Sn めっき皮膜へのレーザ溶融処理

日野 実^a, 水戸岡豊^a, 村上浩二^a, 高見沢政男^b, 西村宣幸^b

^a 岡山県工業技術センター(〒701-1296 岡山県岡山市芳賀 5301)

^b オーエム産業(株)(〒700-0971 岡山県岡山市野田 3-18-48)

Melting Treatment of Tin Electroplating by Laser Irradiation

Makoto HINO^a, Yutaka MITOOKA^a, Koji MURAKAMI^a, Masao TAKAMIZAWA^b and Nobuyuki NISHIMURA^b

^a Industrial Technology Research Institute of Okayama Prefecture(5301, Haga, Okayama-shi, Okayama 701-1296)

^b OM Sangyo Co., LTD.(3-18-48, Noda, Okayama-shi, Okayama 700-0971)

Keywords : Tin Electroplating, Tin Whisker, Laser Treatment, Diode Laser

1. 緒 言

Pb を含有した Sn-Pb めっきは、その優れたはんだ接合性より、電子デバイスでのコネクタなどの接合部位に適用されてきたが、EU 有害物質規制において、Pb の使用が厳しく規制され、Pb フリーめっき技術が切望されている¹⁾。このような背景の下、安価ではんだ濡れ性に優れた Sn めっきが Pb フリーめっきとして期待されている。しかし、Sn めっきは古くからウイスカ発生の問題があり、ダウサイジングが要求される電子デバイスでは、ウイスカが端子間での短絡の要因となることから、コネクタ部位への適用に対して大きな障害となっている。現在、ウイスカ発生を防止する目的に、めっき後、皮膜を溶融させるリフロー処理が行われているが²⁾、通常、リフロー処理は、加熱時間が数分から1時間程度必要で、そのため表面にまで達する Sn-Cu 化合物層の生成および表面酸化による濡れ性の低下という問題点がある²⁾。

一方、レーザは高密度エネルギー供給源として鋼の表面焼入れなどに適用されている³⁾。レーザ処理の特徴として、通常の炉を用いた場合と比較し、必要な部分のみの処理が可能で、また、急速加熱が可能のため、母材の熱影響を抑制することができる。現在、波長の異なる種々のレーザが開発されているが、半導体レーザ(波長 0.8 ~ 1 μm)は、発振効率が約 50% で他のレーザよりも優れており、光ファイバーによるレーザ光の伝送が可能で、CO₂ レーザ(波長 10.6 μm)よりも金属表面での吸収が優れていることから、金属表面改質への適用が期待されている。

そこで、本研究では、Sn めっきに対して半導体レーザによる皮膜の溶融処理を試み、その有用性を検討した。

2. 実験方法

基材には、リン青銅シート材(板厚 0.2mm, JIS C-5191)を図 1 に示すコネクタ形状に加工したものをを用いた。Sn め

きは強酸タイプのアルカノールスルホン酸浴を用い、定電流で陰極電解を行い、膜厚を 3 μm とした。Sn めっきの下地めっきとしてシアン化浴による Cu めっきを 2 μm 施した。作製した試料に対して半導体レーザ(Laser Line 社製 LDF600-1000; 最大出力 1 kW; 波長 800,940,960nm の合成)による溶融処理を行った。試料をレンズの焦点から 20mm 遠方にディフォーカスすることにより、直径 10mm のレーザビームを試料に対して垂直方向から照射した。試料移動速度および出力を変化させることで入熱量を制御し、酸化防止のため窒素ガスを吹き付けた。比較材として窒素パージした温風加熱炉(533K にて 5 分間保持)によるリフロー処理を行った。ウイスカ評価は、室温下で 1000 時間放置後、FE-SEM によって発生状況を観察した。また、FIB による皮膜断面観察を行った。その際、加工による Sn 皮膜の損傷を防止するため、Sn めっきに Cu めっきおよび W を被覆した。皮膜と溶融はんだとの濡れ性評価にはメニスコグラフ法を用い、518K の Sn-3.0mass%Ag-0.5 mass%Cu 溶融はんだにめっき試料を浸漬させ、浮力と濡れ力の合力がゼロとなるまでの時間(ゼロクロスタイム)を測定した。なお、測定には市販のフラックス(CF-110VH-2A)を使用し、条件は浸漬速度 2mm/s, 浸漬深さ 0.2mm, 浸漬時間 5s とした。

3. 実験結果および考察

図 1 には、リフロー処理およびレーザ処理を行った試料外観および SEM 像を示す。めっきのままでは、光沢の乏しい銀白色(レーザ処理を行っていない部分)の外観を呈しているが、リフロー処理によって皮膜が溶融することで光沢に富んだ外観へと変化する。一方、レーザ処理(出力 700W・試料走査速度 200mm/s)においても皮膜が溶融した部分では、リフロー処理と同様な光沢に富んだ外観が得られ、両者に明瞭な差異は認められなかった。また、SEM 観察において、レーザ未照射部(図 1 (c))はめっきのままの表面形態を有しているが、リフロー処理(図 1 (a))およびレーザ処理(図 1 (b))により平滑な表面形態へと変化しており、Sn 皮膜が溶融して

* E-mail : makoto_hino@pref.okayama.lg.jp

いることがわかる。このようにレーザー処理では、その特徴である高密度エネルギーによって極短時間で Sn 皮膜を溶融することができる。また、図に示したようにリフロー処理では困難な部分的な溶融も可能である。なお、リフロー処理およびレーザー処理した表面には微細な黒色斑点が観察され、特にレーザー処理のそれは増加する。この要因として、皮膜中に取り込まれた添加剤などの有機物に起因すると思われるが、その詳細は不明である。

図 2 には、自然放置 1000 時間後の FE-SEM による観察結果を示す。めっきのままの皮膜からはノジュール状の突起とともに多数のウィスカが発生しているが、リフロー処理ならびにレーザー処理(出力 700W・試料走査速度 200mm/s)した試料からはともにウィスカの発生は認められない。このように Sn 皮膜からのウィスカ発生を抑制させるためには、皮膜を溶融させることが有効であることがわかる。なお、リフロー処理によるウィスカ抑制要因として、皮膜の応力除去および Cu_3Sn 化合物層形成による Sn 皮膜中への Cu の拡散に対するバリアー効果などが報告されている⁴⁾。

次に、各皮膜のゼロクロスタイムは、それぞれめっきのままが 0.25 秒、リフロー処理が 0.39 秒、レーザー処理が 0.30 秒であった。めっきのままでのゼロクロスタイムが最小の値を

示すことから、皮膜を溶融させる熱履歴は濡れ性に悪影響を及ぼすことがわかる。また、リフロー処理とレーザー処理を比較すると、両者ともに皮膜を溶融させているが、レーザー処理の方が良好な濡れ性を示した。これはレーザー処理における加熱が極短時間であるため、表面酸化が抑制されることに起因すると思われる。

図 3 には、FIB による各処理の断面 SIM 像を示す。リフロー処理では、表面にまで達する Sn-Cu 化合物層の形成が確認できる。なお、表面まで達する Sn-Cu 化合物層が、はんだ濡れ性を低下させることが知られており、本実験で得られたゼロクロスタイムの結果と一致する²⁾。一方、レーザー処理では、基材に沿って Sn-Cu 化合物層が形成されるが、表面には達しておらず、表層側には Sn 層が残存している。このようにレーザー処理では、急速加熱による化合物層の制御が可能であり、残存する表面側での Sn 層ならびに表面酸化の抑制がはんだ濡れ性の低下を抑制する。

4. 結 言

Sn めっきに対して半導体レーザーによる皮膜の溶融処理を試み、その有用性を検討した。その結果、レーザー処理は、リフロー処理では実現できない急速加熱によって化合物層の制

Fig. 1 Macroscopic views and FE-SEM images of the specimens after various heat treatment.
(a) Reflow treatment (b) Laser irradiation (c) As deposited

Fig. 2 FE-SEM images of Tin deposits with various treatment for 1000h in an ambient atmosphere.
(a) As deposited (b) Reflow treatment (c) Laser irradiation

Fig. 3 Cross-sectional SIM images of Tin deposits with various heat treatment.

御を可能にするとともに、ウイスカ抑制，良好なはんだ濡れ性ならびに部分的な溶融が可能なプロセスとして有用性が示唆された。

(Received November 17, 2008 ; Accepted December 16, 2008)

文 献

- 1) 川中龍介, 藤原 裕, 辻 清貴, 伊藤貞則 ; 井原惇行 ; 鉛ウイスカ成長プロセスの解明と対策, p.36 (R&D プランニング, 2006).
- 2) 川中龍介, 藤原 裕, 辻 清貴, 伊藤貞則, 井原惇行 ; 鉛ウイスカ成長プロセスの解明と対策, p.141 (R&D プランニング, 2006).
- 3) M.Hino, M.Hiramatsu, K.Akiyama, H.Kawasaki, M.Tsujikawa and M.Kawamoto; Mate. and Manufacturing Processes, 11, 37 (1997).
- 4) K.N.Tu ; Acta Met., 21, 347 (1973).