

# 마이크로스트럭처실리콘을 이용한 고감도 플렉서블 힘 센서 어레이

## High Performance Flexible Tactile Sensor by using Microstructure Silicon

\*김대진<sup>1,2</sup>, #김민석<sup>1</sup>, 장진석<sup>1</sup>, 강태형<sup>1</sup>, 박연규<sup>1</sup>, 안종현<sup>3</sup>, 장호욱<sup>3</sup>, 박민훈<sup>3</sup>

\*D. J. Kim<sup>1,2</sup>, #M. S. Kim(minsk@kriss.re.kr), J. S. Jang<sup>1</sup>, T. H. Kang<sup>1</sup>, Y. K. Park<sup>1</sup>, J. H. Ahn<sup>3</sup>,  
H. W. Jang<sup>3</sup>, M. H. Park<sup>3</sup>

<sup>1</sup>한국표준과학연구원 기반기준본부 질량 힘 센터 <sup>2</sup>과학기술연합대학원대학교 측정과학

<sup>3</sup>성균관대학교 신소재공학부

Key words : flexible, tactile sensor, polymer, MEMS

### 1. 서론

센서는 기계가 인간의 오감 - 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각 - 을 대신하여 정보를 얻어 주변 환경과 상호 작용할 수 있도록 도와주는 기계의 감각 기관이다. 최근에는 터치스크린과 같이 터치가 인간과 기계의 인터페이스에서 중추적인 역할을 하기 시작하면서 다양한 촉각 센서의 연구 활동이 활발하게 이루어지고 있다. 인간의 감각 중 촉각 분야는 다른 감각에 비하여 덜 중요한 감각으로 인식되어 왔지만 촉각 정보의 중요성을 깨닫기 시작하면서 연구가 급진적으로 발전하게 되었다.

하지만 단순한 터치의 개념이 아닌 가장 우수한 성능을 지닌 인간의 피부를 모방한 이상적인 촉각 센서의 개발이 로봇 분야에서 필요로 되고 있다. 3축 힘 센서가 각 손가락 끝에 장착되며 지골 부분에는 폴리이미드 필름위의 Cyber hand Robonaut hand 와 센서가 작아야 한다는 고정관념에서 벗어나 두껍고 부드러우며 변형이 가능한 외형의 인간형 로봇 피부가 연구 개발 되고 있으며 인간의 피부를 모방하여 피부의 감각 수용방법에 기초하여 압력, 온도 등의 물리량을 측정 할 수 있는 촉각 센서의 연구 개발도 활발히 이루어지고 있다[1][2].

촉각 정보는 압력을 느낌으로써 물체를 인지하거나 조작할 수 있으며 온도를 느낌으로써 위험 여부까지 판단할 수 있다. 즉 로봇에게 인간의 피부를 모방한 촉각 센서가 장착 된다면 인간을 대신하여 위험한 작업을 할 수 있을 뿐만 아니라 의료 분야와 같은 정밀한 조작을 필요로 하는 여러 분야에서도 효과적으로 사용될 수 있다.

본 논문에서는 최근의 연구 동향을 고려하여 인간의 피부를 모방한 실리콘 폴리머 융합 촉각 센서를 MEMS(Micro Electro Mechanical System) 과정을 통하여 개발하고자 한다.

### 2. 촉각센서 설계

감도가 우수한 실리콘 기반의 반도체 게이지를 유연성 있는 폴리이미드 기판에 실장하고 기판의 양면이 실리콘 고무 기판(PDMS)으로 덮는 Fig. 1과 같은 간단한 구조로 제작 한 다음 실리콘 반도체 게이지의 특성 평가를 통하여 센서로서의 가능성을 확인하고 MEMS 과정을 통하여 제작하려고 한다[3].

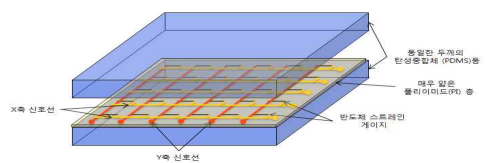


Fig. 1 촉각센서 구조

### 3. 고성능 플렉서블 촉각센서 제작

MEMS 공정은 조각시편 제작, 실리콘 전사, 게이지 제작, 하부전극 증착, 절연막 제작, 상부전극 증착, 보호막 제작으로 총 7단계로 진행하였다.

6인치 SOI 웨이퍼 기판에 보론을 주입하여 면 저항을 동일한 조건으로 만든 다음 1cm\*1cm 크기의 조각시편을 제작하였다. 포토 리소그래피 과정을 통하여 리본 패턴을 만들어 전사하기 전 HF 식각

과정을 통하여 실리콘 산화막을 제거하였다. 산화막이 제거된 조각시편의 실리콘은 PDMS 도장을 이용하여 PI 필름으로 전사하였다. PDMS는 경화시켜도 접착력을 갖는 특성이 있기 때문에 조각시편의 실리콘을 떼어서 필름으로 옮기기에 적합한 탄성중합체이다. 사용된 PI 필름은 25 um 두께의 캡톤 필름으로써 사람의 손으로 조작하기 어렵기 때문에 PDMS로 코팅된 유리 시편에 붙여서 공정을 진행하였다.

포토리소그래피 과정을 통하여 상용화된 실리콘 게이지와 같이 바(bar) 모양의 실리콘 64 개를 감광막으로 보호한 다음 건식 에칭을 통하여 나머지 부분을 모두 제거하고 마지막으로 아세톤을 이용하여 감광막을 제거하여 PI 필름 위에 64(8\*8) 개의 바 모양 실리콘 게이지만 남도록 하였다. 하부 전극과 상부 전극으로는 3.5 nm 높이의 크롬(Cr)을 전극과 실리콘의 접촉 금속으로 사용하고 100 nm 높이의 금(Au)을 증착하였다. 전극의 높이에 따라 게이지의 저항이 낮아지기 때문에 금의 높이를 35nm 에서 100 nm로 증가 시켰다. 절연막과 보호막은 SU8을 희석제와 33%의 비율로 섞어서 포토리소그래피 과정으로 500nm 높이로 생성하였다.

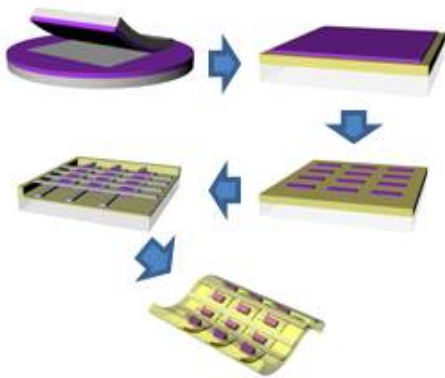


Fig. 3 반도체 기반 촉각센서 MEMS 과정

#### 4. 하중 특성 평가

반도체 게이지가 어레이 형태로 배열되어 있기 때문에 요소 저항이 위치한 행만 제외하고 모두가상 그라운드로 만드는 영전위법을 구현하였다. 영전위법 구현을 위하여 복잡해진 회로와 채널의 추가확장과 같은 단점은 매트릭스 스위치와 8채널

DAQ를 사용함으로써 해결하였다.

총 64개의 게이지 중 저항이 낮았던 16개만 측정 한 결과 총 6개의 게이지가 하중에 영향을 받으며 선형적으로 전압이 변하는 것을 확인 할 수 있었다 (Fig. 4).

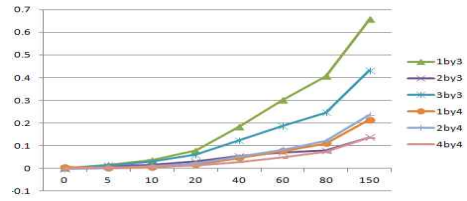


Fig. 4 하중 특성 평가 결과

#### 5. 결론

본 논문에서는 상용화된 반도체 스트레인 게이지를 이용하여 제작하였던 플렉서블 촉각센서 구조를 이용하여 MEMS 기술을 통하여 더 작고, 공간 분해능이 뛰어난 센서를 제작하려고 한다. 64개의 저항이 모두 하중에 반응하지는 않지만 요소 저항이 낮았던 게이지에서는 반응 하는 것으로 보아 전극과 실리콘과의 접촉 문제를 전극을 대체하거나, 전극의 높이를 조절하여 문제점을 보완한다면 로봇의 손가락 팁에 사용될 수 있는 고감도 플렉서블 촉각센서가 개발되어 질 것으로 기대된다.

#### 후기

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2011K000657)

#### 참고문헌

- Giorgio C. and Marco M., "Design of a Tactile Sensor for Robot Hands," Sensors, Focus on Tactile, Force and Stress Sensors, 271-288, 2008
- Marika H., Tomoaki Y. and Masayuki I., "Development of a Humanoid with Distributed Multi-axis Deformation Sense with Full-Body Soft Plastic Foam Cover as Flesh of a Robot," Sensors, Focus on Tactile, Force and Stress Sensors, 319-324, 2008
- 신희준, 김민석, 박연규, "인간의 피부를 모방한 고성능 플렉서블 촉각센서", 정밀공학회 춘계 학술대회 논문집(하), 1083-1084, 2011