

프루브 팁용 BeCu 박막의 피로성질 연구

신명수[†], 박준협*, 서정윤**

A Study On Fatigue Properties Of BeCu Thin Film For Probe Tip

Myung-Soo Shin, Jun-Hyub Park and Jeong-Yun Seo

Key Words: Thin film(박막), Fatigue Properties(피로성질), Probe tip(프루브 팁), BeCu

Abstract

An micro-probe tip must be manufactured using thin film to evaluate integrity of the semiconductor with narrow distance between pads. In this study, fatigue tests were performed for BeCu thin film which is used in micro-probe tip of semiconductor test machine. The thin film was manufactured by electro plating process, and the specimens were fabricated by wire-cut electric discharge method to make hour glass type specimen of 5000 μ m width, 29200 μ m length and 30 μ m thickness. The fatigue test of load control with 10Hz frequency was performed, in ambient environment. The fatigue cycles were tension-tension with mean stress, at stress ratio, R=0.1.

1. 서론

단자의 개수 및 조밀도가 증가하고 있는 추세이며, 반도체 칩 디자인이 점점 소형화 되고 있음을 감안하여 이에 대응하는 캔틸레버(cantilever)형 프루브 시스템이 제작되고 있으나 이는 주로 MEMS(Micro-Electronic Mechanical System) 공정에 의해 제작되고 있어 고가의 공정장비가 필요하고, 이러한 한계를 극복하기 위해 새로운 제작 공정으로 만들어진 프루브 카드(probe card)에 대한 연구가 필요하다. 박막은 두께 감소에 따라 동종의 Bulk소재의 재료 물성과 다른 거동을 나타내므로 마이크로 디바이스의 설계에 앞서 인장 강도와 피로 성질 등과 같은 재료의 물성을 파악하는 것은 필수적이다.

본 연구에서는 두께 30 μ m의 Beryllium Copper alloy 박막의 기계적 물성과 피로 성질에 대한 시험을 수행함으로써 마이크로 프루브 팁 설계에 사용할 수 있는 data를 확보하고자 하였다.

2. 시편 및 시험기

2.1 시편의 설계 및 제작

BeCu 박막의 기계적 물성 파악을 위해 전기 도금(electroplating)을 이용하여 박막을 제작하여, 와이어컷 방전가공 방법(wire-cut electric discharge method)을 이용하여 인장시험에 사용될 도그본(dog-bone) 형태의 시편과 피로 시험에 사용될 모래시계(hour-glass) 형태의 시편을 각각 제작 하였다. Fig. 1의 인장 시편은 전체 길이 25000 μ m, 고정부 폭 5000 μ m, 중앙의 6000 μ m부분이 시험의 관심 대상 부분이며, 폭은 1000 μ m, 두께는 30 μ m이다. Fig. 2의 피로 시편은 전체 길이 29200 μ m, 중앙부에 1000 μ m의 폭과 반경24000 μ m로 제작하였다.

[†] 동명대학교 메카트로닉스공학과 대학원

E-mail : yam11@tu.ac.kr

TEL : (051)629-1581 FAX : (051)629-1589

* 동명대학교 메카트로닉스공학과

** (주)리노공업 R&D Center

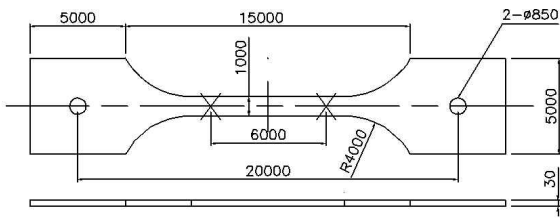


Fig. 1 The sketch of tensile testing specimen

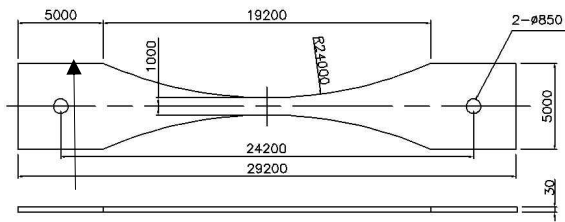


Fig. 2 The sketch of fatigue testing specimen

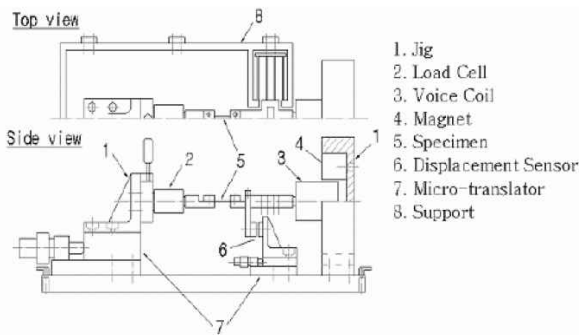


Fig. 3 Details of mechanical testing machine

2.2 시험기

본 실험에 사용된 시험기는 박막 시편에 대해 보다 정확한 기계적 물성을 얻기 위해 고안된 것으로 Fig. 3 과 같은 구성을 가진다. 하중을 인가하는 장치로 Voice-coil을 사용하여 정교하고 신속하게 하중을 인가할 수 있게 하였으며, 하중을 측정하는 로드셀(Load-cell)은 4500gf의 용량과 0.1g의 resolution을 가지고, 변위를 측정하기 위해 사용된 정전용량형(Capacitance) 센서의 측정 범위와 resolution은 각각 $1250 \pm 625 \mu\text{m}$ 와, $0.375 \mu\text{m}$ 이고, $125 \mu\text{m}/\text{V}$ 의 Output을 가진다.

4. 인장 시험

4.1 인장 시험

인장 시험은 앞서 Fig. 1에서 도시한 도그본 형 시편에 5개에 대해 변위 제어의 축 하중 단순 인장 시험을 수행하였다. 시험 속도는 $90 \mu\text{m}/\text{min}$ 으로

8.3MPa/min으로 수행하였다. 각 시편의 시험 결과인 하중-변위 선도를 공칭 응력-공칭 변형률 선도로 변환하여 부하 구간의 기울기에서 재료의 탄성계수를 구하고, 0.2 offset 방법을 이용하여 재료의 항복강도, 인장강도는 인장시험 시 나타난 재료의 최대 응력으로 정의하였다.

4.2 시험 결과 분석

인장 시험 결과를 Table 1 과 Fig. 4 에 종합하였다. 탄성 계수는 Bulk 물성치 128GPa과 비교했을 때 낮은 값인 86GPa의 결과를 나타내었다. 항복 강도는 Bulk 물성치 1034MPa과 거의 유사한 값으로 1024MPa의 결과를 나타내었고, 인장강도는 1081MPa로 Bulk 물성치 1034MPa과 비교해 약간 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 박막의 size effect에 의한 영향, 또는 박막 제조 가공 공정에서 발생하는 잔류응력 등의 영향으로 생각되어진다.

Table 1 Tensile test result

	Bulk material	Thin film
Elastic Modulus [GPa]	128	86 ± 1.34
Yield strength [MPa]	1034	1024 ± 9.96
Ultimate tensile strength [MPa]	1206	1081 ± 10.45

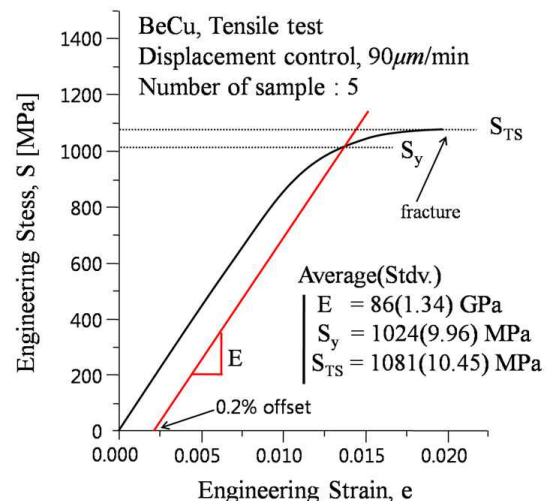


Fig. 4 Details of mechanical testing machine

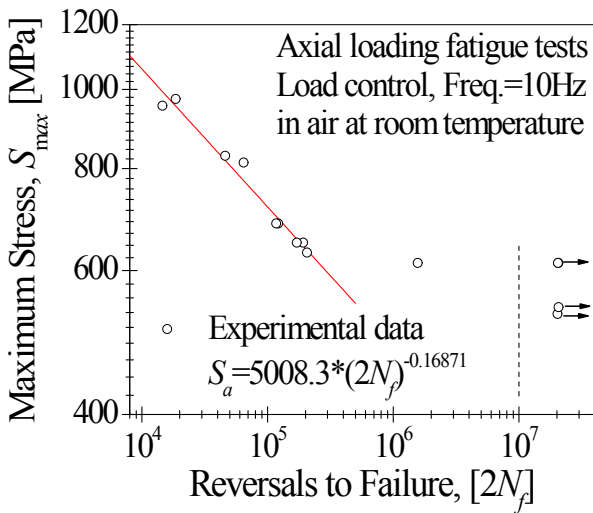


Fig. 5 The maximum stress - life curve of BeCu thin film

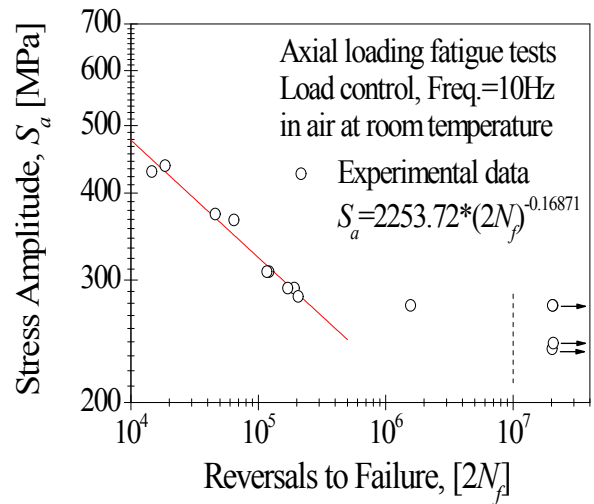


Fig. 6 The stress amplitude - life curve of BeCu thin film

5. 피로 시험

5.1 피로 시험

4절의 인장 시험을 통한 재료 물성을 이용하여 피로 시험을 수행하였다. 시험은 하중 제어 방식으로 이루어졌고, 각 시험에서 부하한 최대 응력은 인장강도의 50%~90%로 박막의 특성상 응력비 $R=0.1$ 의 “인장-인장” 실험을 10Hz의 속도로 수행하였다.

5.2 시험 결과 분석

실험의 최대 응력(Maximum Stress, S_{max})과 수명과 관계를 Fig. 5, 응력 진폭 (Stress amplitude, S_a) 과 수명의 관계를 Fig. 6에 나타내었다. 시험 결과 피로 강도 계수(fatigue strength coefficient, σ_f)는 2253MPa, 피로 강도 지수(fatigue strength exponent, b)는 -0.16871의 값을 가졌다. 응력 진폭 350MPa, 최대응력은 인장 강도의 60%인 약 650MPa 전, 후로 적은 응력 차이에도 극도로 민감하게 반응하는 경향을 보였다.

6. 결론

본 연구는 프루브 팁에 재료로 사용되는 BeCu 박막에 대해 기존의 MEMS 공정이 아닌 와이어 컷 방전 가공으로 제작된 시편에 대해 인장 시험과 피로 시험을 통해 Bulk 물성과 차이를 가지는

인장 및 피로 특성에 대한 DATA를 확보하기 위해 수행되었다. 먼저 인장 시험을 통해 탄성계수 86GPa, 항복강도 1024MPa, 인장강도 1081MPa의 결과를 얻었고 Bulk 물성과 차이를 가지는 것을 확인하였다. 그리고 피로 시험에서는 와이어 컷 방전 가공 방법을 통해 가공된 시편에서의 불균열한 가공 면에 의해 특정 구간에서 미세한 응력 차이에도 수명이 급격한 차이를 보이고, 피로 수명의 흠어짐이 크지만 무한 수명 설계의 기준이 되는 피로 한도가 나타났고, 향후 이 DATA는 유한요소해석을 이용한 설계 시 유용하게 사용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- (1) Park, J. H., Kim, C. Y., Choa, S. H., Lee, C. S., Che, W. S., and Song, J. H., 2005, “New structures and techniques for easy axial loading test of static and fatigue properties of MEMS materials”, *Key Engineering Materials*, Vols. 297-300:545-550.
- (2) Park, J. H., An, J. H., Kim, Y. J., and Choi, H. C. (in press), "Effect of Fabrication on High Cycle Fatigue Properties of Copper Thin Film", *Acta Mechanica Solida Sinica*
- (3) Baeg, C. H., Hong, J. W., Wey, M. Y., and Kang, H. J., 2000, "Structure & Fatigue Behavior of TiCN And TiN/TiCN Thin Film", *Korea*

- Society Of Heat Treatment*, Vol. 13, No. 6, pp324~329.
- (4) Seo, K. J., Han, S. W., Kim, W. D., Lee, H. J., Lee, H. W., Shin, J. H., and Lee, J. H., 2006, "Evaluation of the fatigue life of thin rolled and electrodeposited Cu Foils for flexible printed circuit board", *Trans. of the KSME*, Vol. 9, No. 6, pp. 2749~2753.
- (5) Park, J. H., Myung, M. S. and Kim, Y. J., 2006, "Size Effect on Tensile Strength of Surface-Micromachined Al-3%Ti Thin Film", *Key Engineering Materials*, Vols. 326-328:313-316.
- (6) An, J. H., Kim, Y. J., Park, J. H., Kim, S. J., Kim, Y. J., and Lee, Y. J., 2005, "Evaluation of Mechanical Properties and FEM Analysis on Thin Foils of Copper", *Journal of the KSTLE*, Vol. 21, No. 2, pp 71~76