

外 94-53

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

A Study on Surface Finishing Technology of
Metal Thin Films for Electronic Circuit Packaging

電子回路部品実装用金属薄膜表面処理技術の研究

申 請 者
吉 岡 修
Osamu Yoshioka

1994 年 12 月

電子機器は高機能化、小型化、軽量化に対するニーズが益々高まっている。これと並行して、電子機器の特性を決定する頭脳である半導体はメモリーに代表されるように、集積度が3年で4倍という目覚ましい技術発展を遂げている。しかし、半導体(=ICチップ)のみでは電子機器への実装も出来ないし、素子の持つ機能を有効活用できない。半導体を電子機器へ組込み機能させるのがパッケージ(PKG)である。即ち、半導体PKGは基本的に①ICチップを保護する、②組立て性を容易にする、③ICチップの機能を有効に活用させる、④ICチップの機能を電氣的に伝える、等の特性が求められる。②～④を目的として電子回路に使用されるのがリードフレーム(L.F.)である。L.F.は金属であり、シリコンチップを接合したり、チップ上の電極とワイヤボンディング(W/B)出来る機能は有していない。これらL.F.回路に組立性=実装性を付与するのが表面処理であり、表面処理技術は金属L.F.を半導体PKG用に機能させるに必要な要素技術である。

本論文ではL.F.表面処理技術をICチップ上の電極とのAu線によるW/B性、半導体PKG後の半田付け性、等の特性で研究し6章に分けまとめた。

第一章は序論として半導体PKGの動向とL.F.の位置付けを概説した。

第二章では、半導体用に金属薄膜を設ける為の前処理方法について纏めた。半導体用L.F.は用途別に銅合金と42合金が用いられている。一般に42合金の前処理は確立しているが、銅合金条では合金種類が多様であるため材料に合った適正な前処理の確立が重要になる。半導体用L.F.のめっき金属に求められる特性は、半導体組立て工程における400℃を越える数回の熱履歴を経た後も、欠陥が発生せず、熱履歴後も優れた接合性を有している事である。めっき表面品質を保には条素材面からの影響を除き、めっき膜特性を活かすことが重要となる。一方、コスト面から貴金属めっきは数 μm 以内の薄さにし、薄いめっき厚でも加熱劣化後めっき膜の持つ優れた特性を安定に保つための前処理技術について検討した。L.F.材は表面は油や汚れが付着し、圧延加工時に生じたカブリ、傷等の欠陥が存在する。良好な金属薄膜形成をするにはこれら欠陥を除く前処理(脱脂処理や酸洗処理)が必要になる。脱脂処理の効果は水濡れ性とポテンシャルスウィープ法で検討した。また、銅合金の酸洗処理は欠陥の無い銅面を出す為、表面層を0.1～2 μm 溶解するのが一般的で、この場合、銅の合金元素によっては酸洗液に溶解せずスマットとして表面に残り、めっき膜のフクレ、剥がれ、斑点変色、ピンホール等を発生する要因となる。スマット発生をpHダイアグラムに着目し、酸洗液組成と合金元素の溶解性の関係を明らかにした。この結果をもとに、各銅合金材に適したスマット発生の無い、酸洗液を明らかにすることが出来た。

第三章ではトランジスタ用にめっき金属に求められる接合性に着目し纏めた。

トランジスタでは導電性からL.F.材には銅合金が使われ、金属薄膜はAgめっきが大半である。トランジスタ組立時の接合で、チップにおけるダイボンディ

ングではオーミックコンタクトから半田接合が主に使われる。また、W/Bではコストの面からAl線が大半である。従来、高出力トランジスタ用L.F.もAgめっきが大半であったが、低コスト化を図るためNiめっき化が望まれ、無電解Ni-Pを用いていたが、これに代わる新たな電気めっき法を検討した。まず、電気めっき法で安定した合金組成が得られるNi-P合金めっき条件を確立した。次いで、Ni-P合金めっきの組成並びにNiめっき表面形態の関係を明らかにし、Al線とのW/B性の優れためっき条件について明かにした。一方、小型トランジスタ用L/FではICチップとの配線でAu線によるW/Bを、ダイボンディングでは半田接合を行うのでAgめっきを行っている。半田接合は温度が400℃を越える条件で行う。Agめっき膜は酸素を容易に透過させる特性が有るため、Agめっき膜と下地金属膜の間で酸化が起き、①Agめっき膜が剥がれる、フクレる、②半田濡れ性が低下する、③接合強度が低下する。等の問題が起きた。問題点を解決するため、Agめっき膜を透過する酸素による下地の酸化を「下地Ni膜の酸化速度を定量化、下地酸化によるはんだ濡れ性低下」を取上げ評価した。更に、薄い中間銅めっき層が下地酸化防止法として有効である事を示し、そのメカニズムを明かにした。

第四章はIC用L.F.のW/B性の面から貴金属めっきを研究し纏めた。

IC用PKGはトランジスタに比べ高い組立信頼性が求められる。組立信頼性が重要になるのは、リード数が多いピンである、多ピンを高速でW/Bする、等多くの課題があるからである。このため、めっき膜も半導体組立工程中の環境による劣化を受け難く、均質なめっき膜が求められる。IC用L.F.ではインナーリードボンディング(ILB)部にのみ部分めっきする、スポットめっきを行う。スポットめっきは生産性を上げる為めっき液を高速で吹き付けるジェット流で行う。まず、Auめっきではめっき外観が大きく角張っているW/B性の良好な結晶が求められ、結晶調整塩をめっき液中に添加する。しかし、結晶調整塩はW/B性を低下させる面もあるので、結晶調整塩のタリウム濃度作用及び電流波形とAuめっき結晶の関係を明かにした。次いで、めっき膜中に共析するタリウム濃度がW/B性に及ぼす作用について、熱履歴との関係を含め明かにし、適正なタリウム共析量を決定した。一方、スポットAgめっきにおいては非シアンAgめっき浴を用い、50～150 A/dm²の高電流密度で高速めっきを行なう。まず、Agめっき粒子、粗さ、硬さに等Agめっき結晶に及ぼすめっき条件を明かにし、同時に、めっき膜質とAu線とのW/B性の関係を調べ、高速W/Bが可能なAgめっきの最適仕様を決定した。

第五章は半導体PKGの信頼性に着目し表面処理による特性向上方法を纏めた。

プラスチックPKGは非気密封止性のため、ICチップ上のAl電極が腐食する耐湿信頼性が最も大きな課題である。ICのAl電極は侵入した水により簡単に腐食され故障につながる。半導体PKGにおける水の侵入経路には幾つか予想されるが、特に、エポキシ樹脂とL.F.の接着界面からの経路が大きな問題である。侵入

した水はエポキシ樹脂内を通過する際に、抽出水となり腐食性が高い。半導体P K Gの耐湿信頼性を高めるには、①エポキシ樹脂の純度向上、②L / Fとエポキシ樹脂接着性向上、③A gめっきエリアの極少化、等が有効と考えられる。一方、銅L . F .は樹脂密着性が劣るため、M O S - I CにはL . F .材として4 2合金が使われてきた。そこで、銅合金L . F .の耐湿性が低下する原因を明らかにし、銅合金に各種の表面処理を行い樹脂密着性を向上する方法を研究した。各種表面処理膜の中から、エポキシ樹脂との密着性の優れたN i - S nめっき膜を開発した。接着性の良好なN i - S n合金めっきした銅合金L . F .は種々の劣化試験後でも水の浸入を防止しており、P K Gの耐湿信頼性を大幅に改善する事が認められた。また、A gめっきは浸入した水に溶解しやすく、A gがイオン化した水はA l腐食を異常に促進する作用が有ることを明らかにした。スポットA gめっきエリアを出来るだけ極少化して、A gめっきの持つA l電極への作用を小さくする「リード先端スポットA g」を開発した結果、従来に比べ、A l線腐食断線を大幅に抑制し、腐食寿命を伸ばす事が出来た。以上、半導体P K Gの最大の課題である耐湿信頼性を向上させる手段として、銅L . F .上に表面処理を行う事により、樹脂密着性を大幅に向上させ、A gめっきの持つA l腐食促進作用をA gめっきエリアの極少化で達成した。その結果、4 2合金を使った従来のP K Gに比べ、銅L . F .を使ったP K Gは耐湿信頼性を向上させることを確認した。

第六章は新しい電子回路部品であるT A Bテープの表面処理技術について纏めた。

T A Bテープは半導体P K Gにおける多機能化への進展から、多ピン、狭ピッチ、薄型に応えるものとして期待されている新たなP K G技術である。T A Bテープは液晶を応用する電子機器、マルチメディアの開発によりその応用は益々拡大の傾向にある。T A Bテープはプリント基板の銅パターン幅に比べ約1 / 4の細さである。このため、銅箔をエッチングでパターンを形成する場合、ファインピッチエッチング技術は勿論フォトマスク設計技術も重要になる。本論文では3 5 μ m銅箔を8 0 μ mピッチでエッチングする技術を確立し、マスク設計に必要なE F（エッチファクタ）を明らかにすることが出来た。T A BテープではI L B及びO L Bを行う為S nめっきを設けている。S nめっきはホイスカー発生の問題を抱えている。そこで、ホイスカー成長速度は銅箔の種類により差が有ることを明かにした。また、長期間保管中においてもホイスカーが発生しない、適正な熱処理条件を明かにした。更に、S nめっき膜厚はI L B性における接続性、及び、接合時に発生するA u - S nボールの関係を調査した。A u - S nボール発生は純S n、C u - S n合金層、初期S n厚とそれぞれに影響されるが、初期めっき厚がボール発生に最も影響すること、並びに、ボール発生のメカニズムを明かにした。以上の結果、初期S nめっき厚を0 . 4 ~ 0 . 6 μ m、拡散層0 . 2 μ mを形成させるのが、I L B性が良好で、ホイスカーも発生しない製造条件を明かにした。