3.4 ろう付継手の耐食性

BAG-8a を用いた CPTi ろう付継手の 48 h 塩水浸漬試験後のろう付部の組織を Fig. 17 に示す。ろうと母材の境界の黒い部分は腐食が進行した部分である。72 h 後には腐食がろう層全体に進んだ。

しかし、Type 1510 のろうを用いたろう付継手は 1000 h 後においても全く腐食されなかった。このろうを用いた継手の塩水浸漬試験後の引張試験結果を Fig. 18 に示す。この結果によると塩水浸漬による強度の低下は全く見られなかった。

4. 結 論

試作した Ti-Zr-Cu-Ni アモルファスろうを用いて、CPTi 及び Ti-6 Al-4 V 合金をろう付し、そのろう付性を検討した結果、次の結論が得られた。

1) 従来のチタン系ろう (Ti-Cu-Ni 積層ろう) の融点より約 100°C 低い融点の Ti-Zr-Cu-Ni ろうが作製でき、CPTi 及び Ti-6 Al-4 V 合金の α - β 変態点及び β トランズ温度以下の温度でかつ短時間でろう付ができ、引張試験で母材破断になる継手が得られた。

2) それぞれの母材の α - β 変態点あるいは β トランズ温度以下の温度でろう付した場合、母材部は元の組織を保ち、明瞭なろう層が観察された。一方、それらの温度以上でろう付した場合は母材部の結晶粒が粗大化し、ろう層は消失し細かい針状相が現れた。この場合、Ti-6 Al-4 V 合金継手では延性が大きく低下した。

3) 疲労試験の結果、ろう付継手では全てもろ部破断であったが、900°C、10 min 及び 950°C、5 min のろう付継手の場合、最大応力 590 MPa 以下では繰返し数が 10^7 回を越え、かなり良好なデータも得られた。 β トランズ温度以上の 1000°C でろう付した継手は、かなり

低い値となった。しかし、いずれも母材より疲労寿命は短い。

4) 塩水浸漬試験の結果耐食性は優れており、浸漬時間 1000 h までは継手強度の低下は全く認められなかった。

最後に、チタン母材をご提供いただきました大同特殊鋼(株)チタン事業部長安田卓司氏及び開発部主査河野富夫氏、またチタン積層ろうをご提供いただきました(株)三洋特殊合金専務高島昌樹氏に厚く感謝致します。なお、本研究の一部は昭和 59、60 年度の文部省科学研究費 (試験研究(2)) によるものであることを記し、謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 和田ら, 金属材料技術研究所報告, 9-6 (1966) 78
- 2) X. Heberard et al.; Titanium 80, 4 (1980) 2415
- 3) W. T. Kaariela and W. S. Margolis; Weld. J., 53-10 (1974) 629
- 4) S. D. Elrod; NASA Contractor Rep, No NASA-CR-3418 (1981) 41
- 5) D. M. Royster et al.; National SAMPE Symposium, 27 (1982) 569
- 6) R. R. Well; Weld. J., 54-10 (1975) 348 s
- 7) D. G. Howden and R. W. Monroe; Weld. J., 51-1 (1972) 31
- 8) S. W. Lan; Weld. J., 61-10 (1982) 23
- 9) C. W. Fox et al., Weld. J., 42-12 (1963) 535 s
- 10) 和田; チタニウム・ジルコニウム, 15-5 (1967) 120
- 11) 川村ら; 三菱重工技報, 11-2 (1974) 219
- 12) K. R. Perun; Weld. J., 46-9 (1967) 385 s
- 13) A. H. Freedman; Weld. J., 50-8 (1971) 343 s
- 14) R. R. Well; Weld. J., 55-1 (1976) 20 s
- 15) 日本金属学会編; 金属データブック, 丸善 (1984)
- 16) 漆原; チタニウム・ジルコニウム, 20-4 (1972) 189

セラミックパッケージの表面温度とシーム接合条件*

マイクロパラレルシーム接合法とその接合機器の開発 (第2報)

青野 進**, 佐藤英紀***, 田中和敏***, 高崎浩幸***

Surface Temperature of Ceramic Package and Seam Joining Condition

—Micro-Parallel Seam Joining and Development of Joining Equipment (2nd Report)—

by Susumu Aono**, Hidenori Satoh***, Kazutoshi Tanaka*** and Hiroyuki Takasaki***

It is required, as an indispensable condition, to secure the specified hermeticity as well as to restrain temperature rise at the minimum and prevent deterioration of an element inside the package from thermal effect during hermetic sealing process of a ceramic package for which high reliability is demanded. For this reason, Thermal Video System, which is able to detect IR thermal image in real-time, was used in this experiment to observe progressive change in surface temperature distribution of a ceramic package during Micro Parallel Seam Joining process. Also, the relationships between various seam joining conditions and surface temperatures obtained were studied, and some conditions were established to restrain package temperature rise while maintaining hermeticity of 10^{-8} atm cm^3/s which is defined as the criteria

*原稿受付 昭和61年9月4日 昭和59年度春, 秋季全国大会及び昭和61年2月抵抗溶接研究委員会で発表

**正 員 日本アビオニクス(株) Member,
Nippon Avionics Co., Ltd.

*** 日本アビオニクス(株) Nippon Avionics Co., Ltd.

for acceptance/reject of seam joining quality.

The results obtained are as follows.

- (1) Package surface temperature distributions were first shown so that two high temperature areas (hot spots) appeared in the vicinity of left and right roller electrodes immediately upon start of current flow, and temperature continued to rise toward the center of lid thereafter as isothermal ring expanded from those hot spots which were to be the center. Such status continued for approximately 70% of total joining time and finally the center of lid reached the highest temperature.
- (2) In order to restrain package temperature rise;
 - (a) Roller electrode with a greater taper angle should be used.
 - (b) As for seam joining conditions, electrode force and current should be selected as small as possible and joining speed faster within the range that specified hermeticity can be maintained.
 - (c) Lid with plating tends to cause temperature rise, especially when plating material, of which melting point is lower than that of lid material itself, used.
- (3) Also, voltage between roller electrodes, current, resistance and contact width between the lid and roller electrode were discussed in relation to temperature rise of ceramic package.

Key Words: LSI, Ceramic package, Surface temperature distribution, IR thermal image, Seam joining condition.

1. 緒 言

高信頼性が要求される LSI 用セラミックパッケージ (以下パッケージと略す) の気密封止においては、規定の気密度を確保すると同時にその温度上昇を最小限に抑え、熱影響によるパッケージ内の素子の劣化を防ぐことが必要条件の一つとして要求されている¹⁾。そのためには、まず気密封止過程におけるパッケージの温度上昇の状況を正確に把握する必要がある。この温度測定方法としては種々の方法が考えられるが、気密封止の過程においては、その対象物がつねに回転、移動することを考慮して、非接触の温度測定法であることが望ましい。さらにパッケージの表面全域にわたる温度分布とその経時変化をリアルタイムにとらえ、それを表示、記録する必要がある。そのため、本実験においては非接触の温度測定法の一つである赤外線温度計測法を用いて温度情報を得、これを画像処理してパッケージの表面温度を熱画像として表示、記録する赤外線映像装置、Thermal Video System (以下 TVS と略す) を使用することとした。

この TVS を使用し、前報¹⁾において述べたマイクロパラレルシーム接合法 (Micro Parallel Seam Joining 以下、MPSJ と略す) によりパッケージの気密封止を行ない、まずはじめにシーム接合過程におけるパッケージの表面温度分布とその経時変化を測定するとともに、各種シーム接合条件と表面温度の関係を調査した。次にそれらの結果とシーム接合過程において測定された電極間電圧 (v)、抵抗 (r) 及び電流 (実効値 I) 並びにローラ電極とふたとの接触幅 (シーム接合方向と直角方向の接触長さ、 W) などとの関係について検討し、前報¹⁾において述べたシーム接合品質の判定基準として定めた気密度 10^{-8} atm cm^3/s を維持しつつパッケージの温度上昇を抑制するための条件を求めた。

2. 実験方法及び供試材料

2.1 シーム接合実験装置

本実験に使用したシーム接合装置は、前報¹⁾のものと同じくシーム接合電源、ヘッド及びワークテーブルの制御部より構成されている。シーム接合電源は、ほぼ定電圧特性を示す位相制御式単相交流電源を使用した。

Table 1 Materials, dimensions and plating conditions for lid

Dimensions & plating materials	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Plating		Remarks
			Au (μm)	Ni (μm)	
Kovar	12.87	0.12	2.4 (Ni under-layer)	3.7	Ni plating, thickness of 3.7 μm , followed by Au plating.

2.2 供試材料

実験に使用したふたの材質、形状及びめっき条件を Table 1 に示す。ふたの材質として Fe-Ni-Co 系の合金である Kovar のみを使用したのは、前報¹⁾の実験結果より、オーステナイト系ステンレス鋼 SUS-316 を使用した場合、パッケージのセラミック基板 (Al_2O_3) との熱膨張係数の差によるものと思われるき裂がセラミック基板に発生したためである。本実験においてはこの Kovar のふたのめっきの有無とパッケージの表面温度との関係を調査するため、Kovar 素材、Kovar に Ni めっき、さらにその上に Au めっきしたものの 3 種類を用意した。なおめっき条件は前報¹⁾と同じものを使用した。

TVS による温度計測に当たっては、上記 3 種類の Kovar 製ふた表面の赤外線放射率を一定に保つため、接合部となる周辺部 1 mm を残して全面を黒体塗料を塗布し実験に供した。黒体塗料は 2.3.2 項で述べる TVS の温度校正時に使用したのと同じものである。なおパッケージは前報¹⁾と同じ寸法、形状のものを使用した。

2.3 シーム接合実験方法及び表面温度測定装置

2.3.1 接合条件

本実験に使用したシーム接合条件を Table 2 に示す。

Table 2 Joining conditions for MPSJ

Seam current (A)	Secondary voltage (V)	Electrode force (N)	Joining time (S)	Cool time (S)	Joining speed (mm/S)	Rotating angle (rad)	Taper angle of roller electrode (rad)
180		4.90			1.8		0.09
200 *	3.2	6.86 *	0.02	0.04	3.5 *	3.23	0.17
220		8.83			5.0		0.26 *

* : Primary conditions.

Fig. 3 Surface temperature distributions and its variations as time elapsed (thermal image)

も表面温度分布とその経時変化の形態には、大きな変化は認められなかった。TVS により測定された表面温度分布は、まず通電開始直後に左右のローラ電極近傍（ふたの端から約 2.7 mm 離れた所）に高温部分（ホットスポット）が現われ（Fig. 2, Fig. 3* 参照）、それ以後

* 注 (1) カラー写真をコピーしたため、温度分布を示す熱画像が不鮮明となっているので、右側の等温分布曲線と対比して下さい。(2) 紙面の都合により、熱画像周辺のカラースケール及びメッセージは削除した。(3) 写真右下の数字は、通電開始後の時間を示す。

Fig. 4 Surface temperatures and its variations as time elapsed at hot spots and center on lid (Joining speed; 1.8 mm/s, Taper angle; 0.26 rad.)

はこれら 2 個のホットスポットを中心に等温線の輪を拡げるような温度分布を示しながらふたの中心部に向かって温度が上昇する。この 2 個の等温線の輪がふたの中心部で接触した後、ふた全体の温度は、ほぼ楕円形の温度分布を示しながら全体的に上昇する（Fig. 3 (b)~(d) 参照）。この間の最高温度領域は常に最初のホットスポットの部分に次々と現われ、パッケージ全体の温度上昇を先導する形となっている。この状態は全通電時間の約 70 % にわたって継続し、それ以後始めてふたの中心部が最高温度に到達する（Fig. 3(e) 参照）。そして通電開始後 11.5 s 経過して通電を遮断した後はパッケージの温度は急速に降下する。Fig. 4 は、Fig. 3 において最初に現われたホットスポットの位置における温度及びふたの中心部における温度の経時変化を示す。なおシーム接合中ホットスポットの位置はパッケージの回転（右回り）にともなって移動するが、その範囲は Table 2 に示すシーム接合条件のもとでは、ふたの端から約 2.7 mm 離れた点を中心に ± 0.6 mm であった。

MPSJ の通電初期においてふたの表面に現われるホットスポットは、(1) 電流密度が高く、(2) 熱放散は小さい位置に発生するものと考えられる。(1) の電流密度はローラ電極に近いほど高く、(2) の熱放散は、ローラ電極、パッケージのシールフレーム、セラミック基板及びパッケージの保持治具（アルミ合金製）などを通しての熱伝導による熱放散のため、シールフレームと重なっているふたの円周部ほど大きくなる（Fig. 2 参照）。特にシーム接合が進むにつれてふたとシールフレームが一体化されたふたの円周部分の熱放散は、シーム接合前の円周部分と比較して大きくなる。これは、Fig. 3(d) に示す楕円状の温度分布が、右上りになっていることから明らかである。したがってホットスポットはシールフレームから少し離れたふたの円周に近い領域で、しかもローラ電極近傍の位置 2 箇所に現われることが予想される。実験の結果、上述の通りホットスポットはローラ電極とふたとの接触点から約 2.7 mm 離れた位置 2 箇所を中心に現われることが確認された。

次にパッケージの表面温度分布とその経時変化が、上述のような経過をたどる原因を調べるため、ふたのみに通電した場合、すなわち、パッケージのシールフレームとふたとの間に、厚さ 50 μ m のポリイミドのシートを挿入、固定して両者を電氣的に絶縁した後通電した場合の温度分布とその経時変化を求め、これと通常の MPSJ の場合のそれらとを比較、検討した。その結果を Fig. 5

Fig. 5 Surface temperatures and its variations at time elapsed at hot spots and center on lid (Joining speed; 1.8 mm/s, Taper angle; 0.26 rad.)

に示す。なお、この時の通電条件は、Table 2 に示す標準条件（ただし接合速度のみ 1.8 mm/s）を使用した。

Fig. 5 から明らかなように、ふたのみに通電した場合のホットスポットの温度は、全通電過程を通してふたの中心部より高い温度レベルを示し、かつその最高温度は通常の MPSJ によるものより 2.5 倍以上の高い温度レベルを示している。また同時に測定された通電中のローラ電極間の電圧 (v)、電流（実効値 I ）及び抵抗 (r) の推移を MPSJ のそれらとともに Fig. 6 に示す。

この Fig. 6 から、ふたのみに通電した場合の v , r の値は、MPSJ のそれらよりも大きく、 I は小さな値を示している。またこれらの曲線の時間的推移をみると、ふたのみに通電した場合、MPSJ のものと比較して通電開始直後に急激な変化を示し、 v , r は増加し、 I は減少している。そしてそれ以後は比較的ゆるやかな増加あるいは減少傾向を示している。

またホットスポットの位置は、ふたとローラ電極との接点より 1.8~2.0 mm 離れた位置に発生しており、シーム接合の場合の約 2.7 mm よりローラ電極に接近して現われることを確認している。

以上の結果、パッケージの表面温度分布とその経時変化が、Fig. 4 に示す経過をたどる原因の一つは、シーム接合の開始とともに、ふたとシールフレームの接合部が

Fig. 6 Voltages, currents and resistances measured in case of MPSJ and current supplied only through the lid (Seam current; 200A, Electrode force; 6.86N, Joining speed; 1.8 mm/s, Taper angle; 0.26N)

Fig. 7 Equivalent circuit diagrams

- (a) Current supplied only through the lid
(b) MPSJ

増大するにつれて、この接合部からシールフレーム、セラミック基板、基板保持用治具を通しての熱放散が、パッケージの表面温度分布とその経時変化に大きく影響することを示唆しており (Fig. 3(d) 参照)。この熱放散のために MPSJ の場合における表面温度分布とその経時変化は、ふたのみに通電した場合におけるそれらと大きな差異を生じたものと考えられる。

さらにもう一つの原因は、MPSJ の場合におけるふたとシールフレームにおける電流分布が考えられる。そこで Fig. 7 に示す等価回路により、ふたとシールフレームの電流分布を求めた。なお、この図において、Fig. 7(a) はふたとシールフレームを電気的に絶縁し、電流をふたのみに流した場合の等価回路を示し、また Fig. 7(b) は通常の MPSJ の場合を示す。

まず、Fig. 7(a) より

$$V_1 = (2R_1 + R_2)I_1 \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 V_1 ；ローラ電極間の電圧、 R_1 ；ふたとローラ電極の接触抵抗、 R_2 ；ふたの抵抗、 I_1 ；ふたを流れる電流。

また Fig. 7(b) より

$$V_2 = \left(2R_1 + \frac{1}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{2R_3 + R_4}} \right) I_2 \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 V_2 ；ローラ電極間の電圧、 R_1 ；ふたとローラ電極の接触抵抗、 R_3 ；ふたとシールフレームの接触抵抗、 R_4 ；シールフレームの抵抗、 I_2 ；ローラ電極間を流れる電流。

この(2)式において R_2 と $2R_3 + R_4$ にかかる電圧が等しいことから次式が成立する。すなわち

$$R_2 I_2' = (2R_3 + R_4) I_2''$$

ここで、 I_2' ；ふたを流れる電流、 I_2'' ；シールフレームを流れる電流。

したがって電流分布 I_2'/I_2'' は、

$$\frac{I_2'}{I_2''} = \frac{2R_3 + R_4}{R_2} \quad \dots\dots(3)$$

なおこの(3)式中の R_3 は、(2)式より導かれた次式より求めた。

$$R_3 = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\frac{V_2}{I_2} - \frac{1}{2R_1}} - R_4 \right) \quad \dots\dots(4)$$

ここで R_3 が解をもつための R_1 を計算で求めた値 1.0 及び Table 2 の標準条件 (ただし接合速度は 1.8 mm/s) のもとで得られた V_2 , I_2 の実測値より R_3 を求めた結果 0.32 mΩ となった。この R_3 の値と Kovar の比抵抗値並びにふた及びシールフレームの断面積より計算で求めた R_2 , R_4 の値 8.21 mΩ, 7.55 mΩ を(3)式に代入して電流分布 I_2'/I_2'' を求めた結果, 1.00 となった。なおこの電流分布の値はふた及びシールフレームの平均温度を Fig. 3 を参考に 373 K と仮定して得られた値であるが, 473 K と仮定して求めた電流分布の値は 0.94 となり大差はなかった。すなわち本実験に使用したパッケージにおいては, 電流はふたとシールフレームをほぼ均等に流れるものと考えられる。

これらの結果から, MPSJ によりパッケージを気密封止する場合, パッケージ表面の温度分布とその経時変化は, ふたとシールフレームが同一材料の場合, (3)式に示すとおりこれらの材料の形状によって決まる固有抵抗, 並びにローラ電極間に存在する接触抵抗によって決まる電流分布と, シーム接合が進行するにつれて増大するシーム接合部を通してシールフレーム, セラミック基板及び保持治具からの熱放散に依存するものと考えられる。すなわち, ふた及びシールフレームを主体とするパッケージの設計及びパッケージの保持治具の材質, 形状などが, 温度分布とその経時変化に深く関与することが明らかとなった。

3.2 各種シーム接合条件とパッケージの表面温度

これまでの実験結果より, シーム接合の終了時点におけるふた表面の最高温度は常にふたの中心部に現われることから, 以下の実験結果においては表面温度としてこの値を使用し, これらと各種シーム接合条件との関係について調査した結果を述べる。

3.2.1 ふたのめっきの有無と表面温度

Fig. 8 に Au めっきされたふたと, めっきされていないふたを使用した場合のシーム接合過程におけるふた中心部の温度上昇の状態を示す。この図から Au めっきされたふたの方が, シーム接合過程中常に高い温度レベルにあることがわかる。

この原因を調べるため, ふたのめっきの有無とローラ電極とふたとの接触面積との関係について調査した。すなわち Table 2 の標準的なシーム接合条件のうち, cool time のみを 0.3 s に延長してロールスポットの状態ではシーム接合されたものについて, 次の(5)式より接触面積を求めた。その結果, Au めっきのふたを使用した場合の接触面積は 0.15 mm², めっきされていないふたの場

合は 0.10 mm² であった。この差は明らかに Au めっきの軟化, 溶融によるものである。

$$S = \frac{\pi dn}{2} \cdot \sqrt{W^2 + h^2} \cdot \left[\frac{\cos^{-1} \left(\frac{dn - 2h}{dn} \right)}{180} \right]^* \quad \dots (5)$$

ここで S ; 接触面積, dn ; ふたの周辺部とローラ電極との接触部におけるローラ電極径, W ; ふたとローラ電極との接触幅, h ; ふた周辺部の変形量

なおふたとローラ電極との接触幅 W の測定には, 三次元測定機 (三豊製作所製 Model A 221, 測定精度, 4+8/1000 L (μm), L は W の実測値 mm) を使用した。

以上の結果から, Fig. 8 に示されためっきの有無による表面温度の差の原因は, 本実験に使用したシーム接合電源の電圧-電流特性がほぼ定電圧特性を示すこと, 並びに前報¹⁾の Fig. 8 に示したシーム接合過程におけるローラ電極間電圧 (v), 電流 (I), ローラ電極間抵抗 (r) の挙動, すなわち Au めっきのふたを使用した場合, めっきのないふたと比較して, その v , r は小さく I は大きいことなどから, ローラ電極とふたとの接触面積の相違に基づく接触抵抗の差異により, ローラ電極間を流れる電流値が変化するためと考えられる。なお Table 1 に示すふたのうち, Ni めっきされたふたを使用した場合の中心部の温度は, Au めっきされたふたを使用した場合とめっきされていないふたを使用した場合の中間の温度を示した。

3.2.2 加圧力の変化と表面温度

本項の実験において使用したシーム接合条件は, 加圧力以外は Table 2 の標準条件であり, 加圧力のみを標準の 6.86 N を中心に ±30% 変化させ, それぞれ 4.90 N と 8.83 N の加圧条件のもとにおけるシーム接合過程の中心部の温度の経時変化を測定した。その結果を Fig. 9 に示す。この図から加圧力の高い接合条件でシーム接合されたパッケージの表面温度は, 加圧力の低いものよりも高くなることがわかる。この原因は, 加圧力の増加に伴うふたとローラ電極との接触抵抗の減少により, 前項 3.2.1 の場合と同様, 電流値が増加するためと考えられる。

3.2.3 その他のシーム接合条件と表面温度

Table 3 にローラ電極のテーパ角度及びシーム接合速

Fig. 8 Relationship between surface temperatures and existence or non-existence of plating (Seam current; 200A, Joining speed; 1.8 mm/s, Taper angle; 0.26N)

Fig. 9 Relationship between surface temperatures and electrode forces (Seam current; 200A, Joining speed; 1.8 mm/s, Taper angle; 0.26N)

* (5)式に関する説明図は, 紙面の都合で削除しましたので前報¹⁾の Fig. 12 を参照して下さい。

Table 3 Relationship between surface temperatures and taper angles, joining speeds, existence or non-existence of plating

Speed (mm/s) Taper angle (rad)	Plating			Au			Non		
	1.8	3.5	5.0	1.8	3.5	5.0	1.8	3.5	5.0
0.09	565	521	491	551	505	475			
0.17	545	505	475	535	491	461			
0.26	535	491	461	505	475	445			

度などのシーム接合条件とシーム接合終了時におけるふたの中心部の表面温度との関係を示す。この表よりシーム接合速度が一定の場合、テーパ角度が大きいほどふたの表面温度は低く、またテーパ角度が一定の場合は、シーム接合速度が速いほどふたの表面温度は低くなることがわかる。これらの傾向はめっきの有無には関係ないが、Au めっきされたふたを使用した場合の方がその表面温度は全般的に高い値を示しており、これは先の 3.2.1 項の実験結果とよく一致している (Fig. 8 参照)。

Fig. 10 は Table 3 において Au めっきされたふたを使用した場合、その表面温度差の最も大きいシーム接合条件、すなわちテーパ角度とシーム接合速度が、それぞれ 0.09 rad と 1.8 mm/s、及び 0.26 rad と 5.0 mm/s の組み合わせにおけるローラ電極間電圧 (v)、抵抗 (r) 及び電流 (I) を示す。Fig. 10 からテーパ角度が小さく、シーム接合速度の遅い組み合わせのものほど v , r の値は小さく、 I は大きな値を示している。すなわちふたとローラ電極間の接触部における電圧降下の小さいものほどふたの表面温度は高いことを示している。

以上 Table 3 および Fig. 10 の結果より、ふたの表面温度はふたとローラ電極との接触状態と関係があることが推測されるので、Fig. 10 に示すシーム接合条件で接合されたパッケージについてふたとローラ電極との接触幅 W を測定した。なお W の測定法は、ふた表面の直交する 2 本の直径とふたの円周との交わる 4 点を選び、

Table 4 Relationship between contact widths and seam joining conditions shown in Fig. 10

Speed (mm/s) Taper angle (rad)	Plating		Au		Non	
	1.8	5.0	1.8	5.0	1.8	5.0
0.09	0.32	0.30	0.31	0.27		
0.26	0.27	0.26	0.23	0.18		

Table 5 Relationship between contact widths and currents, existence or non-existence of plating, surface temperatures

Seam current (A)	Temp. contact width		Surface temperature (K)		Contact width (mm)	
	Plating		Au		Non	
180	431	415	0.23	0.20		
200	476	446	0.27	0.23		
220	506	476	0.28	0.25		

(1) : Joining speed; 3.5 mm/s

(2) : Taper angle; 0.26 rad

この位置における W を三次元測定機 [(5)式により接触面積 S を求めるため必要とされた W の測定に使用したのと同じ測定機] により測定し、この 4 点の平均値をそのシーム接合条件における W とした。その結果、ふたの表面温度の高いシーム接合条件 (0.09 rad, 1.8 mm/s) で得られた W は、表面温度の低い場合に比較してつねに大きく、たとえば Au めっきされたふたを使用した場合、0.09 rad, 1.8 mm/s のシーム接合条件では 0.32 mm, 0.26 rad, 5.0 mm/s では 0.26 mm, まためっきのないふたを使用した場合はそれぞれのシーム接合条件に対して、0.31 mm と 0.18 mm であった (Table 4 参照)。

次にシーム接合電流を標準の 200 A を中心に $\pm 10\%$ 増減した場合におけるパッケージの表面温度及びふたとローラ電極との接触幅 W を測定した。その結果を Table 5 に示す。この表から電流値が低い場合表面温度は低く、かつ W も小さくなることがわかる。なおこの傾向はめっきの有無には関係ないが、Au めっきされたふたを使用するとめっきのないふたの場合よりも表面温度は全般的に高く W は大きくなっている。

4. 結 論

MPSJ により LSI 用セラミックパッケージを気密封止する場合、そのパッケージの表面温度分布とその経時変化を赤外線映像装置により測定するとともに、それらの結果とシーム接合条件との関係について検討し、規定の気密度を維持しつつパッケージの温度上昇を抑制するための条件を求めた。その結果は次の通りである。

(1) パッケージの表面温度分布は、まず通電開始直後に左右のローラ電極近傍に高温部分が現われ、それ以後この高温部分を中心に、等温線の輪を拡げながらふたの中心部に向って温度が上昇する。

Fig. 10 Voltages, currents and resistances measured in different seam joining conditions (Seam current; 200A, Electrode force; 6.86N)

この状態は全通電時間の約70%にわたって継続し、それ以後始めてふたの中心部が最高温度に到達する。

(2) このような現象は、主にふたとシールフレームを流れる電流分布及び、シーム接合が進行するにつれて増大するシーム接合部を通しての熱放散に起因するものと考えられる。すなわち、ふた及びシールフレームを中心とするパッケージの設計及びパッケージのシーム接合用保持治具が温度分布とその経時変化に深く関与することを示唆している。

(3) パッケージの温度上昇を抑制するためには

- (a) ローラ電極のテーパ角度はより大きいものを使用する。
- (b) シーム接合条件としては、規定の気密度を維持できる範囲内において加圧力、電流はより小さく、接合速度は速い値を選択する。
- (c) ふたのめっき、特にふたの素材よりも低い融点をもつ材料によるめっきは避ける。

(4) パッケージの温度上昇は、ローラ電極間電圧 (v) 電流 (I)、抵抗 (r) 及びふたとローラ電極との接触幅 (W) などと関係し、ほぼ定電圧特性をもつ位相制御式単相交流シーム接合電源を使用した場合、 v , r は大きく I , W が小さいほど温度上昇は少ない。

謝 辞

最後に、本研究に対して有益なご意見、ご討論を賜わった大阪大学工学部、仲田周次教授に深く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 青野ほか3名；マイクロパラレルシーム接合法および接合機器の開発（第1報）—接合界面におけるめっき層の存在と接合性への影響—溶接学会論文集 4-2 (1986) 464-470
- 2) 中西ほか3名；サーマルビデオシステム—システム拡張性を有するリアルタイムカラーサーモグラフィ装置—日本アビオニクス技報, 1982, No.3. p.42