

半導体パッケージ向け ボール搭載用フラックスについて

研究開発本部 ファイン・エレクトロニクス開発部
洗浄・はんだグループ

長坂 進介

Nagasaka Shinsuke



1 はじめに

2020年後半より世界的な半導体不足が継続しており、2022年現在でも緩和の兆しは見えてこない。半導体は多くの電子機器に使用されており、今では私たちの生活に必要不可欠なものとなっている。社会のあらゆるところで電子機器は使用され、電子機器にはさらなる小型化・高機能化・省電力化が求められており、これらを実現するためにフリップチップ実装技術が注目されている。フリップチップ実装とは、ベアチップと呼ばれるシリコンウエハの小片に形成した bumps とインターポーザーと呼ばれる基板とを直接はんだ付けする工法で、ベアチップはフリップ(反転)して接続することとなる。あらかじめ球状に成形された小型のはんだボール(マイクロボール)をベアチップの電極上に直接搭載するボール搭載法のメリットは、bump 高さのコントロールが容易で、高いコプラナリティ(共平面性)を有し、はんだの単一粒子を使用することで bump 内ボイドがほぼ発生しない点にある。しかし、生産性を向上させるためにはボールを一括搭載する必要があり、歩留まりを向上させるためにはさまざまな工夫が必要となる。

本稿では、当社が得意とするロジンの変性技術やフォーミュレーション技術を駆使して開発したボール搭載用フラックスの製品群を紹介する。

2 フラックスの基礎反応

フラックスとは、はんだ付けされる基板電極や部品、はんだ自身の金属酸化膜を除去することで清浄な接合面を作りだし、はんだのぬれ性を十分に確保するために使用される材料である。図1にフラックスによるはんだの母材金属に対するぬれ挙動の模式図を示す。

金属酸化膜で覆われたはんだや母材金属にフラックスを供給し加熱すると、フラックス中のロジンや有機酸などのカルボン酸の還元作用で金属酸化膜は除去される。

はんだ付け温度まで加熱されると清浄化された溶融はんだと母材金属との界面で、母材金属の溶融はんだへの溶解が生じる。同時に、溶融はんだと母材金属との界面で金属間化合物が形成される。その際、溶融はんだがフラックスによって被覆されているため溶融はんだの表面張力が低下し、その結果溶融はんだの母材金属へのぬれが促進される。

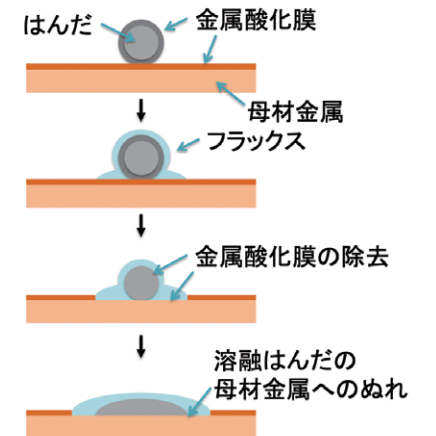


図1

フラックスによるはんだの母材金属に対するぬれ挙動の模式図

3 ボール搭載用フラックスに求められる性能

図2にボール搭載法によるbump形成プロセスの概要図を示す。スクリーン印刷によって基板上的の pad 開口部にフラックスを印刷転写した後、所定の位置にマイクロボールを配置し、リフロー(加熱工程)を行い、フラックス残さを洗浄後、bump の画像検査を実施し完了となる。このようなbump形成プロセスにおいてボール搭載用フラックスに求められる性能は次のように整理できる。

- a) にじみや目詰まりなくパッド開口部に所定量供給するための印刷性
- b) パッド開口部に配置したマイクロボールの位置ずれを抑制するための粘着性
- c) マイクロボールとパッドとを確実に はんだ 接合するための十分な活性力
- d) 電子機器の信頼性を損なう可能性のあるフラックス残さ除去のしやすさ
- e) 洗浄後のマイクロbump画像検査とコプラナリティを阻害しないように、bump 表面形状を球状に保つためのフラックス被覆性
- f) マイクロボールと電極との接合部に空隙(ボイド)を発生させないこと

特に、フラックスの印刷性、粘着性、活性力が不十分であれば、マイクロボールとパッドが未接合となり、ボールの転げ落ち(ミッシングボール)が多発し、ボール搭載法の生産性に大きく影響を及ぼす。

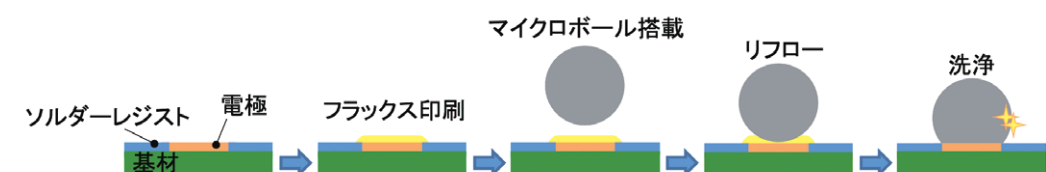


図2 ボール搭載法によるbump形成プロセスの概要図



4 ボール搭載用フラックスの差別化技術

当社は持続可能な天然資源であるロジンにこだわり、これまで培ってきたフラックスのフォーミュレーション技術を駆使することで、ミッシングボールの抑制だけでなく、バンプ表面凹みを顕著に抑制できるボール搭載用フラックスを開発した。図3にフラックス洗浄後のバンプ表面形状の様子を示す。当社従来品のフラックスを使用するとバンプ表面に多数の凹みが生じているのに対し、新規開発品であるパインフラックスWHP-121(以下、WHP-121)を使用するとバンプ表面に凹みはなく、球状を維持していることがわかる。ベース樹脂として高耐熱かつ高活性な特殊なロジンを使用することでマイクロボールへのフラックス被覆性を向上させ、リフロー加熱中のボール表面の再酸化を防止している。その結果、リフロー加熱終了後の冷却時にバンプ表面の凝固時期のずれを抑制し、凝固後の球状を維持できている。

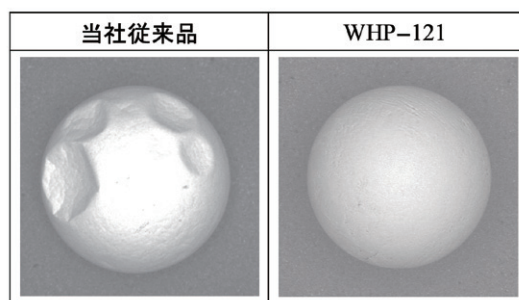


図3 フラックス洗浄後のバンプ表面形状の様子

5 ボール搭載用フラックスの製品群

当社ボール搭載用フラックスは、100 μ m以下のマイクロボール搭載に対応している。表1に当社ボール搭載用フラックスの製品群を示す。WHP-121はSnめっき電極に、パインフラックスWHP-123(以下、WHP-123)はAuめっき電極に、パインフラックスWHP-125(以下、WHP-125)はCu-OSP(Organic Solderability Preservative)電極にそれぞれ最適となるよう処方を調整している。各製品共通の特長は、ミッシングボール抑制に加え、リフロー後のバンプ表面形状に凹みなく球状を維持できる点である。さらに、リフロー後のフラックス残さは当社準水系洗浄剤パインアルファ ST-180Kで容易に洗浄できる。よって、次工程のマイクロバンプ画像検査で誤検出することなく、生産性向上に貢献できる。

項目	WHP-121	WHP-123	WHP-125
対応電極	Snめっき	Auめっき	Cu-OSP
対応ボールサイズ	100 μ m以下のマイクロボール		
対応ボール材質	Sn-3.0Ag-0.5Cu、Sn-0.7Cu		
バンプ表面形状	凹みのない球状		
フラックス残さの洗浄性	パインアルファ ST-180Kで洗浄可		
ボイド	ボイドの発生ゼロ		

表1 ボール搭載用フラックスの製品群

6 ミッシングボール発生率

WHP-121、WHP-123およびWHP-125のミッシングボール発生率を確認するために実機試験を行った。具体的には、バンプピッチ130 μ mで70～85 μ mのマイクロボールを数千個搭載し、ミッシングボール発生率を算出した。ミッシングボール発生率を表2に示す。ミッシングボール発生率は、Snめっき電極において従来品では1.6%発生していたものが、WHP-121では0.4%まで低減できた。Auめっき電極においては、従来品では、ミッシングボールが2.2%発生するところ、WHP-123では0.8%まで低減できた。OSP被膜Cu電極(Cu-OSP)においては、従来品ではミッシングボールが2.8%発生するところ、WHP-125では1.0%まで低減できた。一般的に、ミッシングボール発生率は1%以下であることが望ましく、いずれの製品においても基板の不良率低減に貢献できると考えられる。

電極材質	当社従来品	WHP-121	WHP-123	WHP-125
Snめっき	1.6%	0.4%		
Auめっき	2.2%		0.8%	
Cu-OSP	2.8%			1.0%

表2 ボール搭載用フラックスのミッシングボール発生率

7 おわりに

当社のボール搭載用フラックスは、ミッシングボール抑制、凹みのないバンプ表面形状、洗浄しやすいフラックス残さといった特徴を有する。今後、電子機器の小型化・高機能化・省電力化を実現させるため、マイクロボールサイズをより小さく、バンプピッチをより狭くする必要があり、ボール搭載用フラックスに対する要求特性もより高度なものになっていくと考えられる。また、比較的環境負荷の低い希釈型洗浄剤への対応や水溶性のボール搭載用フラックスのニーズも存在する。このような状況において、これまで当社が培ってきたロジンとフラックスの技術をさらに向上させることで、これらのニーズに応え、社会の発展に貢献していきたい。