

微小球対応はんだボールマウンタの開発

日立金属株式会社
代表執行役 執行役社長 持田 農夫 男
アスリートFA株式会社
代表取締役社長 山 寄 晃

日立金属(株) 生産システム研究所 主任研究員	伊藤 元通
日立金属(株) 生産システム研究所 主管研究員	和井 伸一
日立金属(株) 生産システム研究所 所員	久保 賢一
日立金属(株) 安来工場 SBグループ長	佐藤 光司
日立金属(株) 安来工場 SBグループ員	植松 重治
日立金属(株) 生産システム研究所 主任研究員	落合 正典
アスリートFA(株) 開発設計部長	根橋 徹
アスリートFA(株) 開発設計部・開発G 課長	川上 茂明
アスリートFA(株) 開発設計部・開発G 副主事	清水 弘之

はじめに

世界的な環境問題への取り組みの1つとして電子部品への鉛の使用が制限されており、鉛レスはんだ材料への置き換えが進んでいる。半導体パッケージの内部接続端子についても例外ではないが、半導体については、その性能向上に伴いチップと基板の接続が図1に示すようにFC(Flip Chip)構造化しており、接続バンプには合金組成選択性、体積均一性、ボイドレス、微細化といった高い品質も要求されている。

開発のねらい

そこで、これら環境問題と従来工法の接続信頼性の問題を同時に解消するとともに、電子デバイスの更なる発展に貢献するため、任意の合金組成で高い寸法精度を持つ直径80 μ m程度の微

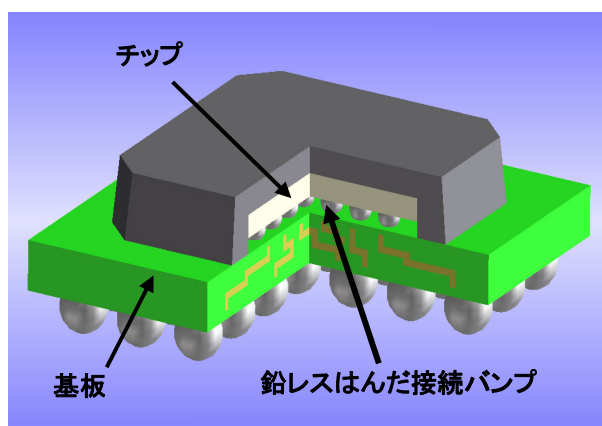


図1 FC接続構造の半導体パッケージ

小はんだボールを量産するプロセスの構築、ならびにこの微小はんだボールを12インチウエハや反りを有する大型基板に一括で搭載できる工法と装置(ボールマウンタ)を開発し、ボールバンプング法という新たなバンプ形成法を確立した。ここでは、ボール搭載工法とマウンタの開発について記す。

装置の概要

本搭載工法は、ボールをマスクに振り込んで配列するマスク方式を採用しており、その一連の搭載工程は、図2に示すように①ウエハ電極へのフラックス塗布、②配列マスクへのボール装填、③マスク解放となっている。

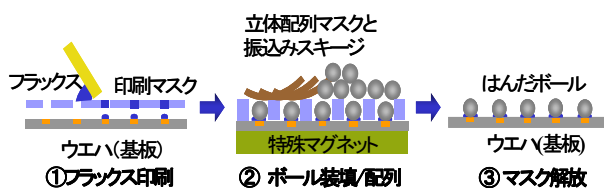


図2 ボール搭載工程

図3は12インチ以下のウエハを処理できる量産型の全自動ボールマウンタであり、ロボットによってカセットからワークを取り出し、図2の工程を自動処理する。その詳細仕様は表1に示す通りである。

表1 全自動ボールマウンタの仕様

項目	仕様
概略サイズ	3180(W) × 1650(H) × 1600(D) [mm]
概略重量	1700(kg)
主構成ユニット	① ローダ/アンローダ ② フラックス印刷部 ③ ボール装填部
対象ワーク	・12インチ以下のウエハ ・300×300[mm]以下の基板
ボールサイズ 配列ピッチ	φ80~300 [μm] 最小100 [μm](φ60μm搭載時)
タクトタイム	・8インチウエハ:4[min/ウエハ] ・12インチウエハ:6[min/ウエハ]
検査・リペア	オプション



図3 全自動ボールマウンタの外観

なお、この装置とは別に、研究/開発用途として手頃な手動型の装置も準備した。対応可能なワークサイズとボールサイズは自動機と同一である。

技術上の特徴

反りを有する大型基板に高効率で微小ボールを搭載可能とした主な技術要素は、①滲みレスの高グリップ性フラックス、②基板表面への配列マスク密接手段、③ボール振込みスキージ④高精度立体マスクである。これら各技術の複合効果により、試作レベルではφ60μmのボールを100μmの間隔で連続搭載することに成功している。

1. にじみレス高グリップ性フラックス

図2の印刷工程においては微細パターンの印刷性に優れること、ボール装填工程においては配列マスクに接触しないように滲まず、かつボールを強固にグリップすること、更に本プロセスの後に実施されるリフロー工程においては高温までグリップ力を維持するという複数の特性を必要としたため、調合する樹脂を最適化するとともにチクソ性を微妙にコントロールすることにより、これを実現した。なお、顧客によっては要求される化学的特性(還元性など)が

異なるため、その要求に対応できる体制も整備した。

2. 基板表面への配列マスク密接

これまで表面に反りを有する基板にボール搭載する要望は強かったものの、それを実現できるマウンタがなかった。

そこで当社は、図4に示す磁力と真空を複合させた吸引手段により配列マスク直下へのボールの潜り込みを防止し搭載を可能とした。

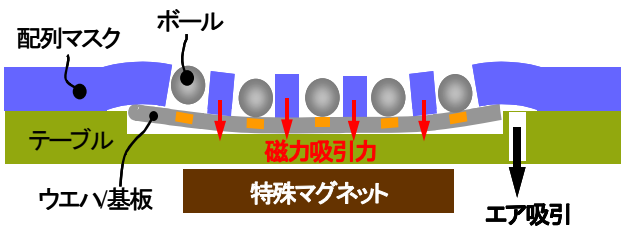


図4 配列マスク密着手段

図4において、基板辺縁部のマスクの浮きに対してはテーブル側からのエア吸引による真空形成より、またウエハ中央部のマスクの浮きに対してはテーブル直下に配置した特殊マグネットでマスクを下方に吸引することにより基板表面形状に倣って配列マスクを密着させた。

3. ボール振込みスキージ

高いボール移送/装填効率、ボールやマスクへのダメージレス、そして高耐久性を得るため、素材には、マスク表面形状に倣う柔軟性と静電気除去機能を有する直径が数十 μm の特殊な金属繊維や樹脂繊維を採用した。そして、図5(a)に示すようにマスクの表面に繊維を平行に接触させる形態のスキージを考案、ボールの捕捉/移送/装填効率を極限まで高めた図5(b)に示す回転スキージを開発した。

4. 高精度立体配列マスク

はんだボールは配列マスクによって基板表面の全電極に正確に位置決めされる。よって、こ

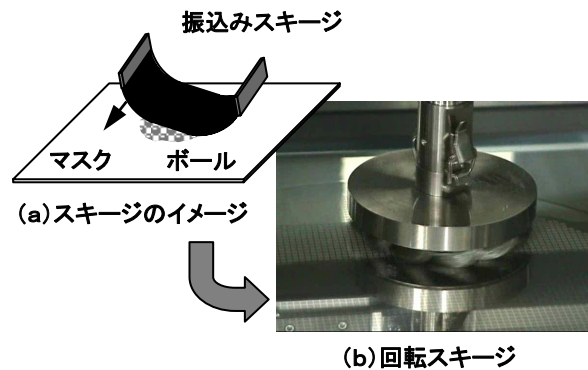


図5 ボール振込みスキージの形態

のマスクには、①開口穴の位置が基板の電極位置と合致すること、②1つの開口穴に1つのボールのみが効率良く装填されること、③磁力によって基板表面に吸引されること、④ボール搭載を繰り返しても信頼性低下を招くフラックスへの接触がないこと、が要求される。

①の精度の問題については搭載面積が広くボール径が小さい場合に厳しくなるため、③の磁力吸引性と兼ねて精密電気鋳造法(アディティブ法)によりNi組成のマスクを形成、12インチエリア全面にて開口座標誤差を $\pm 5\mu\text{m}$ 以下に抑えた。②については、ボール径に対してマスクの厚みと開口径を最適化した。また④については、図6に示すようにマスクの基板対向面側にフラックスとの距離を保つ空間を形成した。ボール径や配列間隔が小さくなると空間の確保が難しくなるが、直径 $60\mu\text{m}$ のボール搭載に成功している。

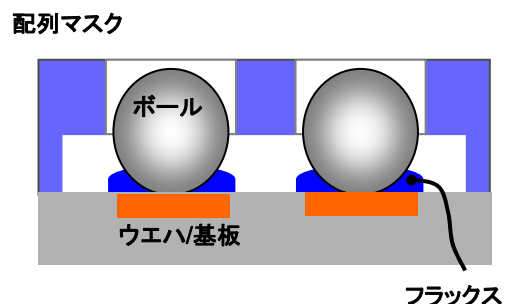


図6 空間形成マスクのイメージ

以上、これらの技術を融合したマイクロボールバンピング法により8インチウエハ上に形成したバンプの外観写真を図7に示す。これは、直径60 μ mのSn-Ag-Cu組成のはんだボール約200万個を100 μ m間隔で一括形成した例であり、高さばらつきが $\pm 3\mu$ m以内と極めて揃った高品質のバンプを得ることができた。

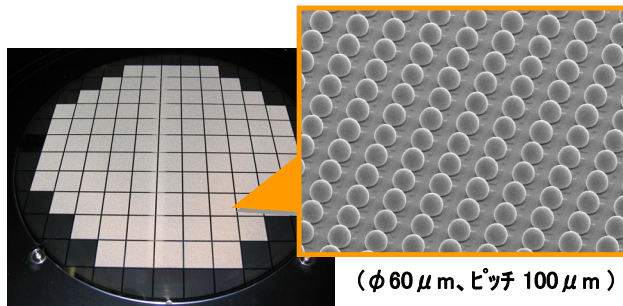


図7 ウエハ上のバンプ外観写真

実用上の効果

1. 半導体の品質改善・性能向上効果

高い寸法精度を持つマイクロボールを用いたバンピング法の確立により、ペースト印刷法で課題となっているバンプの体積ばらつきやバンプ内のボイド生成を、またメッキ法で課題となっている合金組成の制約や生成副産物による環境負荷の問題を解決し、ドライブプロセスにて、接続信頼性や高周波特性などに優れた高品質のバンプ形成を可能とした。また、狭ピッチかつ多ピン構造の半導体設計が可能となり、新規デバイスの開発を喚起した。

2. 経済的效果

低価格な搭載治具(印刷/配列マスク)の開発と必要最低量のボールでの搭載を実現し、ランニングコストを大幅に削減した。また、1台のマウンタで $\phi 60\sim 760\mu$ mという広範囲のボールサイズに対応するとともに搭載面積に制限を受けない工法により生産性を飛躍的に向上した。

工業所有権の状況

ボールバンピング工法とマウンタに関して国内で45件を出願、現時点で30件が公開され、下記の1件が登録済みである。また、複数件を審査請求中である。

① 日本国特許第3770496号

名称：導電性ボール搭載装置および搭載方法

概要：マスク上のボールを線状ブラシの腹部で振込む

国外に対しては、PCT国際特許出願にて対応している。

② PCT国際公開番号：200421957号

むすび

本技術は、開発に着手してから3年足らずの全く新しい技術であり、昨年から色々な分野の顧客に御評価頂いているところである。各社とも総じて良好な評価を下さり、ハイエンドなデバイス分野を中心に採用され始めている。バンピング市場は非常に規模が大きく、今後の市場展開に期待している。

なお、デバイスの高性能化に伴い、バンプは更に小さく高品質で特殊合金組成のものが要望されると考えている。そこで、今後も新材料の開発と並行して微細ボールのハンドリング技術を磨き、顧客に最適なソリューションを提供して行きたい。