

논문 2010-47SD-11-1

## MEMS 공정을 이용한 BGA IC 패키지용 테스트 소켓의 제작

( Fabrication of MEMS Test Socket for BGA IC Packages )

김 상 원\*, 조 찬 섭\*\*, 남 재 우\*\*\*, 김 봉 환\*\*\*, 이 중 현\*

( Sangwon Kim, Chanseob Cho, Jaewoo Nam, Bonghwan Kim, and Jonghyun Lee )

## 요 약

본 논문에서는 외팔보 배열 구조를 가지는 MEMS 테스트 소켓을 SOI 웨이퍼를 이용하여 개발하였다. 외팔보는 연결부분의 기계적 취약점을 보완하기 위해 모서리가 둥근 형태를 가지고 있다. 측정에 사용 된 BGA IC 패키지는 볼 수 121개, 피치가 650  $\mu\text{m}$ , 볼 직경 300  $\mu\text{m}$ , 높이 200  $\mu\text{m}$  을 가지고 있다. 제작된 외팔보는 길이 350  $\mu\text{m}$ , 최대 폭 200  $\mu\text{m}$ , 최소 폭 100  $\mu\text{m}$ , 두께가 10  $\mu\text{m}$ 인 곡선 형태의 외팔보이다. MEMS 테스트 소켓은 lift-off 기술과 Deep RIE 기술 등의 미세전기기계시스템(MEMS) 기술로 제작되었다. MEMS 테스트 소켓은 간단한 구조와 낮은 제작비, 미세 피치, 높은 핀 수와 빠른 프로토타입을 제작할 수 있다는 장점이 있다. MEMS 테스트의 특성을 평가하기 위해 deflection에 따른 접촉힘과 금속과 팁 사이의 저항과 접촉저항을 측정하였다. 제작된 외팔보는 90  $\mu\text{m}$  deflection에 1.3 gf의 접촉힘을 나타내었다. 신호경로저항은 17  $\Omega$  이하였고 접촉저항은 평균 0.73  $\Omega$  정도였다. 제작된 테스트 소켓은 향후 BGA IC 패키지 테스트에 적용 가능 할 것이다.

## Abstract

We developed a novel micro-electro mechanical systems (MEMS) test socket using silicon on insulator (SOI) substrate with the cantilever array structure. We designed the round shaped cantilevers with the maximum length of 350  $\mu\text{m}$ , the maximum width of 200  $\mu\text{m}$  and the thickness of 10  $\mu\text{m}$  for 650  $\mu\text{m}$  pitch for 8 mm x 8 mm area and 121 balls square ball grid array (BGA) packages. The MEMS test socket was fabricated by MEMS technology using metal lift off process and deep reactive ion etching (DRIE) silicon etcher and so on. The MEMS test socket has a simple structure, low production cost, fine pitch, high pin count and rapid prototyping. We verified the performances of the MEMS test sockets such as deflection as a function of the applied force, path resistance between the cantilever and the metal pad and the contact resistance. Fabricated cantilever has 1.3 gf (gram force) at 90  $\mu\text{m}$  deflection. Total path resistance was less than 17  $\Omega$ . The contact resistance was approximately from 0.7 to 0.75  $\Omega$  for all cantilevers. Therefore the test socket is suitable for BGA integrated circuit (IC) packages tests.

**Keywords :** BGA package, test socket, cantilever

## I. 서 론

테스트 소켓(Test socket)은 반도체 집적회로(Integrated circuit) 패키지(package)와 테스트 장비를 연결하는 소모성 부품이다. IC 패키지의 크기가 작아지고, 피치가 협소해지고, 종류가 다양해짐에 따라서, BGA(Ball Grid array) 패키지 역시 소형화, 고밀도화, 다양화 되고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 추세에 맞추어 다양한 형태, 고성능의 테스트 소켓이 개발되고 있다<sup>[2~4]</sup>.

최근 가장 널리 사용되고 있는 BGA 패키지용 테스트 소켓은 각각의 포고핀(Pogo-pin)을 기판에 집속시킨

\* 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부  
(Kyungpook National University, School of Electrical Engineering and Computer Science)

\*\* 정회원, 경북대학교 산업전자전기공학부  
(Kyungpook National University, School of Electrical Engineering)

\*\*\* 정회원, (주)코아멤즈 USA  
(CoreMEMS Inc.)

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

접수일자: 2010년8월10일, 수정완료일: 2010년10월25일

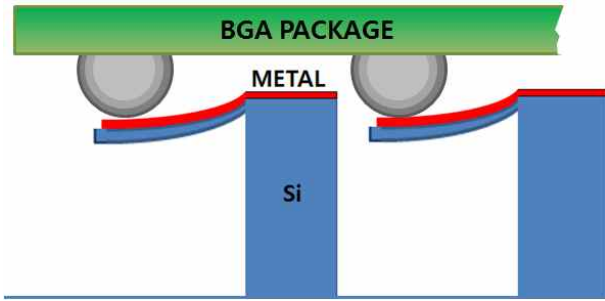


그림 1. 외팔보가 배열된 MEMS 테스트 소켓  
Fig. 1. Cantilever array MEMS test socket.

포고핀 형태의 테스트 소켓이다<sup>[2~3]</sup>. 포고핀 형태의 테스트 소켓은 내구성이 좋고, 핀과 솔더 볼(solder ball) 사이의 신뢰성 있는 접촉이 가능하다는 장점이 있으나, 각각의 포고 핀을 일일이 수작업으로 조립하여야 하는 번거로움, 조립된 포고핀의 비싼 단가, 포고핀을 기판에 집속시키는 과정의 어려움, 수가공 및 기계적인 가공에 의한 피치의 제한성, 솔더 볼의 마모현상 등의 문제를 야기하게 된다.

이러한 문제점을 개선하고 테스트 소켓의 성능을 향상시키기 위해, 실리콘 러버 콘넥터(Silicone rubber connector)를 사용한 테스트 소켓이 개발되었다<sup>[4~5]</sup>, 하지만 실리콘 러버 콘넥터를 이용한 테스트 소켓은 비싼 제조비용, 실리콘 러버의 화학적 변형, 솔더볼의 마모현상 등의 문제점을 가지고 있다.

따라서, 본 연구에서는 기존의 테스트 소켓이 가진 단점을 해결하기 위해 외팔보 제작 기술을 이용한 실리콘 기반의 외팔보가 배열된 MEMS (Micro electro mechanical systems) 테스트 소켓을 제안하였다 (그림 1)<sup>[6~8]</sup>. 제안된 MEMS 테스트 소켓은 구조가 간단하고, 일괄공정(Batch process)으로 인한 비용 절감 효과가 크며, 피치가 작아지고 테스트 탐침의 개수가 많아져 소형화, 고밀도화 되고 있는 패키지의 테스트에 적합하며, 솔더 볼과의 안정적인 접촉 및 고속의 테스트가 가능하다<sup>[9]</sup>. 또한 실리콘 물질의 사용으로 구조의 열화나 변형이 없다. 제안된 MEMS 테스트 소켓은 높은 양산성을 기대할 수 있으며, 다양한 패키지로의 유연한 적용이 가능하여 고객의 요구에 즉각적으로 대응 가능한 테스트 소켓이 될 수 있을 것이다.

## II. 테스트 소켓의 제작

본 연구에서는 외팔보 모양의 테스트 소켓을 제작하

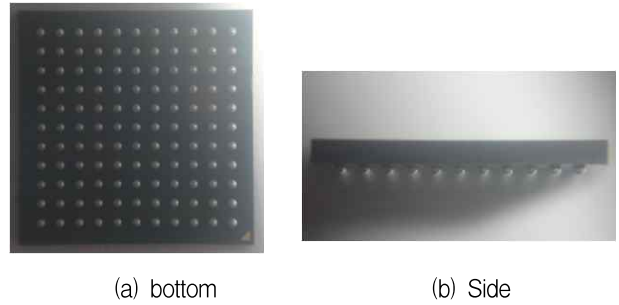


그림 2. BGA IC 패키지  
Fig. 2. BGA IC package.

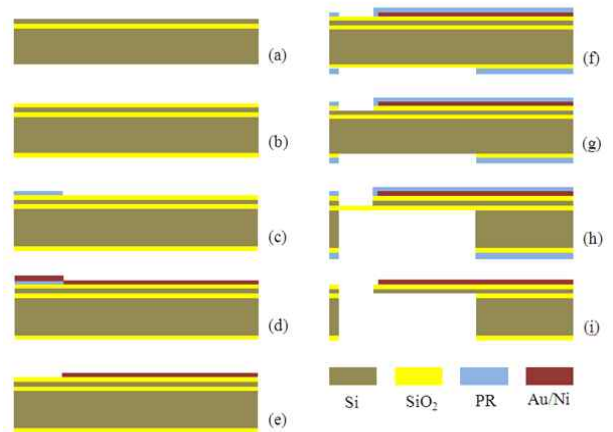


그림 3. 테스트 소켓 제작 공정도  
Fig. 3. Fabrication flow for test socket.

기 위하여 일반적인 외팔보의 기본 공식을 이용하여 외팔보의 길이와 두께, 폭을 설계하였고 ANSYS 시뮬레이터를 이용하여 해석하였다<sup>[6~8]</sup>. 측정할 소자는 솔더 볼의 직경이 300 μm 이고 볼과 볼 사이의 피치가 650 μm 인 11×11 (121 balls) 배열의 BGA IC 패키지이고 이를 테스트 하기 위한 테스트 소켓을 제작하였다. 그림 2는 이용된 BGA IC 패키지의 사진이다. 외팔보 시작 부분의 기계적인 취약점을 보완하기 위하여 외팔보는 곡선 형태로 제작하였다.

MEMS 테스트 소켓은 총 3장의 마스크를 사용하였으며, 첫 번째 마스크는 전면 금속 Lift off 공정을 위한 마스크로, 두 번째 와 세 번째 마스크는 각각 전면과 후면의 실리콘 식각을 위한 마스크로 사용하였다. 금속 배선은 니켈(nickel) 1000Å, 금 (gold) 1200Å 을 순서대로 증착하였으며, 측정을 위한 금속 패드(pad)를 사방으로 뽑아내었다. 그림 3은 테스트 소켓 제작에 대한 전체 공정 흐름도이다. 기판은 양쪽 면이 폴리싱된 p-type의 SOI (Silicon on Insulator) 기판으로 베이스 층 두께 500 μm, 중간 산화막 (BOX-Buried oxide

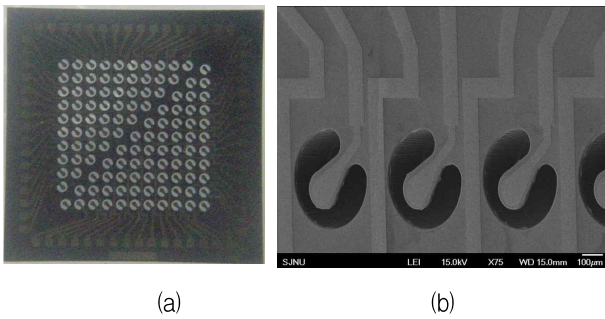


그림 4. 완성 된 테스트 소켓의 평면 이미지 사진 및 SEM 사진

Fig. 4. Plane image of fabricated test socket as well as SEM image of a cantilevers. (a) Plane image of fabricated test socket. (b) SEM image of cantilevers.

layer) 1  $\mu\text{m}$  및 10  $\mu\text{m}$ 의 실리콘 박막 층을 가진다. 먼저 웨이퍼에 다이아몬드 펜슬로 마크를 한 후 표면의 유기물 및 미세먼지의 제거를 위해 초기 세정작업을 하였다 (그림 3(a)). 세정 된 웨이퍼를 화로(furnace)에 넣어 1  $\mu\text{m}$  두께의 SiO<sub>2</sub> 층을 습식 성장하였다 (그림 3(b)).

Lift off 기법을 이용하여 금속 배선층을 형성하기 위해 PR (photoresist)을 이용하여 첫 번째 사진식각 공정을 하였다. PR은 AZ 5214를 사용하였고, 노광 후 AZ MIF 300으로 현상하여 금속이 올려질 부분의 PR을 제거하였다 (그림 3(c)). E-beam evaporator를 이용하여 니켈 1000Å을 증착 후, 금을 1200Å 두께로 증착하였다 (그림 3(d)). 증착 된 기판을 아세톤 용액에 투입하여 PR을 금속과 함께 들어내어 금속 배선을 완성하고, 메탄올과 초순수 (DI water)로 세정하였다 (그림 3(e)). 금속 증착이 끝나면 전면과 후면의 SiO<sub>2</sub> 식각을 위한 양면 사진 식각 공정을 하고(그림 3(f)), BOE (buffered Oxide Etch) 용액에 15분간 투입하여 양 쪽 SiO<sub>2</sub> 층을 제거하였다 (그림 3(g)). DRIE 실리콘 식각 장비를 이용하여 위 쪽의 10  $\mu\text{m}$ 과 아래쪽의 500  $\mu\text{m}$ 의 실리콘 층을 차례대로 식각하였다 (그림 3(h)). 마지막으로 중간 산화막 층 1  $\mu\text{m}$ 을 BOE 용액에서 식각 한 후, PR을 제거하여 테스트 소켓을 완성하였다 (그림 3(i)). 그림 4.는 완성 된 테스트 소켓의 현미경사진과 외팔보의 SEM 사진이다.

### III. 결과 및 고찰

완성 된 외팔보의 기계적인 특성은 접촉힘을 측정 할

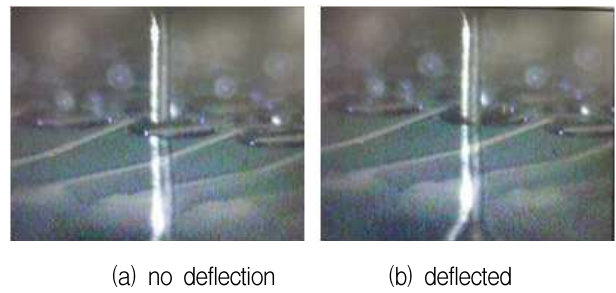


그림 5. 외팔보의 힘 측정사진

Fig. 5. Optical image of force test measurement.

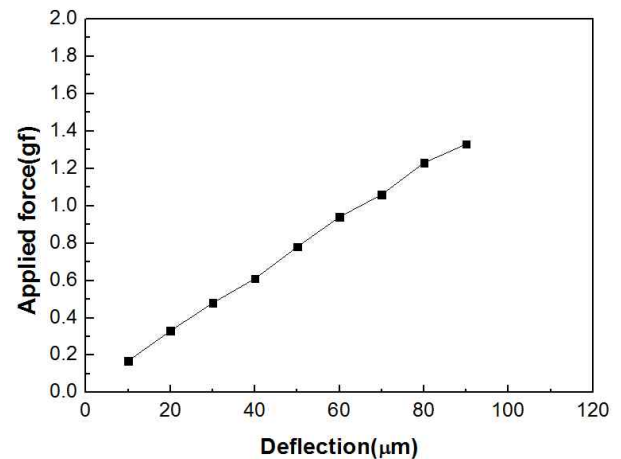
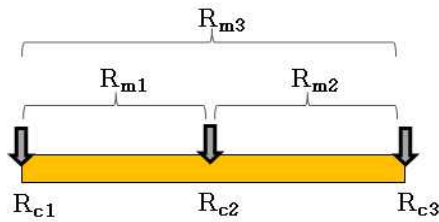


그림 6. 외팔보 끝부분의 deflection에 대해 받는 힘

Fig. 6. Deflection under applied force measurement result.

수 있는 간이 측정 장비인 스트로크(STROKE, Will tech.)를 사용하였다. 그림 5.는 힘 측정장비 스트로크를 이용하여 완성 된 외팔보의 힘을 측정하는 사진이다. 그림 6.은 외팔보의 자유단 끝 부분의 변위(deflection)에 대해 받는 힘을 측정한 그래프이다. 외팔보의 기계적 특징을 확인 한 결과, 외팔보가 받는 힘이 변위에 비례하여 증가하는 것을 알 수 있었다. 외팔보의 최대 변위는 90  $\mu\text{m}$  이고, 그 때의 자유단 끝부분이 받는 최대 힘은 1.3gf (gram force)이다.

테스트 소켓의 전기적인 특성을 확인하기 위해서, 접촉저항 특성과 전기신호의 경로에 대한 저항을 측정하였다. HP 4156C probe station을 사용하여 금속 배선과 측정용 프로브 사이의 접촉저항을 측정하였다. 접촉저항 측정은 길이 1000  $\mu\text{m}$ , 폭 150  $\mu\text{m}$ , 니켈 1000 Å, 금 1200 Å 두께의 금속 테스트 패턴을 이용하였으며, 그 측정 방법을 그림 7.에 나타내었다. 접촉저항은 그림 7에서처럼 구할 수 있다. 측정된 접촉저항은 0.7-0.75  $\Omega$ 의 값을 나타내었다. Rm은 금속선의 저항이고, Rc는 접촉저항을 나타낸다.



$$R_c = \frac{(R_1 + R_2) - R_3}{2}$$

$$R_1 = R_{m1} + R_{c1} + R_{c2}$$

$$R_2 = R_{m2} + R_{c2} + R_{c3}$$

$$R_3 = R_{m3} + R_{c1} + R_{c3}$$

그림 7. 테스트 패턴을 이용한 접촉저항 측정

Fig. 7. Contact resistance measurement from test pattern.

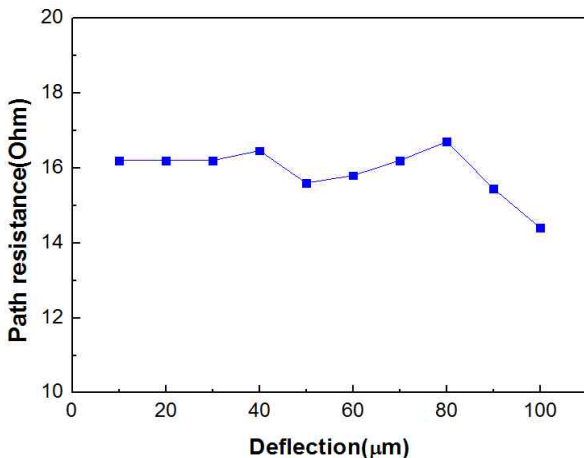


그림 8. 경로저항 측정결과

Fig. 8. Result of path resistance.

외팔보 끝 부분과 금속 패드 사이의 경로에 대한 저항 측정 또한 probe station을 사용하여 측정하였으며, 경로저항 그래프를 그림 8.에 나타내었다. 캔틸레버 끝 부분과 패드 사이의 경로 길이는 약 4 mm -8 mm 이며, 외팔보의 변위가 증가함에 따라 저항이 근소하게 감소하는 것을 확인 할 수 있었으며 17 Ω 이하의 경로 저항을 가지는 것을 확인하였다.

다이얼 게이지가 부착 된 칩 정렬 장비를 이용하여 완성 된 칩에 대한 전체 외팔보의 최대 변위를 측정하였다. 121개의 외팔보 자유단 끝 부분에 BGA package의 솔더 볼을 정렬하여 수직 방향으로 패키지를 내렸을 때, 각 외팔보끝부분이 가지는 최대 deflection을 측정하였다. 측정 결과 70 μm에서 첫 번째 외팔보가 파괴되었

으며, 200 μm에서 모든 외팔보가 파괴되었다. 외팔보가 파괴되는 시점에서 이러한 차이가 나는 이유는, 솔더 볼의 직경이 외팔보에 비하여 크므로, 접촉부분이 정확히 외팔보의 끝 부분에서 이루어지도록 정렬하기 힘들어, 각각의 외팔보의 유효길이가 짧아진 것을 들 수 있겠다. 이러한 문제는 테스트 소켓을 고정할 수 있는 하우징 (housing) 을 통해 정확히 패키지가 테스트 소켓에 장착 되게 하므로 해결 할 수 있다. 또한 외팔보 끝 부분에 금속 팁을 추가하여 정확히 원하는 지점에서 접촉이 되도록 한다면 이러한 문제를 더욱 개선 될 수 있을 것이다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 기존의 테스트 소켓이 가진 문제점을 보완하기 위하여 새로운 형태의 MEMS 테스트 소켓을 개발하였다. 제안 된 테스트 소켓은 공정이 단순하고, 일괄 공정에 의해 비용 절감의 효과가 크며, 고객의 요구에 신속 대응 가능한 테스트 소켓의 제작이 가능하다. 또한 접촉힘이 줄어들어 솔더 볼의 마모현상을 줄일 수 있으며, 실리콘을 기반으로 하여 구조의 변형이 적고, 우수한 선형성을 가진다. 접촉저항 및 신호경로저항은 도금 등을 이용하여 금속 배선을 할 경우 개선 될 것으로 생각된다. 향후 하우징(Housing) 및 패키지 등의 설계가 진행됨에 따라서 BGA 패키지 테스트에 실 적용 가능한 테스트 소켓이 될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] Rinebold, K., Newberry, W. "Trends in BGA design methodologies.", Proceedings of 1998 IEEE Symposium on IC/Package Design Integration, 1998, pp.120-123.
- [2] Ming-Kun Chen and Cheng-Chi Tai, "Electrical characterization of BGA test socket for high-speed applications.", Proceedings of the 4th International Symposium on Electronic Materials and Packaging, 2002, pp.123-126.
- [3] LSI test socket for BGA, United States (US) Patent/NEC Corporation/US-0527538 (2006-09-27).
- [4] Da-Yuan Shih, Paul Lauro, Keith Fogel, Brian Beamanaj, Yun-Hsin Liao and James Hedrick., "New Ball Grid Array Module Test Sockets.", Proceedings of the Electronic Components &

- Technology Conference Vol. 46, No.1, pp.467-470.
- [5] Benson Chan, " BGA Sockets - A Dendritic Solution", Proceedings of the Electronic Components & Technology Conference, V. 46, No. 1, 1996, pp.460-466.
- [6] 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, 2009, pp.1079-1085.
- [7] Sangjun Park, Bonghwan Kim, Jongpal Kim, Seungjoon Paik, Byoung-Doo Choi, Ilwoo Jung, Kukjin Chun and Dong-il 'Dan' Cho, "A novel 3D process for single-crystal silicon micro-probe structures.", Journal of micromechanics and microengineering, Vol. 12 No. 5, 2002, pp650-654.
- [8] 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, 2008, pp075031.
- [9] 김상원, 공대영, 조찬섭, 남재우, 김봉환, 이종현, "BGA IC 패키지용 MEMS Test Socket 제작", 2010 대한전자공학회 하계종합학술대회, 제33권, 1호, 제주, 6월 16일-18일, 830쪽~832쪽, 2010년.

— 저 자 소 개 —



김 상 원(정회원)  
 2009년 경북대학교 전자전기  
 컴퓨터학부 학사 졸업.  
 2010년 현재 경북대학교 전자전기  
 컴퓨터학부 석사 재학.  
 <주관심분야 : 반도체, MEMS,  
 Sensor>



조 찬 섭(정회원)-교신저자  
 1986년 경북대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1990년 경북대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1994년 경북대학교 전자공학과  
 박사 졸업.  
 2010년 현재 경북대학교 상주캠퍼스 산업전자  
 전기공학부 교수.  
 <주관심분야 : 반도체, MEMS, Sensor>



남 재 우(정회원)  
 1981년 경북대학교 전자재료과  
 학사 졸업.  
 1987년 경북대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 2010년 현재 CoreMEMS  
 대표이사  
 <주관심분야 : 반도체, MEMS, Sensor>



김 봉 환(정회원)  
 1996년 경북대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1999년 서울대학교 전기컴퓨터  
 공학부 석사 졸업.  
 2005년 서울대학교 전기컴퓨터  
 공학부 박사 졸업.  
 2009년 현재 대구가톨릭대학교 전자공학과  
 전임강사.  
 <주관심분야 : MEMS/NEMS, 반도체공정,  
 MEMS actuator, probe card, test socket>



이 종 현(정회원)  
 1972년 경북대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1976년 경북대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1981년 Institute National  
 Polytechnique de  
 Grenoble 박사 졸업.  
 1982년~현재 경북대학교 조교수, 부교수, 교수.  
 <주관심분야 : 반도체, MEMS, Sensor>