

# 구리박막의 피로특성에 관한 제조공정의 영향

안중혁<sup>†</sup> · 박준협\* · 김윤재\*\*

## Manufacturing Process Effect on Fatigue Properties for Copper Thin Film

Joong-Hyok An, Jun-Hyub Park and Yun-Jae Kim

**Key Words :** Copper thin film(구리박막), Fatigue Characteristic(피로특성)

### Abstract

The copper film coated by Sn is often used in various applications such as LCD, Mobile Phone and etc. Especially, when the film is used as tape carrier package(TCP) of LCD panel, the film is repeatedly applied by mechanical or(and) thermal stress and then is often failed. Therefore, to guarantee the reliability of the electrical devices using the film, the tensile and fatigue characteristics of the film are important. In this study, to obtain the tensile and fatigue characteristics of the film, the specimen was fabricated by etching process to make a smooth specimen of 2000  $\mu\text{m}$  width, 8000  $\mu\text{m}$  length and 15.26  $\mu\text{m}$  thickness. The 2 kinds of specimen were fabricated by other manufacturing process. These specimens had values of Young's modulus(80.2GPa) lower than literature values(108~145GPa) for bulk values, but had high values of the yield and ultimate strength as 317MPa and 437MPa, respectively. And fatigue test of load-control with 20Hz frequency was performed.

### 1. 서 론

TCP의 신뢰성은 기존 플라스틱 패키지와는 달리, 보드와 연결되는 솔더 조인트(Solder Joint)보다 빔리드에서 문제가 된다. 빔리드는 본딩 공정에 의해서 급격하게 단면에 변화하고 파손은 주로 이 부분에서 발생된다. Fig. 1은 TCP의 단면이며 그림에 표시된 것처럼 파손은 주로 빔리드에서 일어난다. Fig. 2는 실제 빔리드의 파손 예이다.

개발 초기단계에서 전산해석에 의한 신뢰성 평가를 수행하기 위해서는 기본적으로 재료의 인장 및 피로 등의 기계물성이 필요하다. 본 연구에서는 TCP 빔리드의 소재인 구리박막의 기계물성을 인장 및 피로시험을 통해 구하였다.

특히, 서로 다른 공정으로 제조된 두 종류의 구리박막을 실험하여, 제조 공정이 구리박막의 기계물성에 미치는 영향을 비교하였다.

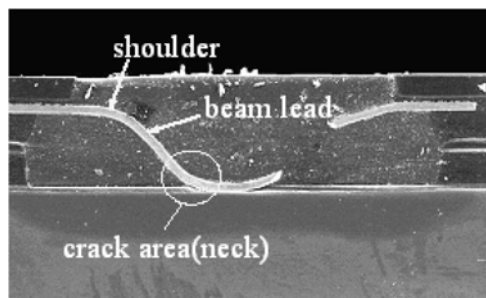


Fig. 1 SEM of cross section of TCP

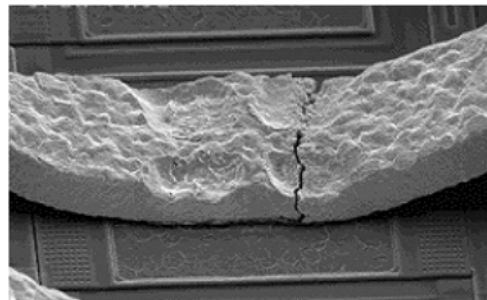


Fig. 2 SEM of beam lead crack in TCP

<sup>†</sup> 고려대학교 기계공학과 대학원  
E-mail : hyok@korea.ac.kr  
TEL : (02)3290-3749 FAX : (02)929-1718

\* 동명대학교 메카트로닉스공학과

\*\* 고려대학교 기계공학과

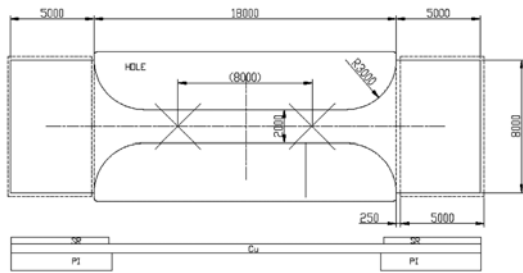


Fig. 3 The sketch of copper thin film specimen

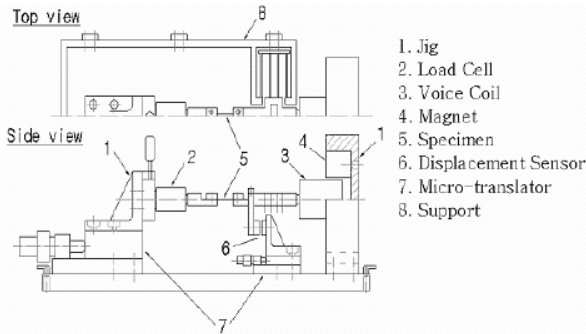


Fig. 4 Details of mechanical testing machine developed

## 2. 시편

제조 공정이 구리박막의 기계물성에 미치는 영향을 비교하기 위해, 서로 다른 도금 공정으로 제작된 두 종류의 시편을 이용하여 실험을 수행하였다. 하나는 선도금 방식으로 제작되었으며(Type A), 다른 하나는 후도금 방식으로 제작되었다(Type B). 선도금은 패턴 전체를 먼저 Sn으로 도금한 후 SR Coating을 하여 Curing하는 방법이며, 후도금은 SR Coating을 먼저 수행하여 Curing한 후 패턴의 나머지 부분을 도금하는 방법이다.

시편의 형상은 Fig. 3과 같다. 중앙의  $8000\mu\text{m}$  부분이 실험의 관심대상으로 폭은  $2000\mu\text{m}$ , 두께는  $15.26\mu\text{m}$ 이다.

## 3. 시험기

본 실험에 사용된 시험기는 박막 시편의 인장 및 피로 시험에 대해 보다 정확한 기계적 물성을 얻기 위해 본 저자가 고안한 것으로, 하중인가장치로 Voice-Coil을 사용한 것이 특징이며 이를 통해 정교하고 신속한 하중조건을 구현하였다. 시험기의 형상을 Fig. 4에 개략적으로 나타내었다. 하중 측정을 위해 사용된 Load Cell의 측정범위와 resolution은 각각  $2000\text{g}$ ,  $0.1\text{g}$ 이며, 변위측정을 위해 사용된 Gap Sensor의 측정범위와 resolution은 각각  $1250\mu\text{m}$ ,  $0.375\mu\text{m}$ 이다.

## 4. 인장시험 결과

### 4.1 인장시험

두 종류의 시편에 대해 각각 3회의 인장시험을 수행하였다. 시험은 변위 제어로 수행되었으며, 인장 속도는  $50\mu\text{m}/\text{min}$ 이다. 또한 탄성특성을 확실하게 나타나게 하기 위해 Loading, Unloading을 수회씩 반복하였다. 시험 결과로 Fig. 5와 같이 시편에 가해지는 하중과 시편 전체의 변위를 얻었다.

### 4.2 결과 분석

재료의 인장 물성을 구하기 위해서는 먼저 시험 결과를 공칭 응력-변형률 선도로 변환해야 한다. 공칭 응력은 시편에 가해진 하중을 초기 단면적으로 나누어 간단히 구할 수 있다. 그러나, 시험 결과로 얻은 변위는 시편 전체에서 발생한 변위이며 시편전체의 단면적은 균일하지 않으므로, 공칭 변형률을 구하기 위해서는 먼저 단면적이 균일한 부분의 변위인 표점 변위를 구해야 한다.

표점 변위를 구하기 위해 간단한 유한요소해석을 수행하였다. 시험에 사용된 시편과 같은 형상의 유한요소 모델로 탄성해석을 수행하여, 전체변위와 표점변위의 비를 구하였으며, 이 비를 시험 결과의 전체변위에 곱해주어 표점변위를 계산하였다. 공칭변형률은 위와 같이 계산된 표점변위를 초기 표점길이( $8000\mu\text{m}$ )로 나누어 구하였다.

공칭 응력-변형률 선도를 이용하여 재료의 인장 물성을 구하였다. 탄성계수는 초기 탄성구간의 기울기로 정의하였고, 항복강도는 0.2% offset 방법을 이용하여 구하였으며, 인장강도는 재료가 보여준 최대응력으로 정의하였다.

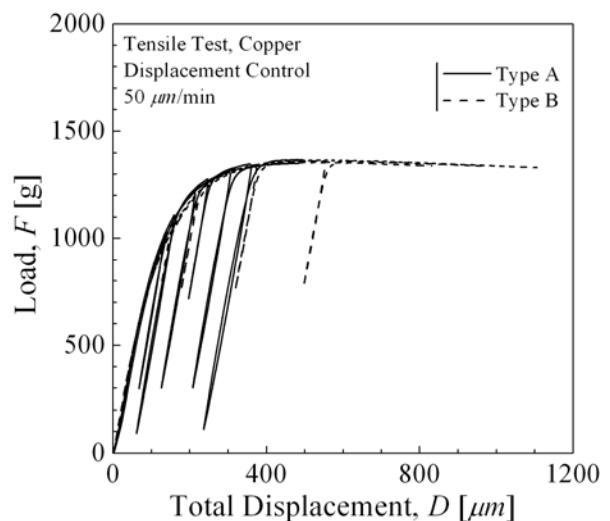


Fig. 5 Result data of tensile test

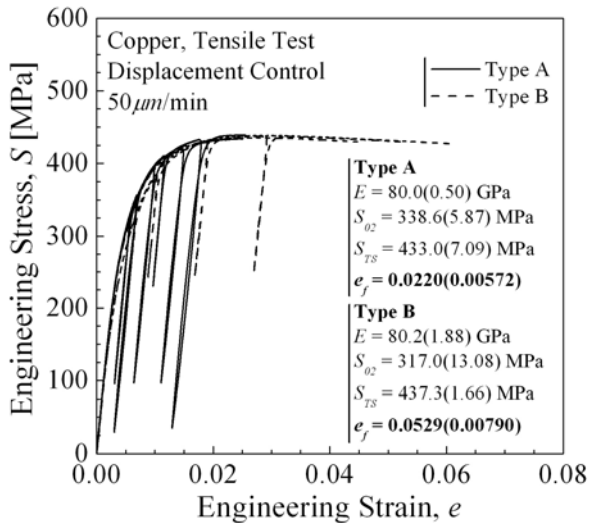


Fig. 6 Comparison of tensile properties for two kinds of specimen

각 시험 결과를 Fig. 6에 종합하였다. 탄성계수와 인장강도의 차이는 거의 없었으나, 항복강도는 약간의 차이가 발견되었으며, 선도금 공정이 후도금 공정보다 약 10% 높은 결과를 보였다. 반면, 파괴 변형률은 후도금 공정이 선도금 공정보다 2 배 이상 큰 결과를 보였다. 이는 후도금 시편은 최대 응력을 보인후 추가적으로 많은 변형을 일으키는 반면, 선도금 시편은 최대 응력 부근 혹은 그 이전에서 대부분 파괴되었기 때문이다. 따라서, 선도금 공정은 후도금 공정보다 재료의 항복강도가 높아 탄성 변형 구간이 큰 반면, 항복 강도 이상의 소성 변형에서는 파괴에 상대적으로 취약하다는 것을 알 수 있다.

## 5. 피로시험 결과

### 5.1 피로시험

4 절에서 구한 인장물성을 이용하여, 두 종류의 시편에 대해 피로시험을 각각 수행하였다. 박막 특성상 하중인가 방식은 “인장-인장”으로 하였으며, 하중제어를 통해 일정한 크기의 반복하중을 20 Hz의 속도로 가해주었다. 평균 응력을 인장 강도의 50%로 하여 다양한 응력비에 대한 피로시험을 수행하였다.

### 5.2 결과 분석

공정별로 보이는 수명의 차이를 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 7(a)는 응력진폭(Stress Amplitude,  $S_a$ )과 수명과의 관계를, Fig. 7(b)는 최대응력(Maximum Stress,  $S_{max}$ )과 수명과의 관계를 각각 나타낸 것이다. Fig. 7(a)에서 볼 수 있듯이, 응력진폭에서는 공정에 따른 차이를 거의 찾아볼 수 없었다. 반면,

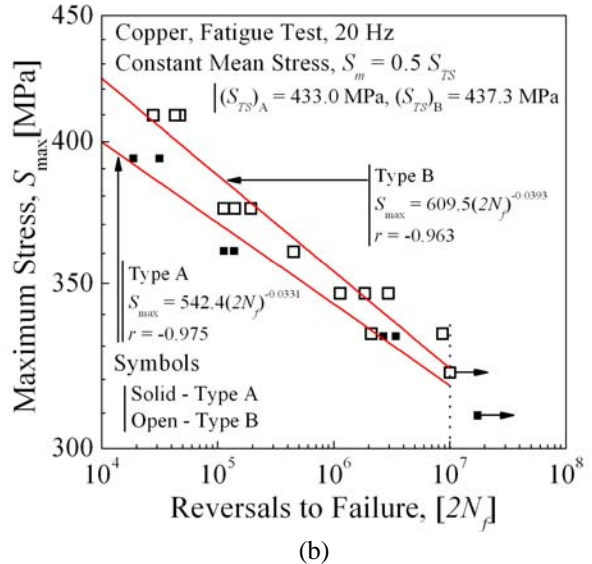
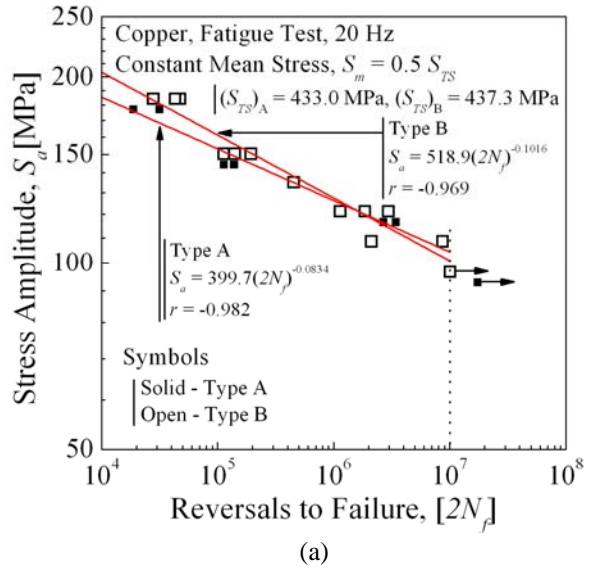


Fig. 7 Comparison of fatigue characteristic between two manufacturing processes; (a) for stress amplitude, (b) for maximum stress

Fig. 7(b)에서처럼 최대응력에 대해서는 선도금 공정의 수명이 후도금 공정보다 낮게 나오는 것을 볼 수 있다. 최대응력에 대한 이 결과는 4 절의 인장시험에서 확인한 바와 같이, 선도금 공정이 항복강도 이상의 소성변형에서는 파괴에 상대적으로 취약하다는 점에 기인한 것으로 사료된다.

## 6. 결론

본 연구는 TCP의 재료로 많이 사용되는 구리 박막에 대해, 선도금과 후도금의 두 공정으로 각각 제작된 시편의 인장 및 피로시험을 통해 공정에 따른 인장 및 피로특성의 차이와 경향을 확인하기 위해 수행되었다.

먼저, 인장시험을 통해 공정차이가 인장특성에 미치는 영향을 확인하였다. 탄성계수와 인장강도는 두 공정에 따른 차이가 거의 없었다. 그러나, 항복강도는 선도금 공정이 더 높은 값을 나타냄으로써, 선도금 공정은 후도금 공정보다 더 큰 탄성 변형구간을 갖는 것을 확인하였다. 반면, 파괴변형률은 후도금 공정이 선도금 공정보다 2 배 이상 크게 나타냄으로써, 항복 이후의 높은 하중에서는 선도금 공정이 상대적으로 파괴에 취약하다는 것을 확인하였다.

그리고, 피로시험을 수행하여 공정차이가 피로 특성에 미치는 영향을 확인하였다. 응력진폭에 대해서는 공정별로 큰 차이가 나타나지 않았으나, 최대응력에 대해서는 선도금 공정의 피로특성이 후도금 공정보다 낮은 것으로 나타났다. 이는 인장시험에서 확인한 높은 하중에서 선도금 공정이 상대적으로 파괴에 취약하다는 점에 기인한 것으로 사료된다.

## 7. 감사의 글

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(R01-2005-000-10400-0)지원으로 수행 되었음.

## 참고문헌

- (1) Wang, Z. P., et al, 1998, "Board Level Reliability of Chip Scale Package," IMAPS98, pp. 513~518.
- (2) Lee, Y. J. and Eyre, M. W., 2000, "Effects of Lead Bonding Process on Reliability of Chip Scale Package," Electronic Components & Technology Conference, 50<sup>th</sup>, pp. 1392~1397.
- (3) Lee, S. B. and Ham, S. J., 1999, "Accelerated Testing and Reliability Assessments of Solder Joints in Electronics Packaging," SEMICON Korea Technical Symposium, 99, pp. 205~212.
- (4) Park, J. H., Lee, H., Moon, H. J. and Oh, S. Y., 1999, "An Experimental Study of Fatigue Strength Characteristics of Beam Lead Material in MicroBGA Package," Electronics Manufacturing Technology Symposium, 24<sup>th</sup> IEEE/CPMT, pp. 222.
- (5) Tu, P. L., Chan, Y. C., Hung, K. C. and Lai, J. K. L., 2000, "Comparative Study of Micro-BGA Reliability Bending Stress," Advanced Packaging, IEEE Transactions, Vol. 23, No. 4, pp. 750~756.
- (6) Mertol, A., "Application of the Taguchi method to chip scale package (CSP) design," Advanced Packaging, IEEE Transactions, Vol. 23, No. 2, pp. 266~276.
- (7) Xie, D. J., Chan, Y. C., Lai, J. K. and Hui, I. K., 1996, "Fatigue Life Estimation of Surface Mount Solder Joints," IEEE Transactions on Components, Packaging and manufacturing Technology - Part B, Vol. 19, No. 3, pp. 669~678.
- (8) Gurumurthy, C. K., Jiao, J., Norris, L. G., Hui, C. Y. and Krammer, E. J., 1998, "A Thermo-Mechanical Approach for Fatigue Testing of Polymer Bimaterial Interfaces," Journal of Electronic Packaging, Transactions of the ASME, Vol. 120, pp. 372~378
- (9) Yu, Q. and Shiratori, M., 1997, "Fatigue-Strength Prediction of Microelectronics Solder Joints Under Thermal Cyclic Loading," IEEE Transactions on components, Packaging and Manufacturing Technology - Part A, Vol. 20, No. 3, pp. 266~273.
- (10) Fu, U. Y., Ume, I. C. and McDowell, D. L., 1998, "Thermal Stress and Fatigue Analysis of Plated - Through Holes Using an Internal State Variable Constitutive Model," Finite Elements in Analysis and Design, Vol. 30, pp. 1~17.
- (11) An, J. H., Kim, Y. J., Park, J. H., Kim, S. J., Kim, Y. J., Lee, Y. Z., 2005, "Evaluation of Mechanical Properties and FEM Analysis on Thin Foils of Copper," Journal of the KSTLE, Vol. 21, No. 2, pp. 71~76.