

半導体パッケージの洗浄

～ 銅リードフレーム洗浄技術 ～

善福 和貴

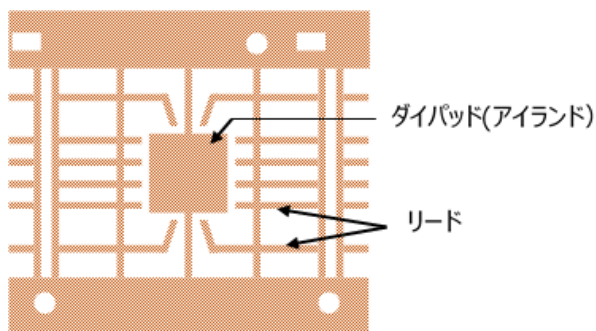
荒川化学工業株式会社 研究開発本部 機能性材料事業 機能材グループ 主任研究員 (〒538-0053 大阪府大阪市鶴見区鶴見1丁目1番9号)
ARAKAWA CHEMICAL INDUSTRIES, LTD. (1-1-9, Tsurumi, Tsurumi-ku, Osaka 538-0053)
<https://pinalpha.jp/>

1. はじめに

半導体は「産業のコメ」とも呼ばれ、モバイル機器、自動車、家電など、あらゆる電子機器に搭載されており、現代社会においては必要不可欠な製品である。最近ではコロナ禍でのテレワークの拡大、巣ごもり需要などで半導体の需要が急増したため供給が追いつかず、価格、納期等への影響が出ており、半導体不足が深刻な問題となっている。

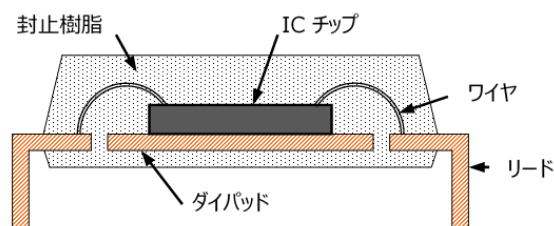
半導体パッケージは半導体素子や IC チップを外部環境から保護し、外部 (プリント基板等) と接続するための接点を提供し、半導体素子から発せられる熱を放出する役割がある。また素材の種類や端子の形状、配置によって PGA、BGA、CSP 等様々な種類があり、そのなかでも QFN、QFP 等リードフレームを用いるものは生産量の多いパッケージの 1 つであり、今後もその傾向が続くと予想される。

第1図にリードフレームの例を示す、リードフレームはダイパッド(アイランド)と呼ばれるパッケージ内で IC チップを固定する部分と、リードと呼ばれる実装する際の接続端子となる部分からなる薄い金属板である。リードフレームの素材は、鉄ニッケル合金や銅合金等が一般的であるが、導電性、価格の面から銅合金を用いることが多い。



第1図 リードフレームの例

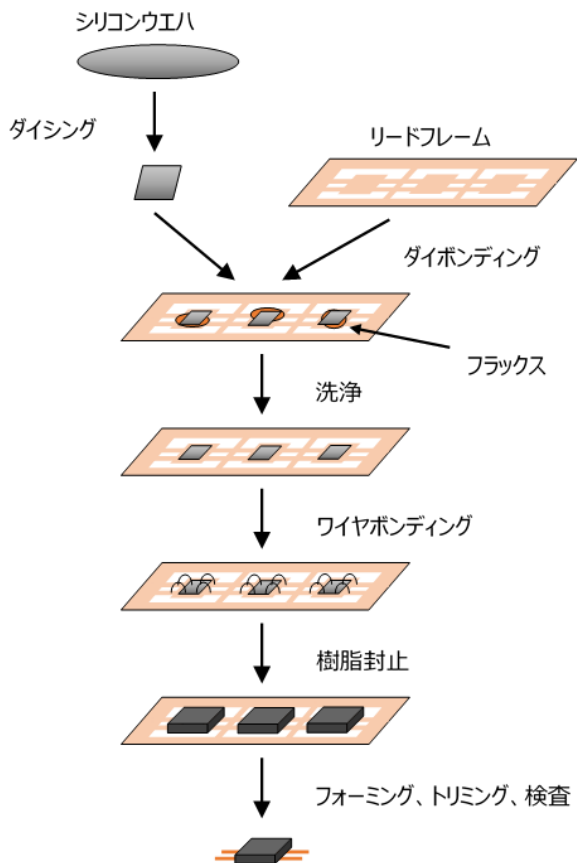
第2図に一般的な半導体パッケージの構造(断面図)を示す。リードフレームのダイパッド部分に搭載された IC チップはワイヤボンディングによってリードと接続されている。チップとワイヤ部分の保護のため、エポキシ系樹脂などで全体を封止している。本稿では、半導体パッケージの銅リードフレーム洗浄の目的、洗浄装置、洗浄剤、注意点等を解説する。



第2図 半導体パッケージの構造

2. 銅リードフレーム洗浄の目的

第3図に半導体パッケージの製造工程を示す。銅リードフレーム洗浄は半導体パッケージの製造工程からもわかるように、洗浄後の工程、「ワイヤボンディング」と「樹脂封止」のため実施しており、これらの工程を阻害する物質の除去が目的である。具体的には IC チップのはんだ付けに使用したフラックスの除去と、リードフレーム面やワイヤボンディング電極の酸化物の除去である。



第 3 図 半導体パッケージの製造工程

(1)ワイヤボンディング

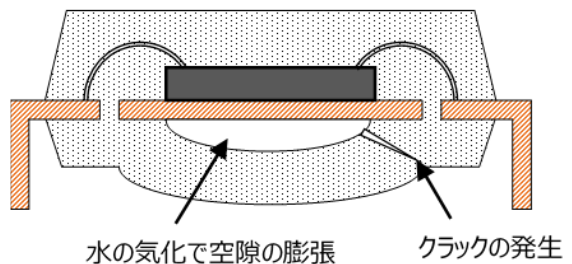
ワイヤボンディングは電極に対し、ワイヤを超音波、圧力、熱等の作用で接合するため、電極(接合面)にフラックスが付着していたり、表面が酸化していると、ワイヤの接合強度が著しく低下するため⁽¹⁾、阻害物質の除去は必要である。

電極の酸化について、銅など酸化により変色する金属の電極であれば、酸化の有無は容易に判断出来るが、金メッキ等が施された電極の場合、SEM-EDX等で表面を観察しても酸化変色の問題に気づきにくいので注意が必要である。

(2)樹脂封止

銅リードフレームを用いる半導体パッケージは、主にエポキシ系樹脂で封止されている。エポキシ系樹脂は吸湿しやすいという特性があり、吸湿した水分は毛細管現象により樹脂内部に浸透する。このときリードフレームと封止樹脂の密着性が悪く、パッケージ内に空隙が存在すると、浸透した水分がその空隙に貯まる。この状態でパッケージにリフロー等の熱が加わると、水分が膨張して封止樹脂にクラックが発生したり、パッケージ自体が破損することもある(第 4 図)。また水分によりワイヤボンディング部分が腐食し、断線を引き起

こす可能性があるため、リードフレームと封止樹脂の密着性を低下させるフラックスや酸化膜は除去する必要がある。



第 4 図 パッケージの破損例

ところで銅の酸化膜は二種類あり、いわゆる綺麗な銅色の銅面に存在する酸化膜 Cu₂O はその膜厚が薄ければ(50nm 以下)密着性にほとんど影響しない。しかし酸化が進行し CuO になると銅面は着色し、母材から剥離しやすくなり樹脂との密着性が低下する。これは酸化による結晶格子と体積の変化により、酸化膜に歪みが生じることが原因とも言われている⁽²⁾。また銅合金中の添加元素(Sn、P、Ni 等)の酸化物も密着性を低下するため除去しておく必要がある⁽³⁾。

3. 銅リードフレーム洗浄の洗浄装置

3-1 洗浄装置

銅リードフレームは最終製品のサイズに合わせて様々なサイズのものがあるが、おおよそ 50~100mm×160~300mm、厚みが 0.1~1mm の短冊状のシート製品であること多く、専用のマガジンに 5mm~10mm 程度の間隔(搭載される IC チップ類の厚みによる)で 10~20 枚程度収納されている。

洗浄装置は、前後の工程も考慮すると、枚様式の気中シャワー洗浄機を使用する方が効率的と考えられるが、リードフレームは薄く、剛性が低いものがあるため、特にシャワー噴流下でフレームを保持、搬送する事が難しく、またシャワー圧力により変形するおそれがあり、あまり一般的ではない。

一方、超音波洗浄機はマガジンに収納した状態で洗浄可能であり、洗浄によりフレームの脱離や変形はなく、マガジンさえ保持出来れば、1 台の装置で様々なサイズのフレームに対応出来ることから、多くのメーカーで採用されている。

しかし、メーカーによっては高価な IC チップの破損に憂慮し、超音波洗浄を不可としている場合もある。当社のこれまでの実績では超音波に耐えられない事例もあったが、多くの事例で周波数 25~28kHz の超

第1表 洗浄条件

工程	洗浄	リンス1	リンス2	乾燥
液	パインアルファ ST-180K	純水	純水	
温度・時間	60℃×5分	常温×5分	常温×5分	60℃×5分
方法	超音波28kHz	超音波45kHz	超音波45kHz	ダイレクトパス乾燥

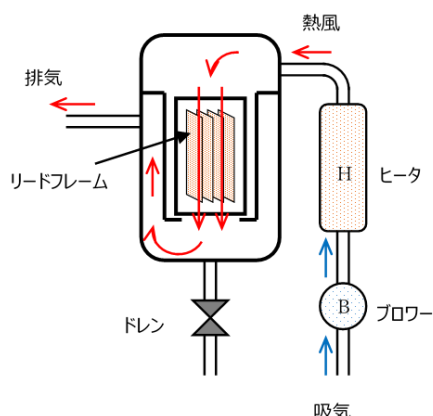
音波洗浄でも全く問題なかった。当社での標準的な洗浄条件を第1表に示す。

なお装置の検討の際には、汚染物は除去出来るが IC チップは破損しない適切な超音波の周波数、出力などを事前の実験で確認すること、装置納入後に新製品が投入されることもあるので、製造現場でもある程度出力調整できるものにしていくと安心である。

3-2 乾燥装置

水系、準水系洗浄剤のように水リンスを必要とする洗浄において、最も難しいのが銅リードフレームのような金属製品の乾燥である。一般的な熱で水分を揮発させる乾燥方法では、どうしても金属の酸化変色が生じる。この問題に対し、金属表面の水分をエアブロー等で液きりしたうえで加熱乾燥すると、変色を抑えることは可能である。また水リンス後に HFE (ハイドロフルオロエーテル) 等のフッ素系溶剤や IPA 等で水切りを行うことでも変色を抑えることは可能である。

荒川化学では、これらの問題に対応するためダイレクトパス乾燥機を開発した、第5図にその構成を示す。ダイレクトパス乾燥機はブロワーから送り込まれる高速の風(熱風)でワーク表面の液きりを行いながら乾燥するため、マガジンに収納されたリードフレームであれば 60℃5分という低温かつ短時間で乾燥が可能となり、変色も抑制できる。



第5図 ダイレクトパス乾燥機の構成

4. 銅リードフレーム用洗浄剤

各種洗浄剤が上市されているが、金属の変色防止、フラックスの除去だけであれば、消防法上危険物であるが、蒸留再生も可能で安価な炭化水素系洗浄剤、非危険物を希望するなら高価であるがフッ素系溶剤でも問題ない。

しかし先にも述べたとおり、近年はフラックスの除去に加えて、酸化膜の除去も求められており、そのような目的に対しては安全な水系、準水系洗浄剤が注目されている。これらの洗浄剤はフラックス洗浄性、金属酸化膜の除去など、各種機能を高め、洗浄物に合わせた最適化が可能である。

荒川化学では準水系洗浄剤「パインアルファ」シリーズを上市しており、ユーザーの要望、フラックス、銅合金の種類、酸化の程度に合わせ最適な洗浄剤を提案している。第2表にその例を紹介する。

180F は超音波洗浄により IC チップの破損を特に気にするユーザー向けの洗浄剤である。洗浄力が高いため、超音波の出力を抑え、かつ短時間の洗浄でもフラックス、酸化膜の除去が可能である。

180K は標準的な洗浄剤である。5~10分程度の超音波洗浄でフラックス、酸化膜の除去が可能である。

180B は酸化変色しやすいフレーム向けである、洗浄剤の防錆効果で変色を抑制する。

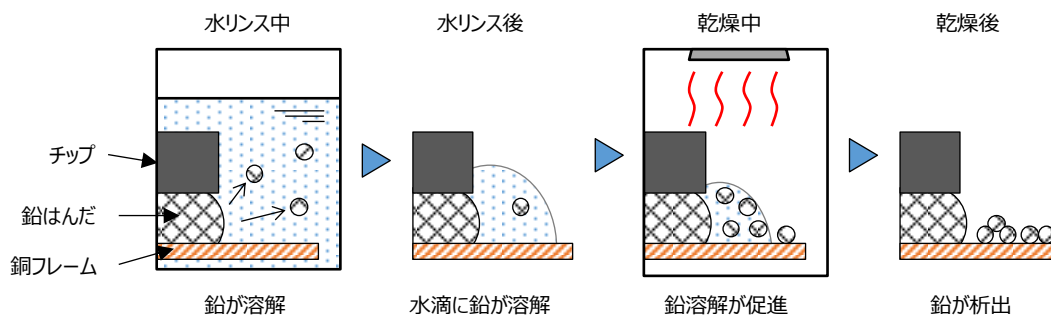
第2表 洗浄剤例

	フラックス溶解力	酸化膜除去	備考
ST-180F	高	高	
ST-180K	標準	標準	標準品
ST-180B	標準	標準	防錆効果あり

5. リードフレーム洗浄のトラブル例

<鉛はんだの溶解>

半導体パッケージでは銅リードフレームと IC チップの接合に鉛はんだ(高融点はんだ)を用いることが多い。鉛はんだを用いる製品に対し、水リンスを行うと鉛が水



第 6 図 鉛崩壊のメカニズム

と反応し溶解する場合があります。鉛の比率の高いほどその傾向が強く、鉛の比率が 95%以上の鉛はんだを使用している製品は特に注意が必要である。

鉛の溶解は水リンス工程から発生しているが、溶解した鉛が水に分散するため問題には気づきにくい。乾燥時にリードフレーム表面に付着した水滴と鉛の反応は問題となりやすく、乾燥の熱で水が温められると鉛の溶解が促進し、水分が揮発すると溶解した鉛が析出し、フレーム表面に白い粒子として出現したり、表面が白く曇った状態になる。第 6 図に鉛溶解の発生メカニズムを示す。

このような鉛溶解が発生した場合、水リンス工程の温度を下げて鉛の反応速度を抑えること、かつリードフレーム表面の水を十分に水切りし乾燥することで抑制可能である。

荒川化学では鉛溶解の解決策として、調整剤「リードセイバーPA-100」を上市している。リードセイバーはリンス水に 1%添加するだけで、水と鉛の反応を抑制し乾燥後の鉛の析出を防ぐことができる、またリードセイバーの成分は加熱乾燥で揮発するため、製品の品質に影響を与えない。

6. おわりに

金属製品の洗浄は水リンスを行う水系、準水系洗浄において最も難しい洗浄分野の一つである、荒川化学ではユーザーの要望に応え、半導体パッケージ分野の発展に貢献できるよう、今後も製品開発を進めていく所存である。

<参考文献>

- (1)副田益光、尾崎良一：ダイレクトワイヤボンディング性におよぼす銅の常温酸化膜の影響 伸銅技術研究会誌、29、57-64(1990)
- (2)宮沢薫一、三宅淳司、波多野隆紹、佐久間健人：銅酸化膜の密着性と膜構造 回路実装学会誌、11(6)、423-428(1996)
- (3)佐藤敏洋、片岡正宏、菅原章：リードフレーム用銅合金の酸化膜剥離温度に対する添加元素の影響、伸銅技術研究会誌、38、127-134(1999)

* 本稿は原著に基づく内容を掲載しております。

* 洗浄製品専用ホームページ『ARATTE (アラッテ)』

<https://pincalpha.jp/>