

## 인공피부에의 적용을 위한 촉각센서 개발

황은수\*, 김용준(연세대학교 기계공학부)

주제어: 촉각센서, piezoresistor, flexible sensor module, Etch-Release

본 논문에서는 폴리실리콘 스트레인 게이지가 삽입된 폴리머 기판을 이용한 유연한 패키지의 촉각센서를 제안하고자 한다. 실리콘 표면에 제작된 폴리실리콘 스트레인 게이지는 실리콘 산화막을 이용한 'Etch-Release' 패키징 방법을 통하여 실리콘 기판으로부터 분리 되어 폴리머 기판에 실장되었다. 실리콘 웨이퍼로부터 분리된 폴리머/폴리실리콘 스트레인 게이지 모듈은 또 다른 폴리머에 부착됨으로써 폴리실리콘 압저항은 폴리머 기판 내에 삽입되어진다. 폴리머의 유연성으로 (ductility) 인해 폴리머 기판의 표면에 작용하는 접촉압력은 폴리머의 변형을 발생시켜 이 변형은 폴리실리콘 압저항을 통해서 측정될 수 있다. 또한, 폴리실리콘 압저항의 특별한 배열을 통해서 표면에 작용하는 압력의 분포를 측정할 수 있다.

촉각센서로 사용되기 위해서는 수직으로 작용하는 힘 (normal force) 및 횡방향으로 작용하는 전단력 (tangential force) 을 센싱할 수 있어야 한다. 현재까지 발표되었던 많은 촉각 센서들은 수직으로 작용하는 힘을 센싱하기 위해 실리콘 기판가공기술을 (bulk micromachining) 이용하여 격판 (diaphragm) 등의 변형할 수 있는 구조를 제작하였다. 이는 제작공정을 복잡하게 하는 요소로 작용하게 되었다. 그림 1은 폴리실리콘 압저항과 폴리머 기판을 이용한 촉각센서의 개념을 보여준다. 수직력이 기판에 작용하게 되면, 기판은 힘의 평형을 위해 압축응력을 받게 된다. 폴리머 (PI2611)의 낮은 탄성률로 (modulus of elasticity) 인해서, 응력에 대한 변형률은 단단한 (rigid) 실리콘 재료등에 비해 대단히 크게 된다. 전단력이 (tangential force) 기판에 작용하게 되면, 전단력의 방향에 따라 기판의 한쪽 면은 압축응력이, 기판의 다른 한쪽에는 인장응력이 작용하게 되므로, 이를 폴리실리콘 압저항을 통해서 측정할 수 있다.

그림 2는 제작된 촉각센서 사진과 16개의 폴리실리콘 압저항으로 구성된 매트릭스 형상과 주변회로와의 연결을 나타낸다. 폴리실리콘 압저항체는 각각 두개의 연결선이 (interconnection) 필요하므로 이는 전체 회로의 연결을 복잡하게 만든다. 이러한 문제를 해결하기 위해서, 전체 piezoresistor matrix는 4개의 폴리실리콘 스트레인 게이지 와 하나의 reference resistor로 구성된 voltage divider가 되도록 설계되었다. 그림 2의 어두운 부분에 힘이 가해질 경우 그 부근의 스트레인 게이지의 저항 값이 변하게 되므로 해당되는 곳의 전압출력은 다른 곳의 전압출력보다 크게 변하게 된다.

제작된 소자의 측정은 전자저울을 통해서 가해진 힘을 측정하고 센서의 출력은 4 채널 오실로스코프를 통해서 측정되었다. 그림2의 어두운 부분에 힘이 가해졌을 때 센서의 출력은  $-1.32\text{mV/N}$ 으로, 다른 지역의 출력 ( $-0.35\text{mV/N}$ )에 비해 눈에 띄일 만큼 큰 차이를 확인 할 수 있었다.

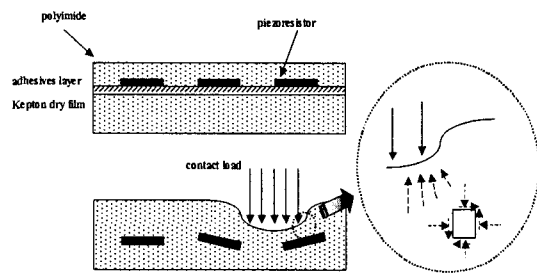


Figure 1. The concept of flexible tactile sensor using polysilicon piezoresistor: When normal load exists on surface, the substrate experience compressive stress.

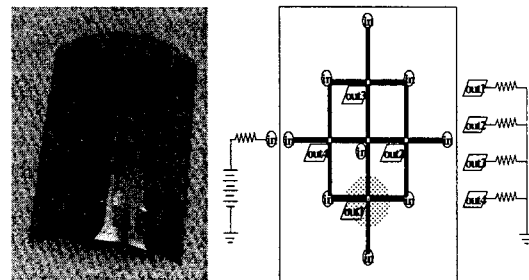


Figure 2. The photograph of flexible tactile sensor module and the configuration of piezoresistors & interconnections