

플렉서블 촉각센서 개발을 위한 CNT 기반 PDMS 복합체의 압저항 특성 평가

Piezoresistive Characteristics of CNT based PDMS Composites for Application to Flexible Tactile Sensors

*권일민¹, #권수용², 김민석¹, 박연규¹

*I. M. Kwon¹, #S. Y. Kwon(kweonsy@kriss.re.kr)², M.-S. Kim¹, Y.-K. Park¹

¹한국표준과학연구원 질량힘센터, ²한국표준과학연구원 온도센터

Key words : Tactile Sensor, Piezoresistive, Carbon Nanotube

1. 서론

인간의 감각은 크게 시각, 청각, 미각, 후각, 촉각의 오감으로 이루어져 있다. 이 중 시각, 청각, 미각, 후각은 신체의 특정 부위에만 위치하고 있지만 촉각은 피부를 통하여 인간의 몸 전체를 둘러싸고 있다. 현재 인간의 감각을 대체하는 다양한 센서들이 연구, 개발되어 다양한 기기에 탑재되고 있다. 특히 인간의 오감 중 시각, 후각을 대체할 만한 센서는 상당한 연구와 개발이 진행되어 적용되고 있는 반면 촉각을 대신 할 수 있는 센서는 초기 연구 단계에 머물러 있다. 사람의 촉각 기관 중에는 손가락이 가장 우수한 특성 (힘, 온도, 습도, 거칠기)을 보이며 이를 모방하는 기술이 필요하다.¹

본 연구에서는 위의 여러 가지 물리적 특성들 중 힘 (압력)을 감지할 수 있는 촉각센서 재료를 개발하고자 한다. 그러나 사람의 손가락에서 보여지듯 1 cm² 이내의 접촉을 통하여 10 ~ 40 kPa 정도의 압력으로 40 μm의 공간 분해능을 나타낼과 동시에 곡면에 부착할 수 있는 플렉서블 힘센서를 구현하기가 현재까지의 기술로는 어렵다.

촉각센서는 지금까지 대부분 MEMS 제작기술을 이용하여 압전재료나 압저항재료를 이용한 센서, 용량형, 인덕터형 센서가 많이 개발되어 왔다.¹ 이 센서들은 주로 실리콘 기반의 센서들로 유연성이 부족하여 곡면에 장착될 수 없고 취성이 크다는 단점을 가지고 있다. 최근에는 일부 고분자 재료를 이용하여 곡면에도

쉽게 장착이 가능한 센서들이 이러한 단점을 보완하고 있다. 하지만 반도체 공정으로 제작된 센서들은 취성이 크다는 문제와 함께 제작 단가가 높고 수율이 낮으며 제작 사이즈의 제한이 있어 상용화에 한계가 있기 때문에 이를 해결할 만한 센서가 요구되고 있다.

본 연구에서는 전기적, 기계적 특성이 우수한 CNT (carbon nanotube)를 기반으로 하는 PDMS (polydimethylsiloxane) 복합체를 제조하여 플렉서블 하면서 낮은 압력에서 구동 가능한 압저항 센서를 개발하고자 하였다. 또한 solution casting 법을 사용하여 제작 공정의 단순화와 시편 크기의 제한을 줄이고자 하였다.

2. 실험방법

본 실험에서 사용한 CNT는 thermal CVD 법으로 만들어진 multi-wall CNT로서 순도는 95% 이상이며 평균 길이는 200 μm 이고, 직경은 10 ~ 15 nm 인 한화나노텍의 CM-100 을 사용하였다. PDMS 는 Dow Corning 사의 Sylgard(R) 184 를 사용하였다.

CNT/PDMS 복합체 제조는 cyclohexane 과 초음파를 사용하여 CNT 분산을 거친 후 PDMS 와 CNT 를 교반하고 150 °C 에서 경화하였다. CNT 의 함량은 각각 0.01, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 2.0 wt% 였다.

전기전도도와 압저항 특성 평가를 위하여 샘플의 크기를 두께 0.5 mm, 직경 5 mm 의 원형으로 제작하였다. 4 선식 저항측정법을 이용하여 제작된 시편의 저항값을 시편에 수직으로

가해지는 힘에 따라 측정하였다. 이때 가해지는 수직힘은 10 N 로드셀을 사용하여 측정하였다. CNT/PDMS 복합체의 저항값을 측정할 때에는 전극과 시편 표면사이의 접촉저항을 최소화하기 위해 시편표면에 백금 코팅을 한 후 전도성 에폭시로 경화하였다.

3. 실험결과

그림 1 에 solution casting 법으로 제조한 CNT/PDMS 복합체의 파단면 사진을 나타내었다. CNT 함량은 각각 0.1 wt%와 1.0 wt%이며, CNT 가 응집 (aggregation)되어 다발 (bundles)을 형성하고 있음을 확인할 수 있으며, 함량이 1.0 wt%로 증가하면 다발의 개수 증가와 함께 다발간의 간격이 크게 좁아짐을 확인할 수 있다.

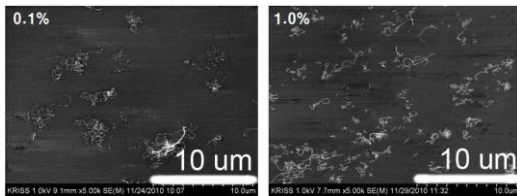


Fig. 1 SEM images of CNT/PDMS composites

그림 2 는 CNT 함량에 따른 전기전도도의 변화를 나타낸다. Percolation theory 에 의하면 전기전도도 σ 는 중량비 (weight fraction) Φ 의 함수로 아래 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$\sigma = \sigma_0(\Phi - \Phi_c)^t \quad (1)$$

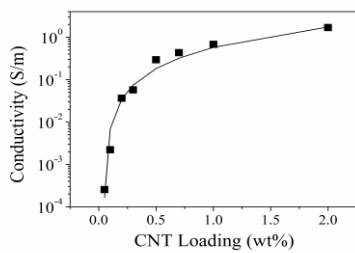


Fig. 2 Electrical conductivity of CNT/PDMS composites vs. CNT loadings

그림 2 의 데이터와 수식 (1)을 사용하여 fitting 한 결과 percolation threshold (Φ_c)는 0.045 wt%이고, power law exponent (t)는 1.55 으로 분석되었다. 3 차원 network 의 경우 t 값은 1.5 에서 2.0 사이에 나타나며 본 결과는 이 조건을

만족한다.

그림 3 은 CNT/PDMS 복합체의 힘 (압력) 변화에 따른 상대 저항 (relative resistance)의 변화를 나타낸다. 전반적으로 센서에 가하는 힘이 증가함에 따라 상대적 저항이 선형적으로 증가함을 확인할 수 있고, CNT 함량이 0.2 wt% 에서 22.8% 의 최대 증가치를 나타내었다.

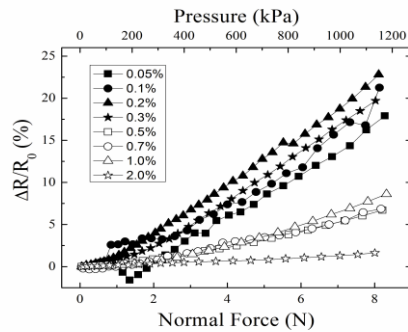


Fig. 3 Relative resistance R/R_0 of the CNT/PDMS composites with different CNT loadings with increasing normal force (pressure)

4. 결론

본 연구에서는 CNT 기반 PDMS 복합체를 간단한 solution casting 법을 사용하여 제조하였고 플렉서블 촉각센서로 응용하기 위하여 압저항 특성을 평가하였다. 힘 증가에 따른 저항의 변화율은 CNT 함량이 0.3 wt% 이하에서 17.9 ~ 22.8%로 크게 나타난 반면, 0.5 wt% 이상의 함량에서는 1.6 ~ 8.6%로 저항 변화율이 낮게 나타났다.

후기

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

참고문헌

1. Maheshwari, V., Saraf, R., "Tactile Devices To Sense Touch on a Par with a Human Finger," *Angewandte Chemie International Edition*, **47**, 7808-7826, 2008.