拡大)			

図 27.5-55 2000 サイクル経過後の断面検査結果(クラック部拡大)

#### (2) 熱衝撃試験結果のまとめ

- (a) ヒールフィレット高さを「type I の上がりなし(JERG 規格内)、type II の R 部厚みあり、type II の R 部根元近くまで上がり」に分けて熱衝撃試験を実施した結果、JERG-0-043 の 4.4 項で規定された 500 サイクル後の欠点判定基準である「はんだ表面クラックレベル等級 4 及びクラック深さレベル等級 3 以上」に対して、全ての type のプラスチックパッケージが「はんだ表面クラックレベル等級 2 及びクラック深さレベル等級 0」であった。セラミックパッケージも全ての type が「はんだ表面クラックレベル等級 3 及びクラック深さレベル等級 1」で、JERG の判定基準を満足していた。また、type での評価結果に差異は認められなかった。
- (b) 継続して実施した 1000 サイクル、1500 サイクル及び 2000 サイクルにおいても、プラスチックパ ッケージ及びセラミックパッケージ共に全ての type が、500 サイクルと同じように JERG の判定基 準を満足すると共に、type での評価結果に差異は認められなかった。

- 5.2 振動·衝撃試験
  - (1) 外観検査

初期外観(試験前)、及び振動・衝撃試験後外観を図27.5-56に示す。

外観検査の結果、JERG-0-043の4.4.2項(3)で規定された判定基準である「はんだ接続部に部 品端子幅の1/2以上の深さのクラックがないこと」に対して、プラスチックパッケージ品及びセラミッ クパッケージ品共にクラックが発生していなかった。

No	IC	PI	N DIRECT	ION Angle(Z	) Angle(XY)	試験前	振動試験後	衝撃試験後	
1	1 11	1	1 側面	4	5 330				
:	2 11	1 2	22 側面	4	5 330				
:	3 11	11 2	23 側面	4	5 330				
No.	IC	PIN	DIRECTIO	N Angle(Z)	Angle(XY)	試験前	振動試験後	衝撃試験後	]
1	213	1	側面	45	330			Notes of the second sec	
2	213	24	側面	60	330				_
3	213	25	側面	60	330				

図 27.5-56 初期(試験前)、振動、衝撃試験後外観

(2) 導通検査

リード接合部の導通検査結果は、JERG-0-043の4.4.2項(3)で規定された判定基準である「電気特性を測定して異常のないこと」に対して、プラスチックパッケージ品及びセラミックパッケージ 品共に異常(基板とリード間の電気的な導通が取れない部分)がなかった。

(3) 振動・衝撃試験のまとめ

ヒールフィレット高さを「type I の上がりなし(JERG規格内)、type II のR部厚みあり、type II のR 部根元近くまで上がり」に分けて振動・衝撃試験を実施した結果、JERG-0-043で規定された判 定基準を全てのtypeのプラスチックパッケージ品及びセラミックパッケージ品が満足した。また、 typeでの評価結果に差異は認められなかった。

6. まとめ

熱衝撃試験及び振動・衝撃試験の評価結果より、typeⅢのヒールフィレット高さがリード根元近くまで上がり、ストレスリリーフ部(部品本体側折り曲げ部)がはんだで埋もれても、はんだ付接合部の信頼性に影響がなく、部品リード根元部分も問題ない結果が得られたことから、最大ヒールフィレット高さを J-STD-001E class3の基準とすることを提案する。

7. JERG-0-043 への反映案の検討

6項で提案したJ-STD-001E class3の最大ヒールフィレット高さ基準をJERG-0-043の「表5-11 ガルウィン グリード端子部品のはんだ付け外観判定基準」に反映する案を下記に示す。

<JERG-0-043 への反映案>



①:表 5·11のEに関する要求値参照

E 箇所の出典 : J-STD-001

ー 注 意 ー ①については、リフロー時にやむを得ずはんだが上がってしまった場合を想定している。

(表 5-11)

適用	寸法	要求值
最大ヒール フィレット高さ	Е	はんだフィレットはリード肩の曲げ部にかかってもよい。 はんだは部品モールド部やシール部に接触してはならない。42 アロイや同等金属のリードを有する表面実装部品は、ボディー の下にはんだがはみ出してはならない。