

마이크로 스프링을 이용한 수직형 프로브 카드 제작

민철홍*, 김태선**
가톨릭대학교 컴퓨터공학과*
가톨릭대학교 정보통신전자공학부**
E-mail : *ventura@catholic.ac.kr, **tkim@catholic.ac.kr

Design of Micro-Spring for Vertical Type Probe Card

Chul Hong Min*, Tae Seon Kim**
Dept. Computer Science & Engineering*
Dept. Information, Communications & Electronics Engineering
Catholic University of Korea**

Abstract

본 논문은 100um와 80um의 텅스텐 와이어를 이용하여 세라믹(Ceramic)기판에 홀(Hole)을 뚫어 텅스텐 와이어를 수직으로 세우는 방식으로 수직형의 마이크로 스프링을 제작하였다. 마이크로 스프링의 설계를 위해 제한된 실험 결과와 신경회로망을 이용하여 텅스텐 와이어의 두께와 높이, 쉬프트(Shift)의 양을 변화시키면서 장력(Tension force)을 모델링하였고 제작을 통해 검증하였다. 이는 기존의 수평형 프로브카드의 한계를 대체할 수 있는 수직형 프로브카드의 핵심 모듈로서 멀티다이(Multi Die) 뿐만 아니라 범핑(Bumping)타입의 칩 테스트도 가능하다.

I. 서론

프로브카드는 프로브의 구성에 따라 3가지 타입으로 나눌 수 있다. 현재 가장 보편적으로 사용되는 수평형의 프로브 카드는 프로브 탐침을 수평으로 배열하고 그 탐침들의 장력을 스프링으로 이용하는 방식이다 [1][2]. 그러나 수평형 프로브 카드는 반도체의 고집적화와 SOC(System On Chip)형태의 다양한 칩들의 개발로 인해 칩 패드간격은 감소하고 테스트해야 할 패드의 수가 증가하면서 프로브 탐침을 적층하는 기술적 한계와 프로브 탐침의 일정한 장력조절이 어려워진 상태이다. 예를 들어 탐침의 장력이 일정하지 않으면 칩 패드의 프로빙마크가 불규칙적으로 생기게 되며, 프로

빙마크가 불규칙하다는 것은 리드 프레임과 칩패드 사이의 와이어본딩이 완전하지 못하다는 것을 의미한다. 심지어 불규칙적으로 몇 개의 탐침만 장력이 너무 강하게 되면 칩을 손상시킬 수 있기 때문에 프로브카드를 제작할 경우 반드시 고려해야 할 사항이다. 한편, 이러한 수평형 프로브카드의 한계를 극복하기 위해 미세패턴가공공정(MEMS)을 이용한 MEMS타입의 프로브카드들이 개발되고 있다[3][4][5][6]. 그러나 MEMS 타입의 프로브카드는 핵심모듈인 Si기판과 PCB와의 연결이 어려우며 MEMS공정으로 만들어진 탐침의 장력이 약하여 접촉저항이 크다. 또 다른 형태의 프로브카드는 세라믹PCB 기판위에 직접 마이크로 스프링을 형성시키고 그 끝단에 MEMS공정으로 탐침을 만드는 방법을 사용하지만 MEMS공정을 이용하는 모든 프로브카드는 가격이 비싸므로 가격경쟁력이 떨어진다.[7] 본 논문은 세라믹기판에 홀을 뚫어 텅스텐 와이어를 수직으로 세우고 쉬프트를 주어 스프링구조를 만드는 방식으로 마이크로 스프링을 제작하였다. 그리고 CNC(computer numerical control) 머시닝 센터를 이용하여 스프링의 장력을 측정하고 그 데이터를 오류 역전과 신경회로망(feed-forward error backpropagation neural networks)의 학습패턴으로 사용하여 마이크로 스프링의 장력을 모델링 하였다. 수직형의 마이크로 스프링 구조를 갖는 수직형 프로브카드는 멀티다이 테스트나 범핑타입 테스트에서 기존의 수평형 프로브카드의 한계를 대체할 수 있을 뿐 아니라 MEMS타입의 프로브카드 같이 생산시설투자 없이 기존의 수평형 프로브카드의 공정을 이용하여 제작할 수 있다.

II. 수직형 프로브 카드 모듈 제작

수직형 프로브카드의 모듈은 텅스텐 와이어의 위치를 잡아주는 세라믹기판과 텅스텐 와이어의 높이를 유지시켜주며 프로브 카드 모듈을 PCB에 결합시켜주는 보강판(Stiffener) 그리고 세라믹기판으로부터 텅스텐 와이어가 탈락되지 않도록 잡아주는 브릿지(Bridge)로 나뉘어 진다. 그림1.은 수직형프로브카드의 단면도이다.

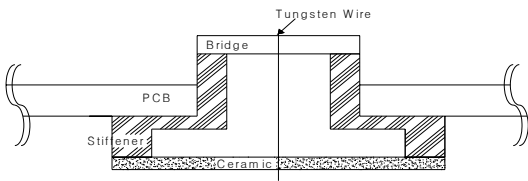


그림 1. Module의 단면도

2.1 세라믹 기판 제작

세라믹 기판은 Customer의 Device pad좌표와 같은 위치로 제작을 하며, 프로브 역할을 하는 텅스텐 와이어와 위치를 잡아주는 세라믹이 유격을 갖고 스프링 역할을 할 수 있도록 텅스텐 와이어의 두께에 따라 홀의 너비를 다르게 가공해야 한다. 즉, 100 μ m의 텅스텐 와이어를 사용한다면 세라믹 기판은 110 μ m의 너비를 갖는 홀로 세라믹을 가공해야 하며 80 μ m의 텅스텐 와이어를 사용한다면 85~90 μ m의 세라믹 홀을 가공해야 한다. 또한 스프링 구조를 만들기 위해 텅스텐 와이어를 쉬프트 할 경우 세라믹 기판의 홀과 텅스텐 와이어의 두께 차이로 인해 텅스텐와이어의 팁이 실제 Device pad의 좌표와 오차가 생기게 된다. 이 경우 텅스텐와이어의 팁과 실제 Device pad 간의 오차만큼 쉬프트 방향으로 세라믹의 홀을 이동하여 가공하면 된다. 그림2.는 세라믹 홀의 너비와 높이 그리고 텅스텐 와이어의 두께에 따른 텅스텐와이어의 팁과 실제 Device pad의 오차를 시뮬레이션한 결과이다

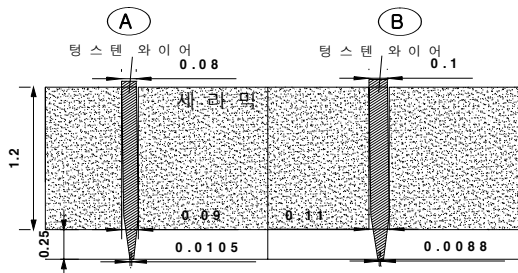


그림 2. 텅스텐와이어 팁과 실제 pad의 오차(단위:mm)

그림2. 의 ㉠는 세라믹 홀의 두께가 1.2mm, 홀의 너비가 0.09mm인 세라믹 홀에 0.08mm의 텅스텐와이어를 삽입했을 경우 와이어의 팁과 실제 Device pad 간의 오차가 약 0.0105mm정도 있음을 보여주며, ㉡도 같은 조건에서 세라믹 홀의 너비가 0.11mm, 텅스텐 와이어의 두께0.1mm의 경우 약0.0088mm의 오차가 있음을 보여준다. 그러므로 세라믹 기판을 실제 Device pad좌표보다 시뮬레이션결과만큼 쉬프트된 방향 쪽으로 이동시켜 가공해야지만 실제Device pad의 중앙에 정확히 접촉될 수 있다.

2.2 브릿지(bridge) 제작

브릿지는 세라믹 홀에 삽입되어 있는 텅스텐 와이어가 탈락되는 것을 막아주며, 그 두께와 쉬프트의 양에 따라 스프링의 모양이 결정된다. 스프링의 모양은 스프링의 장력과 밀접한 관계가 있으므로 Device에 따라 그의 선택이 중요하다. 예를 들면 브릿지 두께가 두껍고 브릿지의 홀이 작으면 그림3. 의 ㉠와 같은 스프링의 모양을 가지며, 브릿지 두께가 얇고 홀의 크기가 커지면 그림3. 의 ㉡ 모양의 스프링 구조를 갖는다.

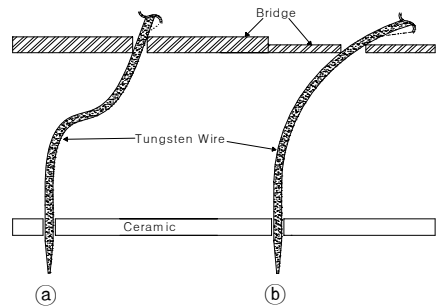


그림 3. 브릿지의 두께와 너비에 따른 스프링의 모양

그림3. 의 스프링구조에 오버드라이브(overdrive, 이하 O.D.)를 주게 되면 그림4.와 같은 스프링 구조를 가지면서 장력을 갖게 된다. 그림4. 의 ㉠,㉡ 구조는 칩 Device에 따라 선택적으로 사용할 수 있다.

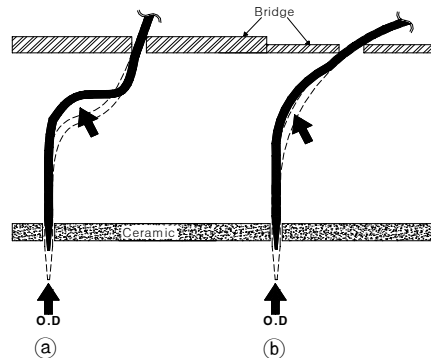


그림 4. O.D 時 스프링 구조변화

III. 마이크로 스프링 장력평가

마이크로 스프링은 그림5. 에서 같이 높이(H)와 쉬프트의 양(S) 그리고 텅스텐와이어의 두께(D)를 이용하여 장력을 조절할 수 있으며 이러한 변수들은 마이크로 스프링이 복원이 될 수 있는 영역 내에서 결정되어야 한다. 마이크로 스프링의 장력을 실험하기 위해서 높이 변수는 14~8mm, 쉬프트양은 5~7mm 범위 내에서 1mm 씩 변화를 주면서 장력을 실험하였으며, 텅스텐와이어의 두께는 0.1mm, 0.08mm 두 종류로 하였다.

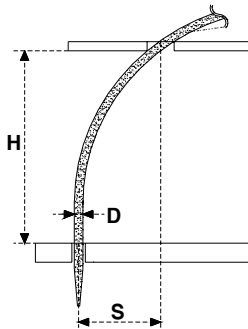


그림 5. 마이크로 스프링의 장력 변수

3.1 CNC 머시닝 센터를 이용한 마이크로 스프링 실험

마이크로 스프링은 그림4. 의 ①구조로 테스트 모듈을 제작하여 그림6. 과 같이 CNC 머시닝 센터의 Z축에 고정을 시켰다.

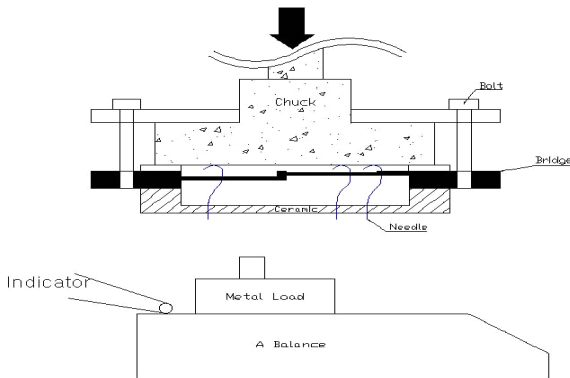


그림 6. CNC머시닝 센터를 이용한 모듈테스트

그리고 Z축을 10 μ m씩 내려 O.D를 주었으며 정확한 O.D양을 측정하기 위해 전자저울이 들어가는 길이를 테스트 인디케이터(test indicator)로 측정하였다. 만약 프로브에 10 μ m의 O.D를 주어 그의 장력을 테스트하려면 CNC 머시닝 센터의 Z축은 저울이 들어가는 길이를 고려하여 12 μ m을 내려야 한다. 식(1)은 실제 스프링

에게 가해지는 O.D양의 계산식이다.

$$O.D(r) = Z(CNC) - I(INDICATOR) \quad (1)$$

여기서, Z(CNC)는 CNC 머시닝 센터의 Z축이 움직인 거리이며 I(INDICATOR)는 인디케이터가 움직인 거리이다.

3.2 마이크로 스프링 실험 결과

마이크로 스프링 모듈에 O.D를 10 μ m씩 주면서 스프링의 장력을 테스트 한 결과 높이(H)가 높을수록 쉬프트(S)가 클수록 텅스텐와이어의 두께(D)가 작을수록 스프링의 장력이 작게 나왔다. 그림7.은 높이(H)가 10mm인 경우 쉬프트(S)와 텅스텐와이어의 두께(D)에 따른 스프링 장력테스트 결과를 그래프화 한 것으로 높이(H)가 10mm, 쉬프트(S) 5mm, 와이어두께 0.1mm의 마이크로 스프링의 경우 O.D 160 μ m에서 스프링의 장력은 약 50g 정도임을 나타낸다.

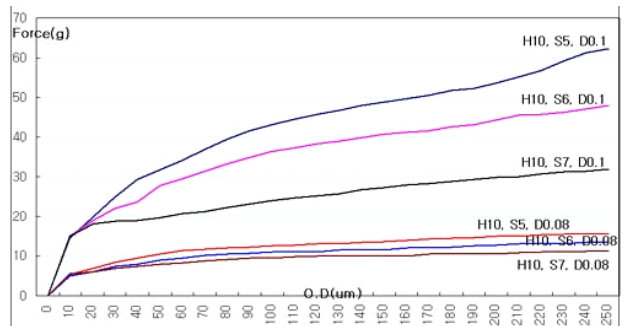


그림 7. 스프링 장력 테스트 결과

IV. 마이크로 스프링의 장력 모델링

4.1 신경회로망 학습데이터 구성

수직형 프로브카드의 마이크로 스프링은 제작형태에 따라 다양한 두께, 높이 및 쉬프트량을 갖게 되며, 모든 상황에 대한 장력평가는 필수적이다. 그러나, 모든 경우에 대해 미리 제작하여 장력을 평가할 수는 없으므로 제한된 실험결과를 통해 스프링의 장력을 모형화하여 예측할 수 있다면, 제작시간 및 비용을 줄일 수 있다. 본 논문에서는 3.2절에서의 장력테스트결과를 오류 역전파 신경회로망의 학습데이터로 사용하여 스프링의 장력을 모델링 하였다. 표1.은 신경회로망의 학습에 사용된 입력조건이다. 각각의 조건에서 O.D값은 10 ~ 250 μ m까지 10 μ m단위로 측정한 스프링의 장력 데이터 25개씩 총 300개의 데이터를 입력으로 학습을 시켰다.

표 1. 신경회로망의 학습데이터 <단위 : mm>

높이 (H)	쉬프트양(S)	와이어두께(D)	O.D
12	5	0.1	각각의 경우에서 10 ~ 250 μ m 까지 10 μ m씩 변화 시키면서 스프링의 장력실험
	7	0.1	
	5	0.08	
	7	0.08	
10	5	0.1	
	6	0.1	
	5	0.08	
	6	0.08	
8	6	0.1	
	7	0.1	
	6	0.08	
	7	0.08	

4.2 마이크로 스프링 모델링 결과

마이크로 스프링의 장력을 예측하기 위한 신경회로망은 표1에 나타난 바와 같이 높이, 쉬프트양, 와이어 두께 및 O.D.량을 모델의 입력으로 사용하고, 출력은 스프링의 장력값으로 정의했다. 오류 역전파 신경회로망을 사용했으며 은닉층과 출력층은 시그모이드함수이다. 그림8. 는 스프링장력을 모델링 결과로서 높이 10 mm에서 쉬프트와 와이어 두께에 따른 장력을 그래프로 나타냈으며 입력데이터로 학습시키지 않은 쉬프트양 7 mm의 데이터 값을 추출한 결과 실험값과 13.7%의 오차를 보였다. 같은 방법으로 전체 데이터를 추출하여 실험값과 비교해본 결과 94.4%의 정확도를 보였다. 이는 모든 변수에 대해 마이크로 스프링을 제작하여 테스트하지 않고도 94.4%의 신뢰도를 갖는 스프링의 장력데이터를 얻을 수 있음을 의미한다. 또한 빠르고 단순한 모델링 기법으로 짧은 시간에 결과를 도출할 수 있으며 테스트 제작비용도 줄일 수 있다.

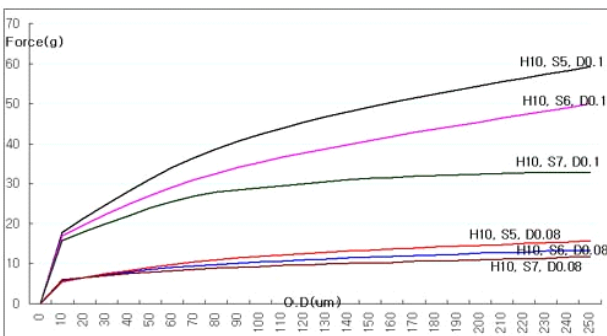


그림 8. 스프링 모델링 결과

V. 결론

본 논문에서는 세라믹 기판에 홀을 뚫어 텅스텐 와이어를 수직으로 세우고 쉬프트를 주어 마이크로 스프링을 만드는 구조로 수직형의 프로브 탐침을 갖는 수직형 프로브카드를 제안한다. 그리고 실제 웨이퍼 칩 테스트에서 칩패드와의 접촉저항과 수율 등에 중요한 원인이 되는 마이크로 스프링의 장력을 측정하기 위해서 텅스텐 와이어의 두께와 높이, 쉬프트(Shift)의 양을 설정하고 실제모듈을 제작하였다. 그리고 그 결과를 신경회로망의 학습패턴으로 사용하여 마이크로 스프링의 장력을 모델링 한 결과 94.4%의 정확도를 보였다. 수직형 프로브카드는 고집적회로와 멀티다이 테스트로 인한 기존 수평형 프로브카드의 적층문제를 해결할 수 있으며 범용타입의 칩 테스트도 가능하다.

참고문헌

- [1] http://www.jem-net.co.jp/en/products/pro_han_kpc.html
- [2] Iwai, H, Nakayama, A, Itoga, N, Omata, K., "Cantilever type probe card for at-speed memory test on wafer", VLSI Test Symposium IEEE, pp.85~89, 2005
- [3] Young-Min Kim, Ho-Cheol Yoon, and Jong-Hyun Lee, "Silicon Micro-probe Card Using Porous Silicon Micromachining Technology", ETRI Journal, 2005, pp.433~438, 2005
- [4] Itoh, T.; Kawamura, S.; Kataoka, K.; Suga, T, "Contact Properties of Micromachined Ni Probes", IEEE Holm Conference, pp.223~227, 2003
- [5] Shingo, K.; Kataoka, K.; Itoh, T.; Suga, T, "Design and fabrication of an electrostatically actuated MEMS probe card", TRANSDUCERS, Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems, pp.1522~1525, 2003
- [6] Chun, Seon-Ho Seok, Hyeon-Cheol Kim, Kukjin Chun, "A vertically guided MEMS probe card with deeply recessed trench-type cantilever", MEMS, IEEE International Conference, pp.271~274, 2005
- [7] Marcus, R.B, "A new coiled microspring contact technology", Electronic Components and Technology Conference, pp.1227~1232, 2001