

題目：日本語と英語

日本語：14 ポイント ゴシック体

英語：14 ポイント Times (Times New Roman)

仕上がりは 4 ページ
又は 6 ページ厳守

25mm

超音波微細接合における界面接合領域増加挙動に関する検討

Study of Interfacial Bond-area Increasing Process during Thermosonic Microbonding

著者名 9 ポイント
日本語と英語

福田弘樹*¹ 亀田貴理*² 高橋康夫*³ 富村寿夫*⁴

*¹ 大阪大学大学院, *² オムロン(株), *³ 大阪大学接合科学研究所, *⁴ 九州大学先端物質化学研究所

by Hiroki FUKUDA*¹, Takamasa KAMEDA*², Yasuo TAKAHASHI*³ and Toshio TOMIMURA*⁴

*¹Graduate student of Engineering, Osaka University, Japan, *²OMRON Corporation, Japan, *³JWRI, Osaka University, Japan,

*⁴IMCE, Kyushu University, Japan

Abstract: 英語 (60 ~ 120 words)

8 or 9 ポイント Times

Abstract

The purpose of the present study is to comprehend interfacial bond-area increasing process during thermosonic bonding. The influence of bonding conditions on interfacial bond-area formation was discussed based on results of numerical simulations and experimental results. As a result, the center bond formation was mainly done by micro frictional slip at the bond interface under low ultrasonic power and low load conditions. On the other hand, the periphery bond formation was done by wire (or bump) side surface folding under high ultrasonic power and high load conditions. Both processes of wire bonding and flip chip bonding exhibited common characteristics in the interfacial bond-area increasing processes, although the bonding condition ranges were different.

Key words: Thermosonic bonding, Interfacial slip, Interfacial deformation, Numerical study, Flip chip bonding, Wire bonding

Key words を入れる

1. 緒言

近年、携帯電話などのモバイル製品の小型化、高機能化に伴い、CSP (Chip Size Package) 実装技術の要求がますます高くなってきた。超音波微細接合法は、CSP 実装技術を支える FCB (Flip Chip Bonding) や WB (Wire Bonding) において重要な手法となっている。超音波微細接合は、Au ボール (バンプ) とパッドの界面の塑性変形及び界面すべりにより、酸化皮膜や汚染物を破壊分散させ達成する接合方法として採用されてきた。しかし、超音波振動によって界面伸びや界面すべりは複雑な挙動をするため、接触界面で均一に接合領域を形成することは難しい。さらに、局所的に接合した領域は、他の非接合領域の超音波振動に影響を及ぼすため、接合界面形成は複雑化する。したがって、界面の接合領域を効率よく進展させる工夫が不可欠となる。

しかし、接合部位が微小であるため、超音波微細接合の接合領域形成機構を詳細に解析している論文は数少ない^{1, 2)}。前報³⁾で、著者らは、有限要素法を用いた数値解析を行い、超音波微細接合の機構解析を行った。本研究では、その計算結果を考慮し WB と FCB 実験を行い、計算結果から予想される界面接合領域増加挙動を系統的に議論する。WB と FCB の超音波振動伝達は、一般には異なると言われているが、界面接合領域形成過程には共通点も存在する。本研究では、その点にも注目し界面接合領域形成過程の考察を試みる。

2. 計算方法

Fig. 1 に、数値計算に使用した平面ひずみ 2 次元有限要素モデル (樽型バンプのメッシュパターン) を示す。超音波振動を印加するので、左右非対称モデルを採用している。バンプの形状は初期のバンプ下部の幅を X_0 、バンプ高さを H_0 とし、寸法比 H_0/X_0 として表す。 $H_0/X_0 = 0.5$ を樽 (Barrel) 型、 $H_0/X_0 = 2.0$ をお碗 (Bowl) 型と呼び、2 つの形状で数値解析を行った。大変形に対応できるように、各有限要素には、節点を 8 点、ラグランジュ乗数点を 4 点配置した。また、変形相当応力の歪速度依存性、及び加工硬化を計算モデルに考慮した。計算の時間ステップ Δt は超音波の 1 周期の $1/8$ に設定した。計算方法の詳細は前報³⁾を参照されたい。

バンプの変形量の指標となる圧下率を $\Delta A/A_0$ 、バンプ (or ワイヤ) の圧縮率を $\Delta H/H_0$ と定義する。Fig. 2 に、定義に必要な記号を示す。パッド厚がバンプ高さに比べ微小であるため、圧下率と圧縮率の違いはわずかであった。

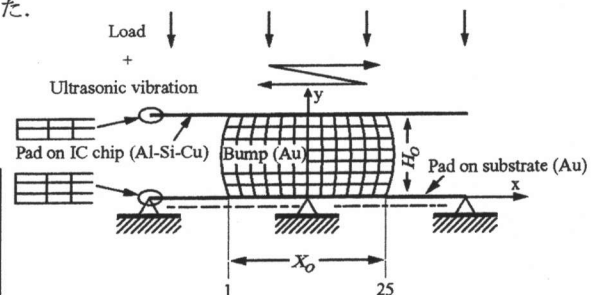


Fig. 1 Model of thermosonic micro-bump bonding.

各ページ番号は
鉛筆で裏に記入 1/6

接触界面中央部にすべりが生じることが理解できる。すべり量が増加するに従い，Fig. 7(c) に示すように，界面23～25中央部は優先的に凝着していくと考えられる。Fig. 6の文字 結果を考慮すると，パンプ側面部のフォールディングに伴い， $A_1B_1 > A_0B_0$ 及び $B_2C_2 > B_0C_0$ となる。さらに，文献⁹から示唆されるように， $B_2C_2 > A_1B_1$ になると考えられる。Fig. 6に示した界面収縮挙動を考慮すると，Fig. 7(b) 及び Fig. 7(c) に示すように，接触界面の収縮度合いは局所的に大きくなることがわかる。また，初期接触界面は全体的に収縮することが推察される。以上のことから，主にパンプ側面部のフォールディングによって，接触界面が増加することが理解できる。

4.4 すべり量と圧下率の関係

Fig. 8 は，FCB の Barrel 型のパンプ圧下率に対するすべり量の計算結果である。計算条件は $P = 392 \text{ MPa}$ ， $A_0 = 50 \text{ nm}$ 及び $P = 196 \text{ MPa}$ ， $A_0 = 30 \text{ nm}$ と設定して数値計算を行い，その結果を比較している。パンプの変形が緩やかに生じる条件 ($P = 196 \text{ MPa}$ ， $A_0 = 30 \text{ nm}$) では，圧下率に対して界面すべり量が大きくなる。これは，界面すべりを促進しようとして，超音波振幅を大きくしても，パンプ変形が助長されるだけで，界面すべりが必ずしも促進されないことを意味している³⁾。

5. 実験結果及び考察

超音波微細接合法による凝着は，表面同士が密着し，その密着した界面の酸化皮膜及び汚染物が破壊分散され，新生面が形成されることにより達成される。その後，異種材では，相互拡散により合金もしくは金属間化合物が生じる。したがって，拡散反応した領域は，凝着現象が生じた領域を意味する。言い換えると，拡散反応領域

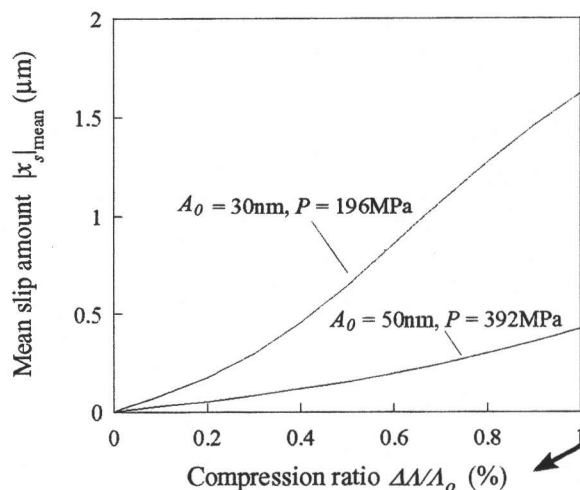


Fig. 8 Effect of bonding conditions on total micro frictional slip for barrel type pump. $T = 473 \text{ K}$ ， $f_v = 60 \text{ kHz}$ ， $P = 392 \text{ MPa}$ ， $A_0 = 50 \text{ nm}$ and $P = 196 \text{ MPa}$ ， $A_0 = 30 \text{ nm}$.

を観察することによって，超音波微細接合の凝着形成プロセスの進行を知ることができる。本研究では，この観点に基づき，実験及び考察を行う。

5.1 WBにおける界面形成過程の検討

Fig. 9 に，希塩酸で剥離した Au ボール側表面の SEM

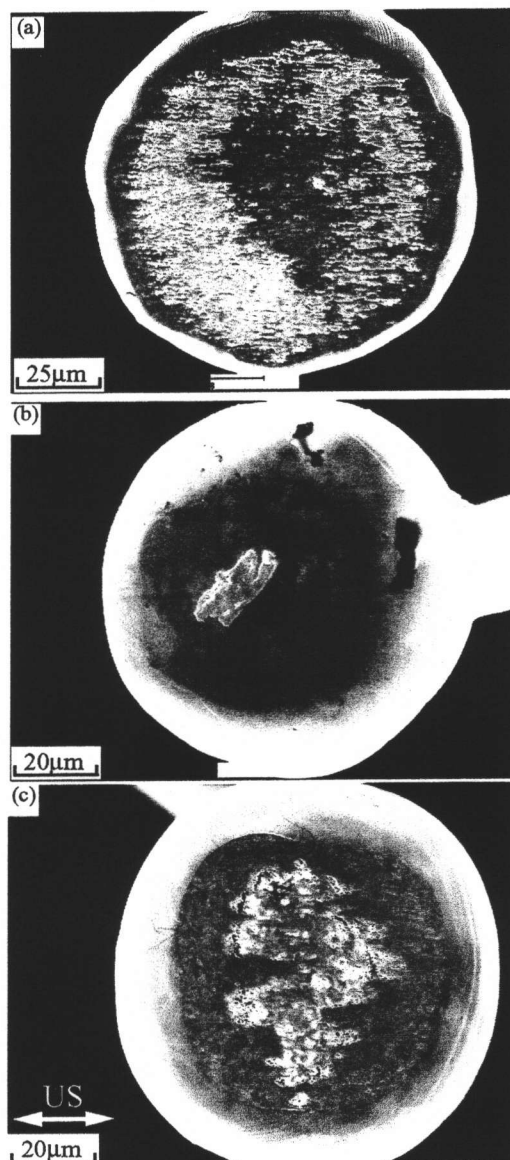


Fig. 9 Au-Al intermetallic compound on ball surface after wire bonding (SEM). (a) $T_{stage} = 523 \text{ K}$ ， $F_{WB} = 0.95 \text{ N}$ ， $t = 200 \text{ ms}$ ， $\Delta H/H_0 = 66.9 \%$ ，(b) $T_{stage} = 353 \text{ K}$ ， $F_{WB} = 0.50 \text{ N}$ ， $W_{US} = 20 \text{ mW}$ ， $t = 20 \text{ ms}$ ， $\Delta H/H_0 = 24.3 \%$ and (c) $T_{stage} = 353 \text{ K}$ ， $F_{WB} = 0.50 \text{ N}$ ， $W_{US} = 20 \text{ mW}$ ， $t = 80 \text{ ms}$ ， $\Delta H/H_0 = 42.3 \%$.

図表は全て英語で記述

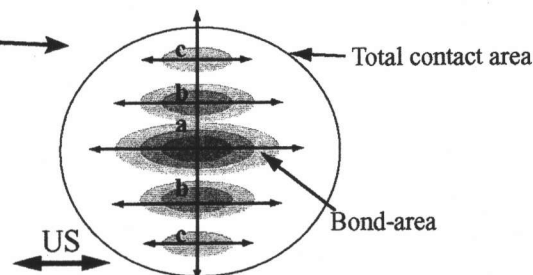


Fig. 10 Schematic illustration of bond-area increasing process.

Figure Caption は英語で記述

空白をあけること

1 頁 47 行 (46～49 行)

25mm

界面中央部で生じていない。フォールディングにより圧縮率が大きくなり ($\Delta H/H_0 = 35.9\%$)、周囲部のみ凝着が生じる。これは、Fig. 9 (a) の WB の熱圧着の結果に類似する。すなわち、Fig. 11 (b) では、超音波振動による界面すべりが効率よく生じていないことを意味している。また、WB のサーモソニック接合においてボールを大変形される条件では、一般に、界面すべりがあまり生じないことが知られている。

以上のことから、WB と FCB における超音波微細接合の界面接合領域の形成パターンに、共通点があることがわかる。しかし、FCB では、チップとツール間ですべりが生じやすく、WB より振動振幅の伝達が小さくなり、さらに、バンプには、バンプ形成過程で加工硬化が生じているため、同じ凝着領域増加過程を与える接合条件は異なっている。

6. 結論

20mm

本研究では、前報³⁾の数値解析結果を考慮し、WB と FCB の実験を行い、界面接合領域形成過程を系統的に論じてきた。本研究で得られた主な成果を以下に記す。

- (1) WB のサーモソニック接合において、ボールの変形が緩やかに生じる条件では、超音波印加の直角方向の界面中央領域で界面すべりが優先的に生じる。その領域を起点に島状の凝着部が形成される。
- (2) 超音波微細接合のボール (バンプ) の変形が緩やかに生じる条件 (荷重、超音波のパワーが小さい条件) では、界面中央部で優先的に界面すべりが生じ、凝着が形成される。
- (3) 超音波微細接合のボール (バンプ) を急速に変形させる条件 (荷重、超音波のパワーを大きい条件) では、フォールディングにより、界面周囲に凝着が形成され、

界面すべりが効率よく生じていない。

(4) WB と FCB では、ボールとバンプの硬さ及び超音波振動伝達に違いがあるため、接合条件は異なるが、界面形成機構には、共通する特徴が存在する。

参考文献

- 1) J.Schwizer, M.Mayer, *et al.*, "Thermosonic Ball Bonding: Friction Model Based on Integrated Microsensor Measurements," IEMT Symposium, Austin, USA (Oct. 18-19th, 1999), pp. 108-114.
- 2) 檜作雅史, 渡辺直也, 浅野種正, 和田義之, "フリップチップ超音波実装によって基板表面に発生するひずみの実時間計測," Mate2000, Yokohama, vol. 6 (2000), pp. 169-174.
- 3) 高橋康夫, 亀田貴理, 荒谷修三, "超音波併用熱圧着微細接合プロセスにおける界面変形挙動の数値的検討," Mate2003, Yokohama, vol. 9 (2003), pp. 67-72.
- 4) 富岡泰造, 久保哲也, 渥美幸一郎ほか, "超音波併用熱圧着によるフリップチップボンディング," Mate'97, Yokohama, vol. 3 (1997), pp. 9-14.
- 5) Y.Takahashi, S.Shibamoto, and K.Inoue, "Numerical Analysis of the Interfacial Contact Process in Wire Thermocompression Bonding," IEEE Trans. on Compon. Pack. and Manuf. Technol., Part A, vol. 19, no. 2 (June 1996), pp. 213-223.
- 6) 石坂彰利, 岩田誠一, 山本博司, "Au と Al の熱圧着における接合界面の変形と新生面の形成," 日本金属学会誌, 第 41 巻 (1977), pp. 1154-1160.
- 7) 井口知洋, 富岡泰造, 森郁夫, 安藤鉄男, "超音波併用熱圧着を用いた Chip On Chip 技術開発," Mate2003, Yokohama, vol. 9 (2003), pp. 51-56.

E-mail: takasy@casi.osaka-u.ac.jp, tomi@cm.kyushu-u.ac.jp

20mm

最後に代表者 (複数可) の e-mail アドレスを入れる

論文の最終頁は、左右の段を
そろえること。

仕上がりは 4 ページ又は 6 ページ厳守

(この見本では 2, 3, 5 頁を省略しています)