

100 kHz 超音波ワイヤボンディング

100 kHz Thermosonic Wire Bonding Technology

富岡 泰造
TOMIOKA Taizo

井口 知洋
IGUCHI Tomohiro

森 郁夫
MORI Ikuo

ICの入出力端子の増加、チップサイズの縮小、樹脂基板を用いたICパッケージの増加などにより、ICの電極と外部電極を接続するワイヤボンディング技術の高度化が求められている。今回、103kHz超音波を搭載した微細ピッチ対応高速ワイヤボンダを開発し、超音波周波数63 kHzと103 kHzにおいて、接合部の変形量と接合強度の関係などを調べた。その結果、超音波を高周波化することが、微細ピッチ化に必要な接合部変形の抑制、樹脂基板に対応する低温ボンディングに有効であることを見いたしました。

The increasing I/O counts of IC chips and chip size shrinkage require fine-pitch wire bonding technology for the interconnection of gold wire to aluminum pads on ICs. On the other hand, sufficient wire bond strength at low temperatures is required in the fabrication of IC packages with a resin substrate.

We have developed a high-speed wire bonder to achieve thermosonic bonding at a high frequency of 103 kHz, and investigated the relationships between bond deformation and strength at 63 kHz and 103 kHz. As a result, it was clarified that high-frequency thermosonic bonding at 103 kHz is effective in obtaining higher strength bonds with small deformation at low temperatures.

1 まえがき

IC電極とリードフレームや基板などの外部電極を金属ワイヤで接続するワイヤボンディングは、ICパッケージの標準的な組立技術として広く用いられている。

近年、ICの高機能化、低コスト化の要求に伴い、入出力端子数は増加し、チップサイズは縮小される傾向にある。これまで、サーマルプリンタヘッドなどの特殊な場合を除いて、IC電極のピッチが90 μm以上ではワイヤボンディングが、90 μm以下ではTAB(Tape Automated Bonding)が一般的に用いられてきた。ここ数年、ワイヤ材料やボンディングキャビラリおよび装置の高度化が進み、TABに比べ低成本な組立技術であるワイヤボンディングで、従来量産レベルでは困難とされていた90 μm以下の微細な電極ピッチを実現しようとする試みがなされている⁽¹⁾。また、BGA(Ball Grid Array)パッケージの組立てやペアチップをプリント基板に直接実装するCOB(Chip On Board)実装などが増加し、ガラスエポキシ基板など樹脂基板に対応したワイヤボンディング技術も要求されている。

このように、ワイヤボンディングでは従来に比べより微細な電極に、しかも低温で安定した接合を得ることが求められている。接合性を向上させる手段の一つとして、接合に用いる超音波を高周波化することが注目されている⁽²⁾。ここでは、当社で開発したワイヤボンダを用いて超音波周波数63 kHzと103 kHzの接合性を比較した結果得られた微細ピッチ、低温ボンディングに対する接合性の改善効果について述べる。

について述べる。

2 ワイヤボンディングの課題

図1に85 μmピッチIC電極とワイヤの接合部を示す。一般に、ICのアルミ電極へのワイヤボンディングでは、放電により金ワイヤ先端にボールを形成して、これを加熱したIC電極に加圧しながら超音波を印加して接合する。接合は、ボールが変形する過程でその底面(接合界面)に金-アルミ合金が形成されることで行われる。ボール変形量と接合性には密接な関係があり、ボール変形量が大きくなるに従い、合金の形成面積が増え、接合強度が増加することが知られ

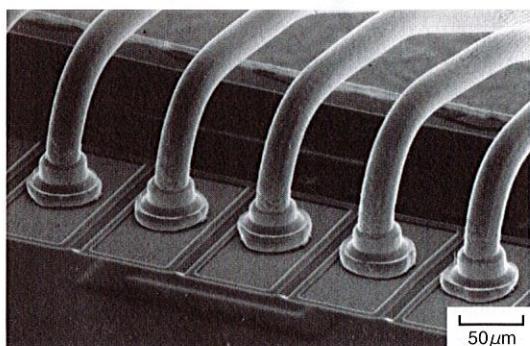


図1. 85 μmピッチIC電極とワイヤの接合部 ボール変形を抑え、隣り合う接合部の接触を防止する。

Wire bonds to 85 μm-pitch electrodes on IC

ている⁽³⁾。

IC電極のピッチとサイズが微細化した場合、隣り合う接合部が接触しないようにすることが課題となる。そこで、少ないボール変形で十分な接合強度が得られるワイヤボンディング技術が必要となる。また、樹脂基板に搭載したICへのワイヤボンディングでは、基板の耐熱性が低いため、従来より約100K低い約420Kで良好な接合をすることが求められる。

3 微細ピッチ対応ワイヤボンダ

図2に芝浦メカトロニクス(株)と共同で開発した微細ピッチ対応高速ワイヤボンダを示す。また、主な仕様を表1に示す。微細ピッチワイヤボンディングに対応するため、ボンディング位置精度の向上や、ワイヤ先端の金ボールがIC電極に接觸するときの衝撃荷重低減などを行った。このボンダに63kHz, 103kHzの超音波発振器、ホーンを搭載して接合性評価を行った。

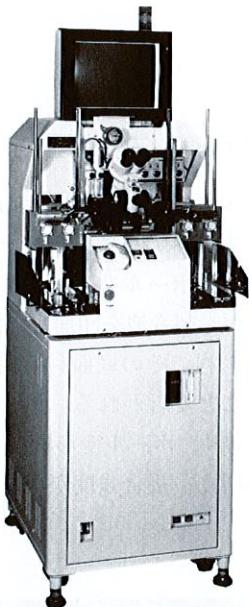


図2. 微細ピッチ対応高速ワイヤボンダ 位置精度の向上、衝撃荷重の低減により微細ピッチワイヤボンディングに対応する。

High-speed wire bonder for fine-pitch wire bonding

表1. ワイヤボンダの仕様
Specifications of wire bonder

項目	仕様
ボンディング位置精度	$\pm 4\mu\text{m}$ ($3\sigma_{n-1}$)
ボンディング荷重範囲	100 mN ~ 2,500 mN
ボンディングスピード	0.095秒/ワイヤ

4 IC電極へのワイヤボンディング

4.1 ボール変形と接合性の関係

図3は超音波周波数63kHzと103kHzにおける超音波の振幅と圧着ボール径(接合後のボール径), 接合強度の関係を示す。接合前のボール径は50μmである。接合強度は、接合部のせん断剥離試験で評価した。

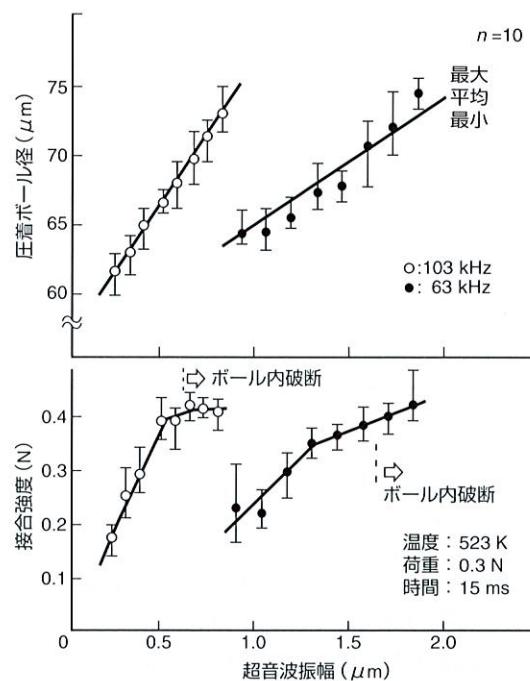


図3. 超音波振幅が圧着ボール径、接合強度に与える影響 振幅の増加に従い、圧着ボール径と接合強度は増加する。

Effect of vibration amplitude on deformed ball diameter and shear strength

圧着ボール径は、超音波振幅の増加に従いほぼ直線的に増加することがわかる。超音波周波数103kHzでは、63kHzと比較して、より小さい振幅で大きなボール変形を生じている。接合強度も圧着ボール径と同様の傾向を示しているが、接合部の破断が接合界面から金ボール内で生ずるようになると、徐々に飽和する傾向にある。

図4にボール底面(接合界面)に形成された金-アルミ合金を示す。金-アルミ合金は、超音波の振幅が大きくなるに従い、その面積が拡大している。

接合前のボール径 D_0 と圧着ボール径 D から図5に示す式でボール変形率 ε を定義した⁽³⁾。このボール変形率と接合強度、金-アルミ合金面積との関係を図6に示す。接合強度は、同一のボール変形率ではつねに103kHzのほうが高く、より少ない変形で高い接合強度が得られることがわかる。金-アルミ合金面積でみても、同一のボール変形率ではつねに103kHzのほうが面積が大きい。103kHzでは63kHzよりも

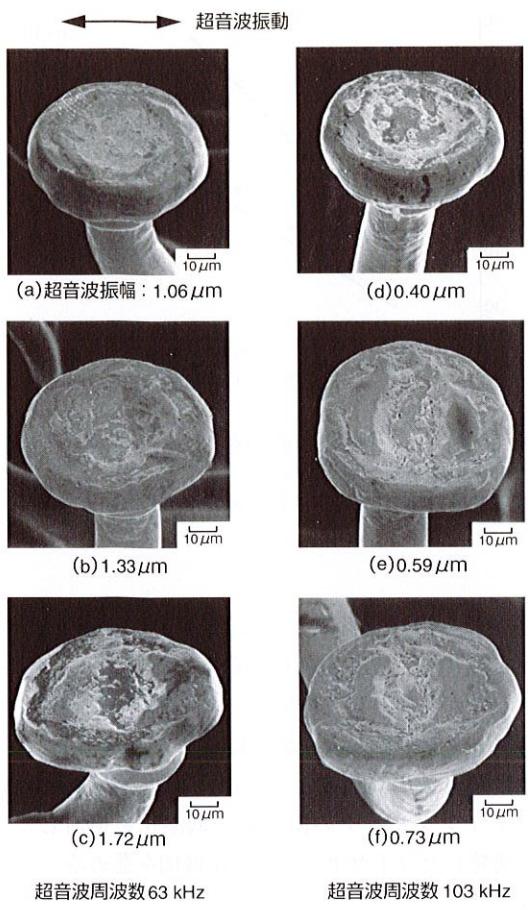


図4. 接合界面に形成された金-アルミ合金 振幅の増加に従い、金-アルミ合金が増加する。
Au-Al intermetallic compound formed at bond interface

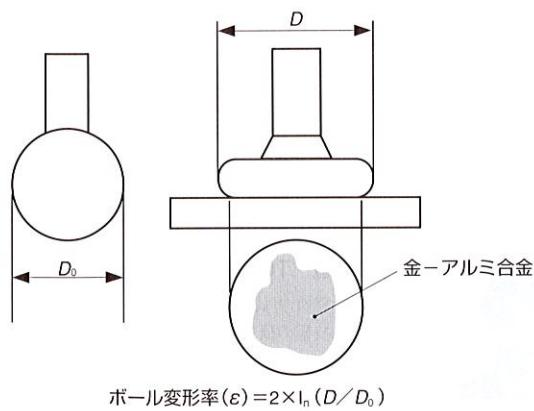


図5. ボール変形率 ボンディング前後のボール径から変形率 ε を求める。
Definition of ball strain

小さいボール変形率で金-アルミ合金が形成し始め、この関係は変形率が大きくなても維持されることがわかる。なお、超音波の高周波化によりもっとも懸念されるIC電極への機械的ダメージは、今回の条件範囲では発生していない。

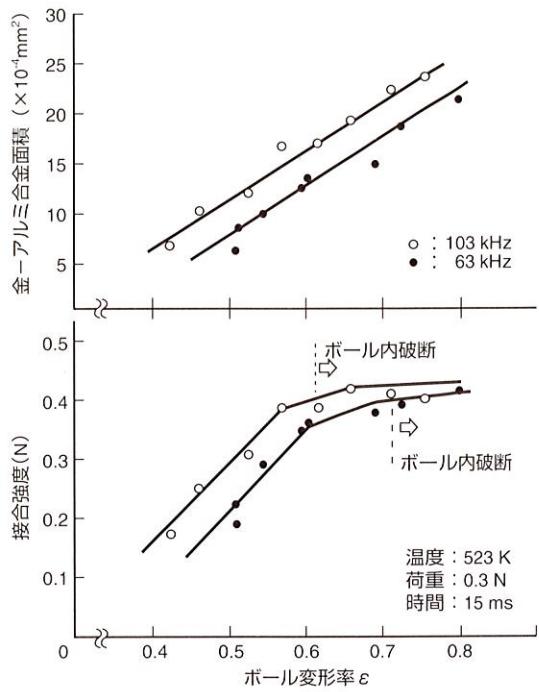


図6. ボール変形率と金-アルミ合金面積、接合強度の関係 同一ボール変形率では、103 kHz のほうが接合強度が高くなる。
Relationships between ball strain and Au-Al intermetallic compound area and shear strength

った。

以上の結果から、超音波を 63kHz から 103kHz に高周波化させることにより、少ないボール変形の段階から接合界面に金-アルミ合金が形成され、同一の接合強度を得るのに必要なボール変形率を約 10% 低減することができる。

4.2 ボンディング温度と接合性の関係

図7にボンディング温度と圧着ボール径、接合強度の関係を示す。ボンディング温度の低下とともに、圧着ボール径、接合強度ともにほぼ直線的に減少する。接合強度は、どのボンディング温度においても 103 kHz のほうが高い。超音波の高周波化は低温ボンディングの接合性を向上させるのに有効であり、樹脂基板へのボンディングに対応する 423 K では、接合強度が約 70% 向上した。

5 基板電極へのワイヤボンディング

図8に樹脂(ガラスエポキシ)基板の金めっき電極と金ワイヤの接合部を示す。径 30 μm の金ワイヤを、加熱した基板電極にボンディングキャピラリの先端で加圧し、超音波を印加して接合する。

図9に超音波周波数 63 kHz と 103 kHz における圧着ワイヤ圧着幅(ワイヤの最大変形幅)と接合強度の関係を示す。ボンディング温度は 423 K である。接合強度は、金ワイヤを鉛直上向きに引き上げたときの破断強度で評価した。接合

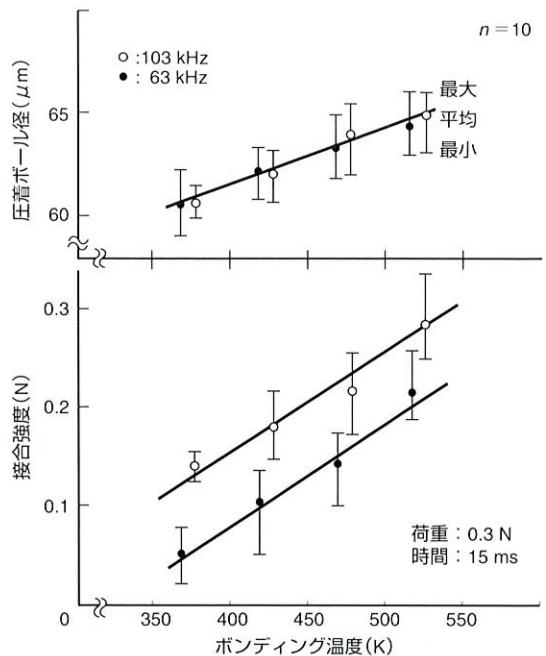


図7. ボンディング温度が圧着ボール径、接合強度に与える影響
Effect of bonding temperature on deformed ball diameter and shear strength

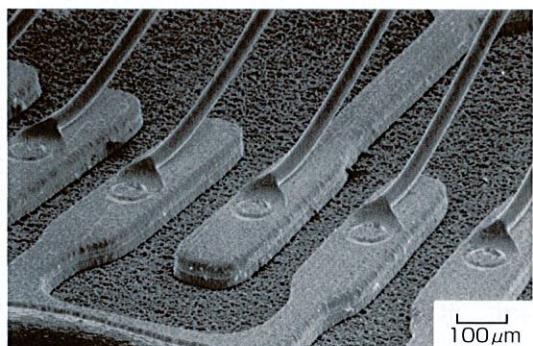


図8. 樹脂基板電極とワイヤの接合部　　ワイヤをキャビラリで加压し超音波を印加して接合する。

Wire bonds to electrodes on resin substrate

强度は圧着ワイヤ幅に対してほぼ直線的に増加した。同一の圧着ワイヤ幅ではつねに103kHzのほうが強度が高く、例えば圧着ワイヤ幅85 μmの場合、40 %高い強度が得られた。したがって、超音波の高周波化は、ワイヤと基板電極の接合においても、接合性を向上させるのに有効であることがわかった。

6 あとがき

超音波を63kHzから103kHzに高周波化することにより、

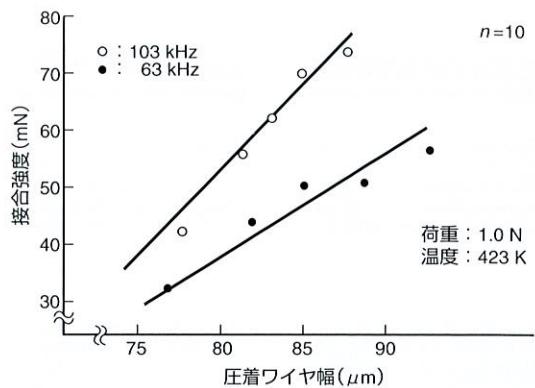


図9. 圧着ワイヤ幅と接合強度の関係　　同一圧着ワイヤ幅では103 kHzのほうが接合強度が高くなる。

Relationship between deformed wire width and peel strength

接合部変形を約10 %低減し、423 Kにおける接合強度をIC電極側で約70 %、基板電極側で約40 %向上させることができる。したがって、ICの微細ピッチ電極や樹脂基板に対する接合マージンの拡大に有効である。

今後は超音波の高周波化の可能性と、それによるさらなるボンディングピッチの微細化、低温化を検討していく。また、開発したワイヤボンダの量産展開を進める。

文 献

- (1) 中島 泰, 他. "Auワイヤボンディングの狭ピッチ化技術", Microjoining and Assembly Technology in Electronics 予稿集, 1997, p.5-8.
- (2) 高橋敏幸, 他. "Auめっきパッド/Auワイヤの高周波超音波ボンディング特性", 溶接学会全国大会講演概要集, No.55, 1994, p.108-109.
- (3) 岩田誠一, 他. "半導体素子AI電極への高速Au線熱圧着", 日本金属学会誌, 41, 11, 1977, p.1161-1165.



富岡 泰造 TOMIOOKA Taizo

生産技術研究所 実装技術開発センター。
半導体実装技術の研究・開発に従事。溶接学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center



井口 知洋 IGUCHI Tomohiro

生産技術研究所 実装技術開発センター。
半導体実装技術の研究・開発に従事。溶接学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center



森 郁夫 MORI Ikuo

生産技術研究所 実装技術開発センター研究主務。
半導体実装技術の研究・開発に従事。溶接学会会員。
Manufacturing Engineering Research Center