接合界面におけるめっき層の存在と接合性への影響*

—マイクロパラレルシーム接合法及び接合機器の開発（第1報）—

青野 進**, 佐藤英紀***, 田中和敏***, 石原令二***

Existence of Plating Layer at the Joining Surface and its Effect on Joining Characteristics*

Micro-Parallel Seam Joining and Development of Joining Equipment (1st Report)

by Susumu Aono**, Hidenori Satoh***, Kazutoshi Tanaka*** and Reiji Ishihara***

Among several hermetically sealing methods, we studied experimentally on Micro-Parallel Seam Joining (MPSJ) used for hermetic seal of high reliable ceramic package for semiconductor devices, particularly paying attention to the relationship between plated materials on the package and lid and its seam joining characteristics to verify the MPSJ phenomena.

Results obtained are summarized as follows.

- (1) Cracks were observed on the ceramic substrate immediately after seam joining, that was considered to be caused by the difference in thermal expansion coefficient in the case where austenitic stainless steel, SUS-316 lid was used. Therefore, it will be required to use Fe-Ni-Co Alloy, KOVAR as a lid material which has a similar thermal expansion coefficient with the ceramic substrate (Al_2O_3).
- (2) Seam joined area was consisted of both a mutually diffused layer at the joining boundary formed by plating material for the lid and seal frame and the fillet formed around the circumferential edge of the lid. No molten layer of both base materials existed.
- (3) The main reason for the paragraph (2) is the fact that density of heat generation at the joining boundary will decrease because of current path area expands due to softening and fusion of plating material concurrent with the current flow. Therefore, both the contact resistance between the lid and roller electrodes and inherent resistance of the lid will be the majority for heat generation source. Consequently, lid and seal frame will be joined in the form of brazing under pressure of plating material.
- (4) From the above results, it has been verified that plating material for the lid and seal frame plays an important role to secure specified hermeticity in the case of hermetic sealing of ceramic packages by MPSJ.

Key Words: Semiconductor Device, Ceramic Package, Hermetic Seal, Micro-Parallel Seam Joining, Joining Phenomena, Plating Material, Kovar

1. 緒 言

トランジスタ、IC など半導体素子の製造工程は、ウエハの処理工程と組立工程に大別されるが¹⁾、後者の組立工程における最終的な作業として封止作業がある。この封止作業の目的は、素子を振動、衝撃などの機械的な力による損傷及び湿度、温度などの周囲環境の変化から保護すると同時に電気的な絶縁並びに熱放散を図り、その特性の劣化を防ぎ、長期間にわたって安定した状態で素子を作動させるためである。

この封止法には大別すると樹脂封止法と気密封止法がある。

樹脂封止法特にトランスファ成形法を用いた封止法は、大量生産に適しかつ通常的环境条件のもとではその信頼性も高いため、最も一般的な封止法として広く使用され IC 総生産の70%以上は樹脂封止製品で占められて

いる。しかし樹脂封止された IC は、過酷な環境条件例えば MIL-STD-883 に規定される高温、多湿条件下における熱サイクル、あるいはプリント配線板に対するディップソルダリングによる実装工程など特殊な悪条件の下では、樹脂固有の耐湿性、熱伝導率などの諸特性並びに樹脂と密着する金属、シリコンなどの異種材料との熱膨張係数の相違に基づく熱応力などに起因する幾つかの封止上の問題が指摘されている²⁻⁶⁾。

このような樹脂封止法に付随する諸問題を解決するものとして気密封止法がある。

気密封止法は、特定の金属、セラミックスなどの容器（パッケージ）の中に素子を収納、固定し、これと外部端子との配線を行った後、乾燥した不活性ガス（主として N_2 ガス）中で金属、セラミックスなどのふたをし素子を完全に密封するものである。したがって水分の侵入の余地はなく耐湿性の問題は解決される。また封止された素子の表面は、樹脂封止法の場合と異なり、封止材料と直接接しないため熱応力の発生に起因する問題もなくなる。更に素子は完全密封された不活性ガスの雰囲気中で作動するため、周囲環境の変化に対しても長期間にわたって高信頼性を維持することができる。

この気密封止法にはパッケージの構造、ふたの材質な

*原稿受付 昭和60年7月31日 昭和59年度春季全国大会で発表

昭和59年10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 Company Ltd.

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

どにより、(1)低融点ガラスによる封止、(2)ろう接法、(3)抵抗溶接法、(4)レーザ溶接法などによる封止法が利用されている。これらの封止法の中から、現在信頼性の点で最も高い評価をうけている IC 用セラミックパッケージの気密封止に適するものとしては、ろう接法、レーザ溶接法、抵抗溶接法などが挙げられる。しかしいずれの方法を用いて気密封止を行う場合も次の事項を満足する必要がある。(1)気密性が良好であること。高信頼性を要求される防衛機器用、産業用パッケージの場合には、 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ atmcc/s の高い気密性が保たれ長期間にわたり封止された素子の特性、機能を保証できること。(2)気密封止作業中に内部素子の特性に影響を及ぼすようなガス、蒸気の発生がなく、過度の温度上昇や残留応力のないこと。また、はんだ、ろう材など回路をショートさせるような微粒子がパッケージ内に残らないこと。(3)次工程の組立作業や使用中に破損しない強固な封止ができること。(4)再封止ができること。すなわち一度封止されたパッケージのふたを取りはずし、内部の素子の交換あるいは回路を修理後再び封止が可能であること⁷⁾。(5)自動化による生産効率の向上が期待できることなどである。

これらの要求事項を考慮しながら、上記(1)~(4)の各種接合法についてセラミックパッケージの気密封止に対する適用の可否を検討した結果、信頼性、経済性などの観点から抵抗溶接法を応用し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) を選定することとした。

この MPSJ によるセラミックパッケージの気密封止については、これまで二、三の報告はみられたものの⁸⁻¹⁰⁾ 接合現象などの研究は見当たらないのが現状である。そこで本報はその第1報として MPSJ の接合現象を明らかにするため、特にセラミックパッケージ並びにふたのめっきと接合性の関係に着目し実験的検討を行った結果について述べる。

2. 実験方法及び供試材料

2.1 MPSJ の原理及び実験装置

MPSJ の原理は、Fig. 1 に示すとおりセラミック基板にろう接されたシールフレームと、0.1~0.3 mm 厚さの金属製ふたとを一对のテーパ付ローラ電極（以下ローラ電極と略す）を用いて一定の加圧条件のもとで電流を流し、そのジュール熱によりシールフレームとふたをシーム接合し、セラミックパッケージを気密封止するものである。実験装置は、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。シーム接合電源は単相交流電源を使用し、パルスーション通電に

Fig. 1 Principle of MPSJ

よるシーム接合を可能にするため、通電時間、冷却時間ともそれぞれ別個に 0.02~0.3 S の間、0.02 S 間隔で制御できる。ヘッドの加圧方式は重錘による静荷重方式であり、その加圧力調整範囲は 2.45~10.29 N である。またローラ電極間隔は 0~20 mm の間で連続可変となっている。更に、ワークテーブルの回転速度は制御部により 1~15 rpm の間で連続的に調整できる。なおローラ電極は、耐熱性、耐摩耗性などを考慮して Cu-Be-Zr 系の合金を使用し、これを文献調査の結果に基づき⁸⁻¹¹⁾、主としてエッジ効果による効率的な接合結果を期待して Fig. 2 に示す形状に加工し接合実験に供した。

2.2 実験方法

2.2.1 接合条件

基本的な接合条件を Table 1 に示す。なおこの接合条件は、次項の Fig. 3 に示すパッケージ及び Table 2 の Au めっきされたふたを使用してシーム接合されたパッ

Fig. 2 Dimensions of roller electrode

Table 1 Seam joining conditions

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 electrode (rad)
200	3.2	6.86	0.02	0.04	3.5	3.23	0.26

Fig. 3 Dimensions of ceramic package (circular type)

Table 2 Materials and dimensions of lids

Dimensions & plating materials	Diameter (mm)	Thickness (mm)	Plating Au (μm)	Ni (μm)	Remarks
Kovar	12.87	0.12	2.4 (Ni under-layer)	3.7	Ni plating; thickness of 3.7μm, followed by Au plating.
SUS-316	12.87	0.13	-	-	

ケージに対して, MIL-STD-883C, Method 1010, 5, Test Condition, C に定める 208~423 K, 10サイクルの温度サイクル試験を実施した後, その接合部の良否判定基準として定めた気密度が 10^{-8} atmcc/s 以下を示すことを目標に決定した. この接合条件をもとに実験目的により加圧力, 冷却時間, 接合速度など一部の条件を変化させてシーム接合を行い, その時の接合部の組織, 微小硬度分布, 気密度, 及び電極間電圧, 電流, 電極間抵抗などを測定した. なお気密度の測定法としては, MIL-STD-883C, Method 1014, 6 により規定される各種試験方法があるが, 本実験ではパッケージの大きさ, 測定装置取り扱い上の安全性などを考慮してトレーサーガス (He) ファインリーク法を使用し, その測定値が 10^{-8} atmcc/s 以下を示すものをシーム接合が完全に行われたものと判定した.

2.3 供試材料

高信頼度を要求されるセラミックパッケージを構成するリードフレーム, シールフレームなどの表面処理については, MIL-M-3851 E によって, はんだ, Sn, Au, Ni などのめっきを行うことが規定されている. 本実験に使用したセラミックパッケージのリードフレーム, シールフレームなどについても上記 MIL 規格に準拠して, Ni めっきを下地とし, その上に Au めっき (厚さは $1\mu\text{m}$ 以上) を施したものを, シンターなどの後処理は行わずそのまま使用した. なおセラミック基板はアルミナセラミックス (Al_2O_3 92%) であり, このセラミック基板上にろう接されているシールフレームは, プレス成形加工されたコパール* が使用されている. またこれと組み合わせられるふたについても, MIL 規格に準拠した Au めっきコパールを使用するとともに, 接合性を比較検討する目的で Ni めっきコパール並びにオーステナイト系ステンレス鋼 SUS-316, コパールそれぞれの素材をも用意して実験に供した. なお SUS-316 は特に耐食性の観点から選定した.

Fig. 3 にセラミックパッケージの形状を, また Table 2 にふたの材質, 形状及びめっき条件を示す.

3. 実験結果及び考察

3.1 SUS-316 のふたを使用した場合

Fig. 4 に示すようにシーム接合直後にシールフレームとセラミック基板とのろう付部を中心にき裂を生じた. この原因はセラミック基板 (Al_2O_3 92%) と SUS-316 の熱膨張係数の差によるものと考えられる.

すなわち, シーム接合時のふたの最高温度は実測によると 558 K に達するが, セラミック基板は 473 K 以下である. (詳細は第2報において述べる). このそれぞれの温度における SUS-316 とセラミック基板の熱膨張係数は $16.2 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ と $7.1 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$ であり^{12, 13)} SUS-316の方がセラミック基板に比べて約2.3倍となっている. 更にシーム接合過程における急熱, 急冷による影響も重

Fig. 4 Cracks appeared on the ceramic substrate

Fig. 5 Cross sectional microstructure of seam joint (Au plated lid)

なり, これらの材料間の熱膨張係数の差によって発生する熱応力によりセラミック基板に大きなき裂が生じたものと考えられる. したがって以下の実験はすべてコパール製のふたについて行った.

3.2 コパール製のふたを使用した場合

Fig. 5, Fig. 6 に Au めっきされたコパール製のふたとシールフレームの接合部の金属顕微鏡組織及び EPMA による元素分析の結果を示す. これらの図から明らかとなり, シーム接合部はシールフレームとふたの界面におけるめっき材料による Au-Ni よりなる相互拡散層と, ふたの外周部におけるめっきの溶融によるフィレットより形成されており, ふた及びシールフレーム両母材同志の溶融接合部は認められなかった. このような接合部を示すパッケージについて気密度を測定した結果, 常に 10^{-8} atmcc/s 以下の良好な値を示し, 規定の気密封止状態にあることを示している.

一方, Ni めっきされたコパール製のふたを使用してシーム接合したものの気密度は, Au めっきのふたと同様 10^{-8} atmcc/s 以下であったが, めっきのないコパール素材のふたを使用した場合は 10^{-6} atmcc/s と悪くなっている. これは Ni めっきされたふたを使用した場合, シールフレームの Au めっきとの間で Au-Ni の相互拡散層あるいはフィレットの形成が行われ, これによって規定の気密度を維持することができたが, コパール素材のふたを使用した場合には Fig. 7 に示すとおり

* Fe-Ni-Co 合金. コパールは商品名であるが, 広く通称的に使われているため以後コパールと称す.

これらはほとんど認められず、これが気密度を悪くした原因と考えられる。すなわち、ふたとシールフレームのめっき材料として使用された Au-Ni は、その平衡状態図から明らかなとおり、1223 K に極小をもつ全率固溶体を形成するため、母材(コバルト)より低い温度においてもシーム接合することができ、これによって満足すべき気密封止状態を得ることができた。

Fig. 6 Electron probe microanalysis of seam joint (Au plated lid)

Fig. 7 Cross sectional microstructure of seam joint (lid without plating)

Fig. 8 Voltage, current and resistance measured in seam joining process.

3.3 シーム接合現象

まずふたのめっき材料と接合特性との関係を調べるため、ふたのめっきの有無及びめっきのある場合はそのめっき材料とシーム接合過程における電極間電圧 (v)、電流 (I)、電極間抵抗 (r) などとの関係を調査した。その結果の一例を Fig. 8 に示す。この図から Au めっきされたふたの方がめっきのないものに比べて v 、 r の値は小さく I は大きくなっていることが分かる。例えば実効電流値については Au めっきのふたでは 208 A、めっきなしでは 183 A であり、約12%減少している。また Au めっきの方が Ni めっきより v 、 r は小さく I は大きくなっている。このような現象は使用した接合装置の電圧—電流特性がほぼ定電圧特性を示すため、主な原因はめっきの有無およびその種類によるふたとローラ電極との接触状態の相違によるものと考えられる。

これまでの Fig. 5, 7, 8 から, MPSJ における接合に関する熱源としては、ローラ電極とふたとの接触抵抗による発熱がかなり大きな比率を占めているものと推測され、この現象は特にめっきのないふたを使用した場合顕著であった。すなわち、Fig. 7 に示すとおりめっきのないふたを使用した場合、ローラ電極とふたとの接触抵抗は、めっきされたふたのそれと比較して大きいため、この接触部を中心として同心円状にふたの内部に向かって高温領域が広がり、ふたとシールフレームの境界層すなわちシーム接合部に近づくにつれて温度は次第に低下していることを示唆している。なおこのような現象は、

SUS-316 のふたを使用した場合も同様であった。一方めっきされたふたを使用してシーム接合した場合、めっきの軟化、溶融に伴うローラ電極とふたとの接触面積の増大によりその接触抵抗は減少するため、接触部での発熱は減少し、それに伴ってふたの損傷もほとんどなくなるが、その反面一部の金属顕微鏡写真には、ふたの厚み方向の中央部における溶融がみられる (Fig. 9 参照)。しかしふたとシールフレームの接合部近傍が高温領域を示し、抵抗シーム溶接部にみられるナゲットの形成につながるふた、シールフレーム両母材の溶融の形跡は認められなかった。

Fig. 9 Cross sectional microstructure of seam joint (Ni plated lid)

(a) Secondary electron image

(b) Aukα X ray image

(c) NiKα X ray image

次にシーム接合部における Au, Ni 両めっきの拡散状態を観察するため EPMA による調査を行った。その結果を Fig. 10 に示す。この Fig. 10 から Au, Ni の拡散状態をみると、特徴的なことはふたの外周部から中央部に向かって突出した Au の拡散が認められることである。一方シールフレームについてみると、シーム接合前のめっき層を突破する Au, Ni いずれの拡散も認められなかった。

またふたとシールフレームの微小硬度分布を測定した結果、ふたについてはふたとローラ電極との接触部を中心に熱影響に基づく軟化が認められたが、シールフレームにおいては、接合部近傍においてもその硬度変化は認められなかった。特にめっきのないふたを使用した場合、例えば Fig. 7 にみられるように、ふたの熱影響による組織変化の著しいものについては、もとの硬度(Hv) 208~216に対してシーム接合後は146~155と低下しているが、このような場合においてもシールフレームの硬度変化は認められなかった。

以上の結果から、本実験に使用したセラミックパッケージの MPSJ においては、ローラ電極とふたとの接触点における接触抵抗が発熱源となり、熱伝導によりこの点を中心としてふたの内部に向かって同心円状に広がる温度上昇と、もう一つの熱源であるふた自体の固有抵抗に基づくジュール熱による温度上昇の相乗効果により、ふたとローラ電極との接触点を中心とする円弧で囲まれた部分が最も高い温度領域を示していることが推測される。しかしシールフレームに近づくにつれ、ふたとローラ電極の接触抵抗による温度上昇の効果は薄れるためふたの温度は漸次低下する。一方、ふたとシールフレームとの境界面においては、シーム接合開始と同時にめっきの軟化、溶融により通電路面積が拡大し発熱密度が低下すること、更にシールフレームがろう接されているアルミナ基板及びその保持治具（アルミ製）を通しての熱放散の影響なども無視できず、したがって接合界面においては、ふたとシールフレーム両母材を溶融接合するまでの温度には到達し得なかったものと考えられる。

3.4 シーム接合現象についての検討

シーム接合現象をさらに検討するため、Table 1 に示す接合条件のうち冷却時間 (CT) を 0.04, 0.06, 0.08,

Fig. 10 Electron probe microanalysis of seam joint (Ni plated lid)

Fig. 11 Longitudinal microstructure of seam joint (Au plated lid)

0.1, 0.3 S と変化させた時の断面写真を撮影してシーム接合部を調査した。

この実験に使用したセラミックパッケージは、1 辺が 13.0 mm の正方形のコパール製シールフレームをセラミック基板上にろう接したものである。その理由はシーム接合方向に平行な切断面の金属顕微鏡写真を撮影し、CT の変化とシーム接合状態との関係を調査するためである。一方ふたの材質はコパールで、その形状は厚さ 0.11 mm、一辺が 12.64 mm の正方形である。これに MIL-M-38510 E に準拠した厚さ 4 μm の Ni めっきを施したものと、その上に更に 2.4 μm の Au めっきを施したものの二種類のふたを用意して実験に供した。なおローラ電極は直径 12 mm、厚さ 2 mm の Cu-Be-Zr 系合金製のものを、Fig. 2 と同じ 0.26 rad のテーパ角度に加工して使用した。その結果、シーム接合された断面（シーム接合方向と平行）の組織は、CT が 0.04 S の場合、Fig. 11 (a) に示すようにブローホールのほとんどない Au-Ni よりなる相互拡散層となっている。しかし CT が長くなり 0.1 S となると、ブローホールの形が大きくかつその数も多くみられるようになり、シーム接合が不完全であることを示している。そして CT が 0.3 S となると、Fig. 11 (b) に示すように不連続な接合状態となって完全に接合されていない部分が現われ、また接合されている部分もふたとシールフレームの間隔が広く、かつ非常に大きなブローホールがみられる。この原因は CT が長いと入熱が少なく、したがってローラ電極直下の一部を除いてはふたの塑性変形並びに接合界面におけるめっき層の軟化、溶融が不十分となり、接合部に対する加圧が完全に行われなかったためと考えられる。この点については Fig. 11 (a), (b) と同一試料をシーム接合方向と直角に切断した断面の金属顕微鏡写真及び EP-MA により確認している。

この Fig. 11 から明らかとなっており、ふたとシールフレームの接合部においては、まず、通電開始とともにローラ電極直下におけるふたとシールフレームのめっき層が互いに軟化、溶融すると同時にローラ電極により加圧、接合される。そしてローラ電極の回転移動につれて

Fig. 12 Sectional view of contact zone between roller electrode and lid

シーム接合範囲を拡大する。しかし CT が 0.3 S の場合は不連続なシーム接合部となり、その接合部もかなり限定されたものになることが予想され、Fig. 11 (b) の場合その長さは 0.65 mm であった。この接合部の長さに対応するローラ電極とふたとの接触長さとの関係を明らかにするため、Fig. 12 及び次式よりローラ電極とふたの接触長さすなわち Fig. 12 の弧 DB を求める。

$$DB = \pi \cdot d_n \left[\frac{\cos^{-1} \left(\frac{d_n - 2h}{d_n} \right)}{180^\circ} \right] \quad \dots\dots(1)$$

ここで d_n はふたの外周部と接するローラ電極の直径、 h はふたの外周部における変形量、いま d_n を、ローラ電極のテーパ部中央の直径と仮定すれば、

$d_n = d - (2 \tan 15^\circ) = 11.46$ (mm) である [d ; ローラ電極の長径 (12 mm)]、

また Fig. 12 の h は Fig. 5 より測定した値 0.015 mm とし、これら d_n , h の値を (1) 式に代入して弧 DB を計算すると 0.83 mm となる。ただしローラ電極は通電時間 0.02 S 中にも移動しており、その距離は本実験における接合速度が 3.5 mm/s であるため 0.07 mm となり、これが弧 DB の長さ 0.83 mm に加算される。したがって通電時間 0.02 S 中におけるローラ電極とふたとの接触長さは 0.9 mm となる。

以上の結果から、通電時間 0.02 S 冷却時間 0.3 S の場合、ローラ電極とふたとの接触長さ 0.9 mm に対してシーム接合部は 0.65 mm であったが、その接合部は大きなブローホールを含む不完全なものであった。その理由は入熱が少なかったため接合部周辺のふたの変形及びめっき層の軟化、溶融が不十分となり、接合部に対する加圧が完全に行われず、したがって不完全な接合部となったものと考えられる。しかし CT が 0.06 S, 0.04 S と短くなるにしたがって通電間隔は短くなり、例えば接合速度を 3.5 mm/s とした場合、CT 0.3 S の場合の通電間隔 1.12 mm に対して、0.06 S では 0.28 mm, 0.04 S では 0.21 mm と短くなるため、ローラ電極は常に通電により十分に塑性変形したふたを介して、接合界面において軟化、溶融しためっきを次々と効果的に加圧、接合する。したがってこのような接合過程を経て得られたシーム接合部はブローホールの少ない強固かつ良好な接合組織を形成するものと考えられる。

このようにして MPSJ によるセラミックパッケージの気密封止が行われるとすれば、シールフレームとふたのめっきがその接合性に及ぼす影響は非常に大きく、したがって適切なめっきの材質、めっき方法などの選択が MPSJ による気密封止の成否の鍵となることが推測できる。これについては Stockham らはハイブリッド IC 用の大型金属パッケージに関する一連のシーム接合実験の中で、電解めっきと無電解めっきの相違による接合性を

比較し次のように報告している¹⁴⁾。すなわち Au, Ni の電解めっきについては共に問題はないが、無電解 Ni めっきを使用すると、めっき中に含まれる P がシーム接合過程中に脆い Ni-P の化合物を形成する、そのためふたとシールフレームの接合界面の一部にはき裂の発生が認められ、かつ接合強さも電解めっきのものと比較して劣るため、無電解 Ni めっきされたふたの使用については注意するよう結論づけている。一方本実験に使用した Au, Ni めっきはいずれも電解めっきであり、かつそのシーム接合部においては Au-Au の同種金属同志若しくは全率固溶体を形成する Au-Ni の合金組織からなる接合組織を示すため、上述のような悪影響はなく、むしろめっきはその接合性に非常に有効に作用したものと考えられる。

4. 結 言

MPSJ によりセラミックパッケージを気密封止する場合、その接合現象を明らかにするため、特にパッケージ並びにふたのめっきと接合特性の關係に着目して実験的検討を行った。その結果を要約すると次のとおりである。

(1) SUS-316 をセラミックパッケージの気密封止用のふたとして使用した場合、シーム接合直後に SUS-316 とセラミックス (Al_2O_3) との熱膨張係数の相違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。そのためふたの材質としてはセラミック基板と同程度の熱膨張係数を有するコパールを使用する必要がある。

(2) MPSJ によりセラミックパッケージを気密封止した場合、そのシーム接合部はふた及びシールフレームのめっき材料により生じた接合界面における相互拡散層と、ふたの外周部に形成されたフィレットの両者により構成されており、母材同志の熔融接合部は認められなかった。

(3) その主な原因は、接合界面においては通電開始と同時にめっき層の軟化、熔融により通電路面積は拡大し、発熱密度が低下する。そのため MPSJ における熱源としては、ふたとローラ電極との接触抵抗とふたの固有抵抗の相乗効果による発熱が大きな比率を占め、ふたとシールフレームの接合部に近づくにつれて、ふたと

ローラ電極との接触抵抗による発熱の影響が薄れ温度が低下するものと考えられる。したがってふたとシールフレームはめっき材料による加圧ろう接の状態では接合される。

(4) 以上の結果ふた及びシールフレームのめっきは、MPSJ によるセラミックパッケージの気密封止において、規定の気密度を確保するため重要な役割を果たしていることが判明した。

謝 辞

最後に、本研究に対して有益なご意見、ご討論を賜った大阪大学工学部、仲田周次教授に深く感謝致します。また顕微鏡写真の撮影及び EPMA による元素分析にあたり、ご協力いただいた神奈川工業試験所川崎支所、富士谷昌、平井清人両氏に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 例えば：半導体集積回路技術，電子通信学会発行（1968）
- 2) 香條；IC モード用樹脂，電子材料，21-8，（1982）58-62
- 3) 戒能；半導体素子における封止樹脂の問題—不純物および水分の影響を中心に—応用物理，49-2（1980）175-181
- 4) 寛ほか；半導体封止樹脂の信頼性，信学技報，82-279，CPM 82-88，23-28.
- 5) 坂川ほか；プラスチックモールド LSI の温度サイクル耐量の評価，同上，CPM 82-89，29-34.
- 6) 久保，向井；半導体封止用成形材料，電子技術，25-8（1983）148-151
- 7) G.A. DiGennaro, W.F. Luce; Delidding and Resealing of Large Resistance Seam Weld Hybrid Package Assemblies, ISHM (179), 207-213.
- 8) S. Schraeder; The Case for Seam Welding, Electronic Packaging and Production, 9-6 (1969), 55-60
- 9) D. Erickson; Hybrid Package Sealing. —Problem Prevention Clinic.— ibid. 22-11 (1982), 133-139
- 10) A.D. Weiss; The Art of Package Sealing, Semiconductor International, 5-11 (1982), 99-108
- 11) 浜崎；重ね抵抗溶接，産報出版，（1971）273
- 12) ステンレス鋼便覧；長谷川正義監修，日刊工業新聞社（1979）
- 13) 高塩；セラミックス接合，接着技術集成，（株）アイビーシー（1985）
- 14) N.R. Stockham, C.J. Dawes; Resistance Seam and Laser Welding of Large Hybrid Metal Packages, ISHM (1983), 509-519

安定化ジルコニアのレーザ溶接*

—セラミックスのレーザ溶接（第3報）—

丸尾 大**，宮本 勇**，荒田 吉明***

Laser Welding of Sintered Zirconia*

—CO₂ Laser Welding of Ceramics (Report 3)—

by Hiroshi Maruo, Isamu Miyamoto and Yoshiaki Arata ** *** **

A CO₂ laser has been applied to fusion-welding and surface-melting of sintered zirconia ceramics fully stabilized with CaO, MgO or Y₂O₃, and chemical compositions and preheating temperature required

*原稿受付 昭和60年4月2日 昭和59年秋季全国大会で発表

**正 員 大阪大学 Member, Osaka University

***正 員 大阪大学溶接工学研究所 Member, Osaka University, Welding Institute