

# 인간의 피부를 모방한 고성능 플렉서블 촉각센서 High Performance Flexible Tactile Sensor What Emulate Skin of Human

\***신헌훈<sup>1</sup>, 김민석<sup>1</sup>, 박연규<sup>1</sup>**  
\*H. J. Shin<sup>1</sup>, M. S. Kim<sup>1</sup>(minsk@kriss.re.kr), Y. K. Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국표준과학연구원 기반표준본부 질량힘센터

Key words : flexible, tactile sensor, polymer, semiconductor strain gage

## 1. 서론

인간은 오감을 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각을 통하여 정보를 얻고 주변 환경과 상호 작용한다. 만약 인간이 이런 감각을 느끼게 해 주는 감각기관이 없다면 아예 생존조차 어려울 것이다. 기계도 마찬가지이다. 예전에 로봇은 공장에서 반복된 작업만 수행하는 단순한 기계에서 미래에는 인간을 대신하여 가사일 및 노약자와 장애인의 일상 생활 보조를 목적으로 하는 지능형 로봇으로 발전하게 될 것이다. 이와 같이 기계와 인간사이의 장벽을 없애려면 기계에 인간과 같은 감각기관은 필수적으로 장착되어야 하며 인간의 감각기관을 모방한 센서가 활발히 개발되고 있다. 인간의 감각 중 촉각은 그동안 다른 감각에 비해 덜 중요한 감각으로 인식되어 왔지만 촉각 정보는 우리 신체와 외부 세계의 접촉에 따른 위치 정보와 물체를 인지하고 조작하기 위한 감각적 정보뿐 아니라 위험 여부까지 판단할 수 있는 적극적인 인간 감각이다. 로봇이 단지 물체에 닿기만 하면 다양한 정보를 구별해서 감지해 내는 인간의 촉각을 동일하게 느낄 수 있다면 인간을 대신해 위험한 작업을 할 수 있을 뿐만 아니라 인간에 의한 사소한 실수를 방지할 수도 있을 것이다. 따라서 촉각에 관한 연구는 로봇 공학뿐만 아니라 다른 영역의 응용 학문에서도 중요한 연구 대상이다.

이상적인 촉각센서는 압력, 온도 등의 물리량을 측정할 수 있는 고성능의 센서가 높은 공간 분해능을 갖고 넓은 면적에 분포되어 있어야 하며 동시에 유연성과 신축성을 가져 곡면에 부착 가능하여야 한다. 인간의 피부를 예를 들면, 사람 손끝의 피부는 10-40 kPa의 압력의 수준에서 표면의 질감을 약 40um의 공간 분해능으로 느낄 수 있으며 온도도 동시에 감지할 수 있다.<sup>[1-2]</sup> 즉 이상적인 촉각센서

를 만들기 위해선 인간의 피부와 가장 가깝게 만들어야 한다.

이러한 이유로 본 연구팀에서는 감도가 우수하고 유연성을 갖춘 인간의 피부를 모방한 고성능 플렉서블 촉각 센서를 개발 하고자 한다.

## 2. 촉각센서 측정 장치

감도가 우수한 실리콘 기반의 반도체 게이지를 유연성 있는 폴리이미드 기판에 실장하고 기판의 양면이 실리콘 고무 기판으로 덮는 간단한 구조 Fig.1과 같이 제작 하였다.

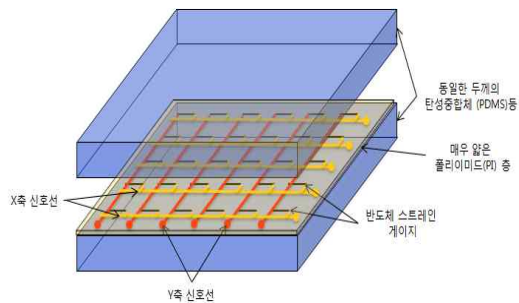


Fig. 1 촉각센서의 구조

반도체 게이지가 어레이 형태로 배열되어 있으므로 각 게이지의 저항변화를 읽어내고 센서의 응답 속도를 높이기 위하여 빠른 스캐닝과 동시 샘플링이 필요하다. 또한 각 저항요소를 상호 간섭의 영향을 최소화하여 측정하기 위해서 요소저항이 위치한 행만 제외하고 나머지는 모두 가상 Ground로 만드는 영전위법을 구현해야 한다. 이를 위해 대부분 MUX로 구성하였는데 영전위법의 구현을 위해선 회로가 복잡해지고 채널의 추가 확장이

쉽지 않는 점과 느린 스캐닝 속도의 단점이 있었다. 따라서 이러한 단점을 극복하기 위해 매트릭스 스위치와 8채널 DAQ를 이용하여 간단한 회로의 구성으로 빠른 스캐닝 시간과 채널확장의 용이성을 확보하여 25개(5x5) 센서 스캐닝 시간을 10ms 이내로 구현 할 수가 있었다.

### 3. 반도체 기반 고성능 플렉서블 촉각센서

Fig. 2 (a)는 제작된 촉각센서의 사진이다. 사진에서 보는 것과 같이 5x5 어레이로 센서를 구성하였고 플렉서블한 것을 확인할 수 있다. 이렇게 간단하게 구성함으로써 실리콘 기반 촉각센서의 우수한 성능과 고분자 재료의 유연성의 장점을 취할 수 있다. 실리콘 고무의 기반은 인간 피부의 진피처럼 센서를 보호하고 하중을 전달하는 역할을 하여 기계적, 화학적인 강건성을 확보할 수 있다. 또 실리콘 게이지를 Fig. 2 (b)와 같이 센서 구조의 중립축에 위치하도록 하면 센서를 휘어도 중립축의 변형은 영이므로 평면상에서 제작하여 곡면에 부착하여도 센서 출력 값의 변화를 최소화 할 수 있다.

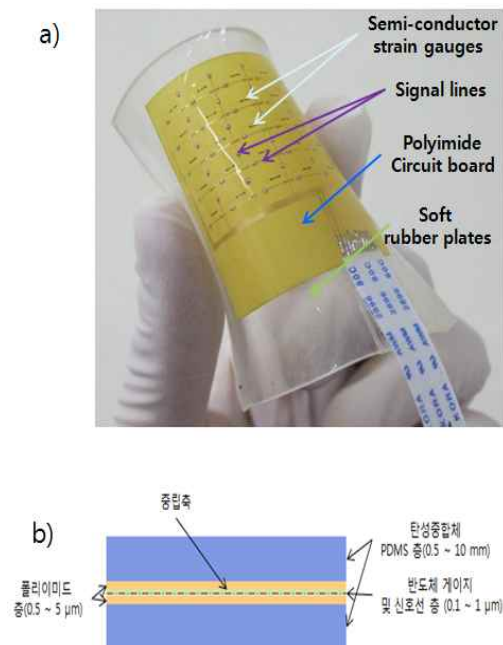


Fig. 2 (a): 제작된 촉각 센서 (b): 단면 구조

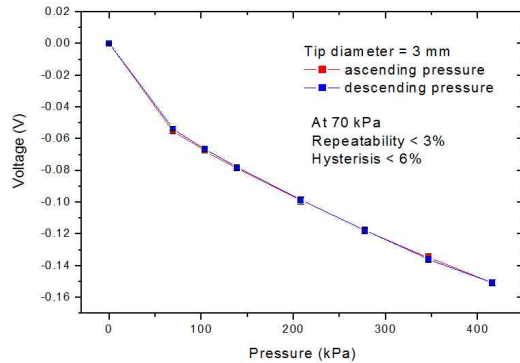


Fig. 3 특성 곡선

Fig. 3은 촉각센서의 특성 곡선을 나타낸다. 하나의 셀위에 3 mm 지름을 갖는 팁을 놓고 힘을 가하여 압력 vs 전압 출력 곡선 관계, 선형성, 반복성, 이력 특성 등의 평가를 수행하였으며 반복오차 3%이하, 이력 오차 6%이하의 우수한 결과를 얻었으며 선형성 또한 매우 우수하다. 초기 0 kPa 데이터와 그 다음 점에서의 기울기가 다른 것은 초기 힘 로딩 시에 prestress의 영향으로 보인다.

### 4. 결론

제한한 센서는 고성능, 고 공간분해능을 구현할 수 있으며 유연성과 함께 신축성을 갖도록 디자인 할 수 있어 3축 곡률을 갖는 손가락 등에 장착할 수 있는 장점이 있다. 하지만 저렴한 생산 단가와 대면적 구현을 위해 실리콘-폴리머 융합공정 기술의 발전이 필요하다.

### 후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 휴먼인지환경사업본부-신기술융합형 성장동력사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (No.2010K001128)

### 참고문헌

1. J.W. Morley, A.W. Goodwin and I. Darian-Smith, Exp. Brain Res. 49, 291, 1983.
2. S.A. Mascaro and H. H. Asada, IEEE Trans. Rob. Autom. 17, 698, 2001.