

# PVDF 를 이용한 촉각 센서 개발

## Development of tactile sensor using PVDF film

\*김명수<sup>1</sup>, #김용준<sup>1</sup>, 조성은<sup>1</sup>

\*M. S. Kim<sup>1</sup>, #Y. J. Kim(yjk@yonsei.ac.kr)<sup>1</sup>, S. E. Jo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 기계공학과

Key words : PVDF, Flexible tactile sensor, Piezoelectric characteristic

### 1. 서론

최근 관심이 증가하고 있는 가사형 로봇이나 실버메이트 로봇 등의 인간친화형 로봇은 일상생활에 밀접할 것으로 예상된다. 따라서 대상물체에 대한 물리적 특성을 인지하는 촉각 감지 기술은 로봇과 주변 환경과의 상호작용 및 안전성 확보를 위해 필수적인 기술이다[1]. 특히, 사람의 촉각과 유사한 촉각감지를 위해서는 고감도의 정밀한 촉각센서가 요구되며, 센서와 물체가 접하는 지점은 곡면인 경우가 많기 때문에 센서의 유연성 확보가 필요하다.

현재 연구가 진행중인 촉각감지를 위한 센서는 실리콘 기반 촉각 센서와 폴리머 기반 촉각 센서가 대표적이다. 하지만, 실리콘 기반형 촉각센서의 경우 인간친화형 로봇에 적용하기에는 낮은 유연성을 갖는 취성 재료를 기반으로 하기 때문에 물체와 접촉시 실리콘 멤브레인이 파괴되는 단점을 가지고 있어 부적합하다. 이에 비해, 폴리머 기반형 촉각센서는 우수한 내구성과 유연성을 가지고 있어 인간친화형 로봇에 적용하기에 적합하다. 하지만, 대부분의 폴리머 기반 촉각센서들은 수십  $\mu\text{m}$  두께의 폴리머 필름에 전극을 형성해야 하기 때문에 복잡한 MEMS 공정을 요구하며, 정밀도 측면에서 한계점을 갖고 있다[2].

본 논문에서는 piezoelectric 폴리머인 PVDF(polyvinylidene-fluoride)를 기반으로 하는 촉각센서를 제안한다. 제안하는 촉각센서는 스크린 프린팅 기법으로 제작공정을 단순화하였으며, PVDF 필름의 단면에만 전극이 형성된 간단한 구조를 갖는다. 또한 정밀한 감지 특성을 가지기 위해서 각 셀들의 4x4 어레이 형태로 제작되었다. 제작된 촉각센서의 성능은 센서 표면에 가해진 압력의 강도에 따른 출력 전압의 측정을 통해 평가되었다.

### 2. 압전 촉각센서 구조 및 원리

제안하는 촉각센서는 그림 1 과 같이 PVDF 필름에 전극을 프린팅하는 방식으로 설계되었다. 촉각센서는 4x4 어레이로 PVDF 필름과 필름 단면에 위치한 Interdigitated electrodes (IDE) 및 패키징을 위한 다른 강도의 2 개의 PDMS 박막으로 구성된다.

압전 촉각센서는 PVDF 필름에 접촉력을 가하였을 때 힘의 변화량에 따라 전압을 발생하며, 다음과 같은 출력 특성을 가진다.

$$V_0 = g_{3n}X_n t \quad (n=1, 3) \quad (1)$$

식 (1)에서  $V_0$ 는 출력전압,  $g$ 는 압전상수,  $X_n$ 은 작용한 접촉력,  $t$ 는 필름의 두께이다.  $n$ 은 전극이 필름 표면의 단면에만 적용되므로 필름 길이의 방향이다. 촉각 센서의 제작에 사용된 PVDF (Measurement Specialties, Inc)의 주요한 물성은 Table 1 에 나타내었다.

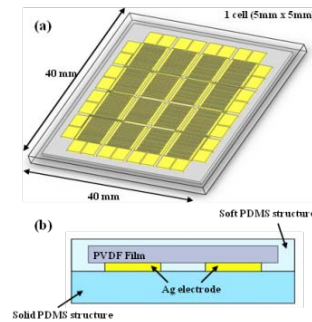


Fig. 1 Schematic diagram of the PVDF tactile sensor. (a) upper view, (b) side view

Table 1 Parameters of PVDF

Symbol	Parameter	Constant	Unit
$T$	Thickness	110	$\mu\text{m}$
$g_{31}$	Piezo	216	$10^{-3}\text{Vm/N}$
$g_{33}$	Stress Constant	-330	

### 3. 제안하는 촉각센서의 제작

제안하는 촉각 센서는 110  $\mu\text{m}$  두께의 PVDF 필름 위에 Ag ink 를 이용하여 스크린 프린팅으로 IDE 를 증착하였다. 그 다음 각 셀의 정밀도와 반력에 의한 발생 전압을 높이기 위해 부드러운 PDMS 박막을 생성한 다음 PDMS 박막 위에 PVDF 필름을 압착시켰다. 이후 다시 PVDF 필름 위로 단단한 PDMS 박막을 생성시켜 촉각센서를 제작하였다. 또한 리드선과 전극에 의한 압전 현상을 줄여 정확성을 높이고 전극 손상을 방지하기 위해 접촉 부위를 전극의 뒷 면으로 하여 제작하였다. 그림 2 는 실제 제작된 촉각센서이다. 제작된 촉각센서의 전체 크기는 40x40mm, 각 셀의 크기는 5x5mm 이며 전극 간 간격은 200  $\mu\text{m}$ 이다.

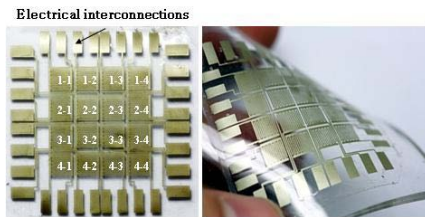


Fig. 2 Photographs of fabricated the tactile sensor

### 4. 실험 및 결과

제작 된 센서의 접촉력 감지 성능을 평가하기 위하여, 단일 셀에 0 에서 500gf 의 수직력을 가하고, 이 때 변화하는 전압을 측정하였다. 센서의 출력은 접촉력의 크기에 따라 선형적인 특성을 보였으며, 센서의 감도는 0.054V/gf 이었다(그림 3).

정밀도를 평가하기 위하여 단일 셀에 압력을 가했을 때, 주변 셀의 변화를 측정하였다. 주변 셀로부터 미세한 전압이 검출되고 있는데, 이는 PVDF 의 굽힘에 의한 영향으로 직접 압력을 받은 셀에 비해 무시할 수 있을 정도의 양이며, 5x5mm 면적에 가해지는 힘을 감지할 수 있는 성능을 보임을 알 수 있다(그림 4).

### 5. 결론

PVDF 기반 압전 촉각센서를 제작하였다. 제안한 촉각센서는 구조를 단순화하고 스크린 프린팅으로 제작하였으며, 접촉력에 대한 센서 감도는 0.054V/gf 이었다. 또한 접촉력 발생시 전력 생산량을 확인하였으며, 이를 이용한

에너지 수확 소자로서 활용이 가능할 것으로 사료된다(그림 5).

### 후기

본 연구는 한국연구재단의 미래유망 융합기술 파ioni어사업(2010-0019313) 및 한국연구재단 기반형 녹색융합연구사업(2010-0019088)의 지원으로 수행됨.

### 참고문헌

1. Vladimir J. Lumelsky, Michael S. Shur, and Sigurd Wagner, "Sensitive Skin", IEEE Sensor Journal, Vol.1, 41-51, 2001
2. 최병섭, 김원효, 주병권, "촉각센서의 기술 동향", EP&C magazine, 11, 82-89, 2009.

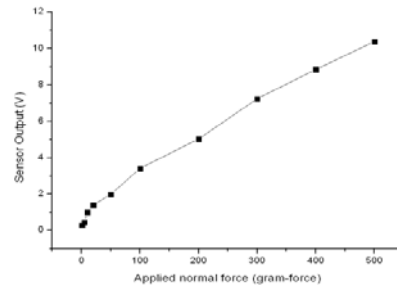


Fig. 3 Graph of sensor output voltage change

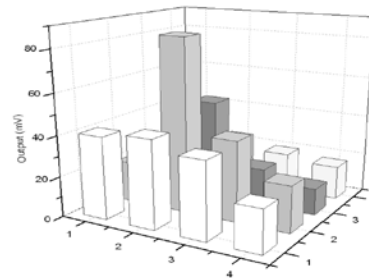


Fig. 4 Sensor response in case of single point contact

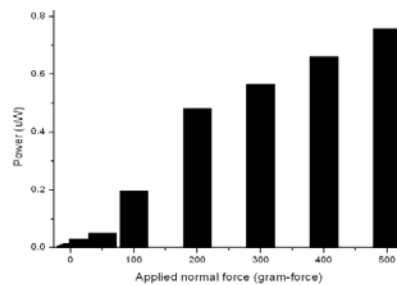


Fig. 5 Output power of the proposed tactile sensor