

논문 2011-48SD-1-1

# 멤스 프로브 카드를 위한 깊은 트렌치 안에서 S 모양의 일체형 미세피치 외팔보 프로브 형성공정 개발

(Process Development of Forming of One Body Fine Pitched S-Type  
Cantilever Probe in Recessed Trench for MEMS Probe Card)

김 봉 환\*

(Bong Hwan Kim)

## 요 약

본 논문에서는 미세피치 프로브 카드 제작을 위한 S 모양의 일체형 외팔보 프로브 형성방법에 대하여 기술하였다. 미세 피치 프로브를 위하여 Deep RIE etching을 이용하여 실리콘 트렌치 안에 일체형 프로브 빔과 팁을 형성하는 방법을 사용하였고, 피라미드 팁의 형성을 위하여 KOH 및 TMAH 습식식각을 이용하였으며, 습식식각시 방향성을 가지는 실리콘 웨이퍼에서도 휘어진 형태의 프로브 빔을 형성할 수 있는 건식 식각 및 습식식각 방법을 제시하였다. 따라서 제작된 외팔보 형태의 프로브는 디램(DRAM), 플래시 메모리(Flash memory) 용 프로브 카드 제작에 사용될 뿐만 아니라 RF 소자용 프로브 카드, 아이씨 테스트 소켓(IC test socket)용 프로브 탐침에도 사용 될 것이다.

## Abstract

We have developed the process of forming one body S-type cantilever probe in the recessed trench for fine-pitched MEMS probe card. The probe (cantilever beam and pyramid tip) was formed using Deep RIE etching and wet etching. The pyramid tip was formed by the wet etching using KOH and TMAH. The process of forming the curved probe was also developed by the wet etching. Therefore, the fabricated probe is applicable for the probe card for DRAM, Flash memory and RF devices tests and probe tip for IC test socket.

**Keywords:** S type cantilever probe, one body, wet etching, MEMS probe card

## I. 서 론

반도체 제조 기술과 테스트 기술의 발전에 힘입어, 최근의 프로브 카드는 하나의 웨이퍼에서 소자를 측정함에 있어 Dynamic random access memory (DRAM, 디램)용인 경우 동시에 256 개 이상, Flash memory 용인 경우 180 여개 이상까지 측정할 수 있는 제품이 상

용화되었다<sup>[1-3]</sup>. 프로브 카드는 반도체 테스터(tester)와 프로버(prober) 사이에서 전기적 신호를 주고받는 장치로서, 신호를 왜곡이 없이 잘 전달할 수 있어야 한다(그림 1 참조). 반도체 소자의 패드 수가 늘어나고 피치가 줄어드는 경향으로 인해 대부분의 DRAM용 프로브 카드는 텅스텐 니들을 사용하던 기존 방식과는 달리 Micro-electro-mechanical systems (MEMS) 기술을 이용한 방식으로 제작된다<sup>[1-8]</sup>. 상용화된 MEMS 프로브 카드는 100  $\mu\text{m}$  전후의 패드 피치에 대응하는 제품이므로 프로브 카드의 피치 또한 이와 동일하다. 미세 피치용 프로브 카드는 기술적으로는 25  $\mu\text{m}$  이하까지 충분히 제작 가능하다<sup>[9]</sup>. 주로 Liquid Crystal

\* 정회원, 대구가톨릭대학교 전자공학과  
(Department of Electronics Engineering, Catholic University of Daegu)

※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2010-0005019)

접수일자: 2010년8월9일, 수정완료일: 2011년1월1일

Display (LCD) panel 테스트에 사용되는 1.5 세대 MEMS 기술을 이용하는데 단순히 실리콘 웨이퍼를 가공하여 거기에 BeCu 나 Ni 합금 같은 sheet metal을 가공하여 삽입한 경우이다. 또한 수에서 수십 파라 (parallelism) 미만의 특정한 배열의 패드인 경우 수십  $\mu\text{m}$  의 패드 피치로 제작 가능하지만, 실제 다양한 형태의 패드를 가지는 웨이퍼 레벨의 제품을 테스트 하기는 어렵다. 미세피치가 가능한 프로브 카드는 Itoh<sup>[4]</sup> 등, Kataoka<sup>[5]</sup> 등, Rosamond<sup>[6]</sup> 등이 제작하였지만, 실제 제품인 DRAM 프로빙에 충분한 힘을 내기에는 불충분 하였다. 미세 피치 프로브를 구현하는 좋은 방법 중의 하나는 고품상비를 가지고 건식 식각을 할 수 있는 Deep reactive ion etching (DRIE) 장비를 이용하여 프로브 빔과 프로브 팁을 일체형으로 구현하는 것이다<sup>[7~8]</sup>. 실리콘을 이용하여 일체형 프로브 빔을 형성하려면 반드시 습식식각을 통하여 피라미드 모양의 탐침을 만들어야 하는데 이때 실리콘의 방향성 때문에 빔이 휘어지는 형태의 프로브 빔을 만들 수 없게 된다. 본 논문에서는 실제 웨이퍼 레벨 테스트 제품에 응용 가능한 미세피치 프로브 카드 제작을 위하여, 실리콘 트렌치 안에 일체형 S자 모양의 프로브 빔과 팁을 형성하는 방법에 대하여 기술하였다<sup>[10]</sup>.

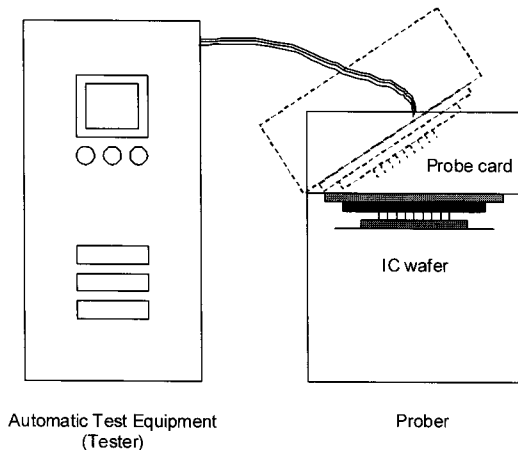


그림 1. IC 소자 테스트 프로브 시스템  
Fig. 1. IC device test probe system.

## II. 설계

MEMS 프로브 카드에서 경도와 스트레스, 마모는 중요한 기계적 특성이다<sup>[7~8]</sup>. 일반적으로 제품에 사용되는 프로브 카드는 25  $\mu\text{m}$  의 변형마다 0.8~1.3gf 정도의 접촉힘을 가지고 150  $\mu\text{m}$  정도의 변형까지 탄성을 가질

수 있도록 설계되어야 한다<sup>[7~8]</sup>. 본 논문에서는 방향성을 가지는 실리콘 웨이퍼에서 일체형으로 구현할 수 있는 DRAM용 프로브 대하여 간단한 외팔보 구조로 설계하였다. 먼저 설계는 일반적으로 알려진 외팔보에 관련된 수식과 ANSYS 시뮬레이터를 이용하여 150  $\mu\text{m}$  이상의 오버드라이버에도 견딜 수 있게 프로브 빔과 팁을 설계하였다<sup>[7~8]</sup>.

## III. 실험

### 1. 피라미드 팁 형성 방법

미세 피치 프로브를 구현하기 위해서는 반드시 일체형으로 프로브 빔과 팁을 구현해야 하고 실리콘 내부에 피라미드 팁을 만드는 것이 중요하기 때문에 피라미드 팁 형성공정을 개발하였다. 피라미드 형성 후 정확한 깊이와 크기를 측정하기 위하여 격자로 된 사각형을 만들어서 세로로 자를시(cutting)에 항상 격자 중 일부가 잘리게 설계하였다. 피라미드 팁의 크기는 가로세로 10  $\mu\text{m}$  x 10  $\mu\text{m}$  가 되도록 설계하였다. 공정은 실리콘 웨이퍼를 120  $\mu\text{m}$  깊이로 건식식각하고 Plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD) 산화막 1  $\mu\text{m}$ 를 증착한 후 바닥 부분의 산화막을 건식식각으로 제거하였다. 이 때 표면의 산화막의 두께는 1  $\mu\text{m}$  이었고, 바닥은 100 nm 정도였다.

바닥의 산화막을 충분히 제거하기 위하여 처음 두께 (1  $\mu\text{m}$ )를 식각할 수 있는 시간의 700%(총 7  $\mu\text{m}$ )에서 30%(1.3  $\mu\text{m}$ )까지 조건으로 건식 식각하였다. 먼저, 건식식각을 700%나 과식각(overetch)하였지만 바닥에 피라미드 팁의 형상이 만들어지지 않았다. 이는 바닥의 산화막이 완전히 제거되지 않은 것으로, 이를 해결하기 위해 바닥에 산화막을 제거하면서 습식식각이 가능한 potassium hydroxide (KOH) 용액으로 먼저 식각한 후

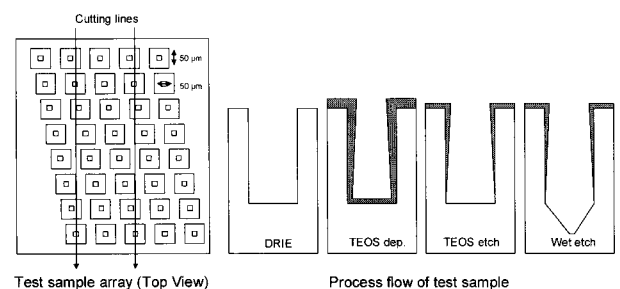


그림 2. 테스트 패턴과 공정방법  
Fig. 2. Test pattern and fabrication method.

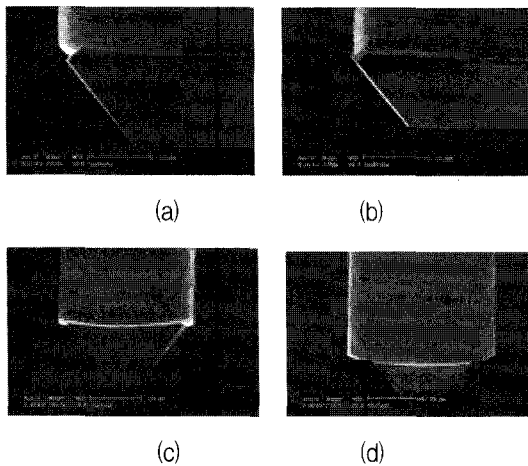


그림 3. 과건식각 후 KOH, TMAH로 바닥면에 피라미드 팁을 형성하는 과정. (a) 바닥 산화막 700% 과식각, (b) 바닥 산화막 100% 과식각, (c) 바닥 산화막 50% 과식각, (d) 바닥 산화막 30% 과식각

Fig. 3. Pyramid formation process in KOH and TMAH. (a) bottom oxide 700% overetching, (b) bottom oxide 100% overetching, (c) bottom oxide 50% overetching, and (d) bottom oxide 30% overetching.

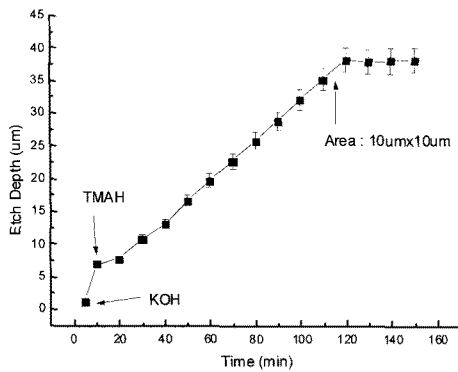


그림 4. KOH와 TMAH를 이용한 피라미드 팁습식각을 처음 5분동안은 KOH 을 이용하여 식각하였고, 그 이후는 TMAH를 이용한 식각을임

Fig. 4. Wet etch rate of pyramid tip in KOH and TMAH etching. The process conducted in KOH for 5 minute and in TMAH for the rest of the time.

tetramethyl ammonium hydroxide (TMAH)를 이용하여 실리콘을 식각하여 피라미드 팁을 만들었다. 이때 KOH 식각 시간이 5분 이상을 넘어가면 측면의 산화막도 동시에 식각이 진행되어 측면이 손상되는 현상이 발생할 수 있으므로 주의해야 한다. 그림 3은 700%에서 30%까지 과건식각(over-dry-etch) 한 후 KOH와 TMAH를 이용하여 피라미드 팁을 형성한 것이다. 과건식각 시간이 줄어들수록 바닥면에 피라미드가 형성되

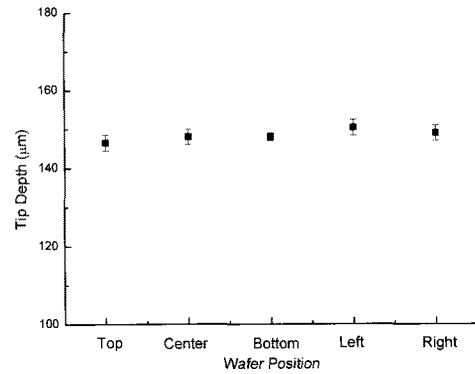


그림 5. 피라미드 팁 형성 후 웨이퍼 위치에 따른 팁의 깊이

Fig. 5. Tip depth as a function of the wafer position after tip formation.

는 지점이 점점 좁아짐을 알 수 있다. SEM 사진과 광학 현미경으로 확인한 결과 100% 과건식각 한 후가 가장 좋은 피라미드 팁을 형성하였다. 그림 4는 KOH와 TMAH의 식각율을 보여주고 있다.

습식식각된 피라미드 팁의 평탄도 알아보기 위하여 Laser profiler(Keyence VF-7500)를 이용하여 깊이를 측정하였다. 그림 5에 보인 것과 같이 프로브 팁의 깊이는 148~150 um 정도이고 팁의 면적은 7x7 um에서 12x12 um 이다. 이는 실제 제품에 사용되는 사양과 거의 동일함을 알 수 있다<sup>[7-8]</sup>.

## 2. 프로브 카드 제작

미세 피치 프로브는 그림 6에서와 같이 실리콘 웨이퍼를 이용하여 제작되었다. 6인치 675 um 두께의

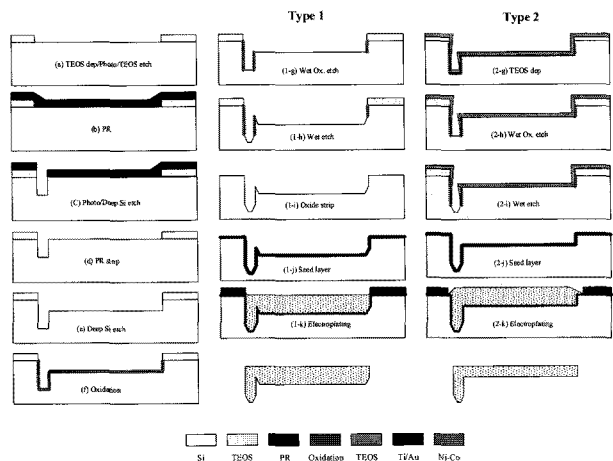


그림 6. 외팔보 프로브 제조방법

Fig. 6. Process flow of the cantilever probe.

P-type (100) 실리콘 웨이퍼 1  $\mu\text{m}$  의 두께의 PECVD TEOS 산화막을 증착한 후, AZ 1512 photoresist (PR, 감광막)을 이용하여 외팔보의 빔 부분을 패터닝 하였다.

그리고 이 PR 패터닝을 이용하여 tetraethoxysilane (TEOS) 산화막을 P-5000 장비(Applied Materials)를 이용하여 식각하였다. 프로브 팁의 형성을 위해 다시 AZ 4620 이용하여 팁 부분을 형성한 후 Deep Si etcher장비를 이용하여 실리콘을 식각하였다. 이때 PR 의 두께는 12  $\mu\text{m}$  였고, 팁의 깊이는 155  $\mu\text{m}$  였다. 팁 식각 후 AZ 4620을 제거한 후 남아 있던 TEOS 산화막을 이용하여 빔을 80  $\mu\text{m}$  깊이까지 식각하였다. 황산:과산화수소=4:1 용액과 초순수에 세정 후 습식 식각시 측면보호를 위해 200 nm 두께의 열산화막을 증착하였다. 여기서 타입 1과 타입 2로 나눌 수 있는데, 타입 1은

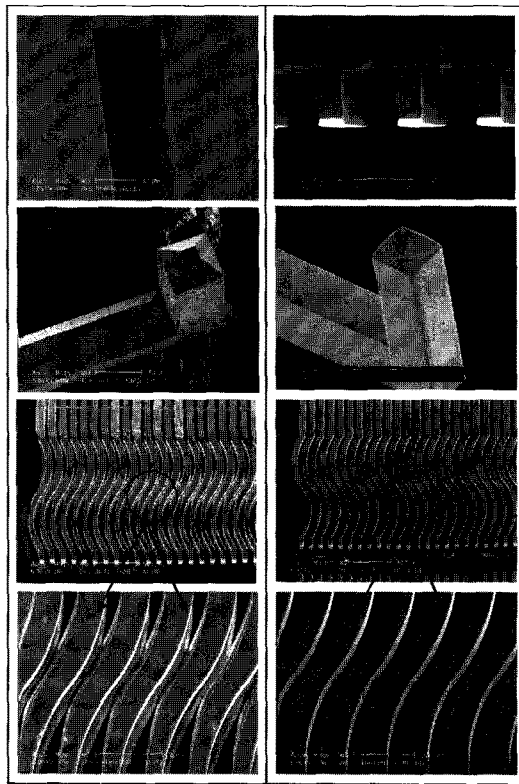


그림 7. 타입 1과 타입 2방법으로 도금한 프로브. (a) 타입 1 : 휘어진 빔이 습식식각에 의해 바닥이 변형된 모습, (b) 타입 2 : 빔 바닥을 산화막으로 보호하여 굴곡된 형태의 빔 제작에도 문제가 없는 경우

Fig. 7. Electroplated probe with type 1 and type 2 methods. (a) Type 1 : bonded curved beams each other due to wet etch, and (b) Type 2: well-defined curved beam.

PECVD 장비의 건식식각 특성을 이용하여 식각하면 바닥부분만 식각되고 나머지 측면부분은 보호되는 방식을 사용하였다. 이 방식으로 프로브를 제작하면 습식식각 특성상 S자 모양처럼 다양하게 휘어 있는 프로브는 제작할 수 없는 단점이 있다. 반면에 타입 2는 습식식각 시 빔도 식각되는 것을 막기 위해 식각시간을 조정하여 빔을 보호하는 방법이다(그림 7 참조).

산화막 형성 후 피라미드 팁 형성을 위해 건식식각과 습식식각을 하였다. 습식식각은 KOH와 TMAH를 이용하였다<sup>[11~14]</sup>. 먼저 KOH를 이용하여 바닥에 남아 있을 수 있는 산화막을 제거한 후 TMAH를 이용하여 피라미드 모양의 팁을 형성하였다. 다음으로 남아 있는 산화막을 불산(HF)를 이용하여 완전히 제거하고 세정한 후 titanium / gold (Ti/Au)를 0.1  $\mu\text{m}$ /1  $\mu\text{m}$ 두께로 스퍼터링(sputtering)하였다. 이 때 바닥까지 충분히 seed layer가 형성되게 하는 것이 중요하다. 그런 다음 도금이 이루어지지 않는 부분을 음성광감막으로 잘 막은 후에 니켈-코발트 도금을 하였다. 도금이 끝난 후 chemical mechanical polishing (CMP) 를 통하여 프로브 빔을 평탄화 하였다. 이 외팔보 팁과 범퍼 구조물을 AuSn 솔더를 이용하여 접합하였다<sup>[8]</sup>.

#### IV. 결과 및 고찰

##### 1. 접촉힘과 평탄도

제작된 프로브 팁을 범퍼가 있는 세라믹 기판에 붙여서 프로브 카드를 만든 후 접촉힘과 평탄도를 측정하였다. 먼저 접촉힘은 그림 8에서와 같이 계산된 설계치와 측정치가 거의 동일함을 알 수 있었다. 평탄도는 PRVX 장비를 이용하여 측정하였다. 50여개 프로브 팁을 조사

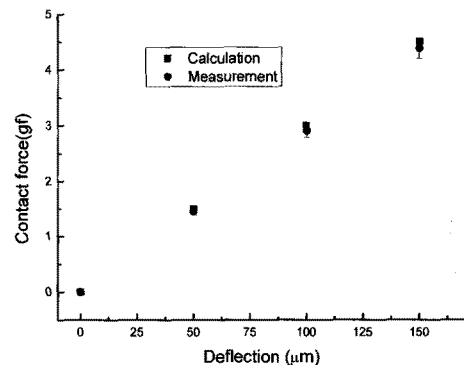


그림 8. 변위에 따른 접촉힘  
Fig. 8. Contact force as a function of deflection.

참 고 문 헌

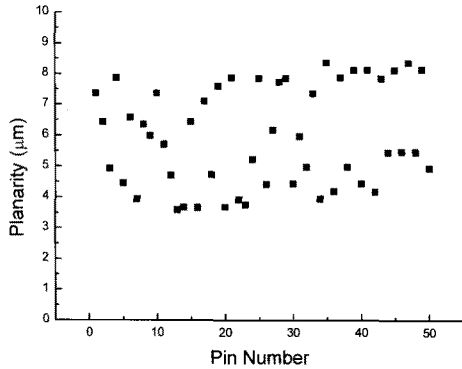


그림 9. 평탄도  
Fig. 9. Planarity.

하였으며, 평탄도는 3~9.3~9 μm 정도였다(그림 9).

2. 접촉저항

그림 10은 측정된 접촉저항값을 나타낸다. 접촉저항은 몇 개의 핀을 제외하고는 0.1옴 정도로 균일하게 측정되었다.

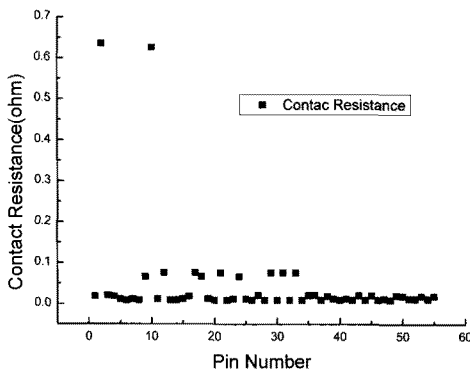


그림 10. 접촉저항  
Fig. 10. Contact resistance.

V. 결 론

본 논문에서는 미세 피치 멤스 프로브 카드에 필요한 프로브 제작에 대하여 기술하였다. 미세 피치 프로브 빔과 팁을 만들기 위하여 외팔보 형태의 프로브를 실리콘 트렌치 안에 제작하였다. 제작된 프로브는 멤스 프로브 카드 제작에 응용되어 충분한 기계적 특성과 전기적 특성을 보였다.

- [1] Thomas Homorodi and Robert Martin, "Memory Probe: High Parallelism Memory Test Advances based on MicroSpring Contact Technology" in the 2001 Southwest Test Workshop, San Diego, CA, USA, June 2001.
- [2] Jae-Ha Lee and Byung-Ho Jo, "MEMS Technologies: A Comparison of Scrub Marks & Contact Resistance Between Cantilever Type and New MEMS Type Probe Cards", in the 2003 Southwest Test Workshop, Long Beach, CA, USA, June 2003.
- [3] Dong IKim, "MEMS Technologies : Multi-die Testing using Silicon Micro-Cantilever Probe Card", in the 2003 Southwest Test Workshop, Long Beach, CA, USA, June 2003.
- [4] T. Itoh, S. Kawamura, T. Suga, and K. Kataoka, "Development of an electrostatically actuated MEMS switching probe card", in the proceedings of the 50th IEEE Holm Conference on Electrical Contacts and the 22nd International Conference on Electrical Contacts, Seattle, WA, USA, September 2004, pp226-230.
- [5] K. Kataoka, S. Kawamura, T. Itoh, T. Suga, K. Ishikawa, H. Honma, "Low contact-force and compliant MEMS probe card utilizing fritting contact" in the proceedings of the Fifteenth IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems (MEMS 2002), Las Vegas, NV, January 2002, pp364 - 367.
- [6] Mark Rosamond and David Wood, "Substrate independent fabrication of a non-planar probe card", Microelectronic Engineering 84 (2007) pp1207 - 1210.
- [7] Bong-Hwan Kim and Jong-Bok Kim, "Design and Fabrication of a Highly Manufacturable MEMS Probe Card for High Speed Testing", Journal of Micromechanics and Microengineering, Vol. 18, No.7, July. 2008, 075031.
- [8] Bong-Hwan Kim, Jong-bok Kim, and Jong-Hyun Kim, "A Highly Manufacturable Large Area Array MEMS Probe Card using Electroplating and Flipchip Bonding", IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 56, No. 4, April 2009, pp1079-1085.
- [9] Bong-Hwan Kim, Sang-Jun Park, Kukjin Chun, Dong-Il (Dan) Cho, Woong-Ki Park, Tae-Un Jun, and Soo Yun, "A Fine Pitch MEMS Probe Unit for Flat Panel Display as Manufacturing MEMS Application", Sensors and Actuators

- A:Physical, Volume115, Issue1, 2004, Pages 46-52
- [10] 김상원, 공대영, 조찬섭, 남재우, 김봉환, 이종현, "BGA IC 패키지용 MEMS Test Socket 제작", 2010 대한전자공학회 하계종합학술대회, 제33권, 1호, 제주, 6월 16일-18일, 830-832쪽, 2010년
- [11] Madou M J, Fundamentals of microfabrication: The science of Miniaturization, 2nd edition, CRC press
- [12] Nadim Maluf, An Introduction to Micro-electromechanical Systems Engineering, Artech House
- [13] Gregory T. A. Kovacs, Micromachined Transducers Sourcebook, WCB/McGraw-Hill
- [14] K. Biswas, S. Kal, "Etch characteristics of KOH, TMAH and dual doped TMAH for bulk micromachining of silicon", Microelectronics Journal 37 (2006) 519 - 525

---

 저 자 소 개
 

---



김 봉 환(정회원)

1996년 2월 경북대학교 전자공학과 학사 졸업.

1999년 2월 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 석사 졸업.

2005년 2월 서울대학교 전기컴퓨터 공학부 박사 졸업.

2009년~현재 대구가톨릭대학교 전자공학과 전임강사.

<주관심분야 : MEMS/NEMS, 반도체공정, MEMS actuator, probe card, test socket>