

MWNT를 스프레이 코팅한 가스센서의 알콜 가스 응답 특성

최영민, 감병민, 이호중, 김성진

경남대학교

Response properties of alcohol gas sensors depositing MWNT-composites by spray method

Young-Min Choi, Byung-Min Gam, Ho-Jung Lee and Seong-Jeen Kim

Kyungnam University

Abstract: In this paper we presented experimental results of a gas sensor utilizing multi-walled carbon nanotube (MWNT)-composites for the alcohol detection which is useful to checking drinking and driving, for example. The MWNT-composites were deposited using spray method on PES substrates suitable for use in low-cost and flexible sensors. We observed the variation of conductance from the sensors exposed to alcohol vapors evaporated at 37C equal to the human body temperature to match real condition. As the result, the conductance was decreased with the increase of ethanol vol% diluted in water. The sensors showed good sensitivity and linearity.

Key Words: MWNT, alcohol gas sensor, PES, conductance, spray-coating

1. 서론

본 연구는 탄소나노튜브의 가스 흡착성을 이용한 가스 센서[1-2]의 개발에 관한 것으로 최근에 탄소나노튜브에 대한 효과적인 정제(purification)와 분해(dissolution), 그리고 분산(dispersion) 공정 기술이 개선되어 다양한 형태의 탄소나노튜브 박막의 제조가 가능해 짐으로써 이를 이용한 투명전극, 정전기 차폐막 및 센서의 활성막에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는 점에서 착안하였다. 기존의 열화학 증착법 (TCVD: thermal chemical vapor deposition)으로 기판상에 직접 성장시킨 탄소나노튜브를 사용하는 것보다, 잘 분산된 탄소나노튜브 용액을 가지고 스크린 프린팅, 스핀 코팅, 스프레이 코팅, 잉크젯 프린팅, 그리고 임프린팅(imprinting)과 같은 간단한 공정기술 [3-4]들을 이용하여 다양한 박막을 제작할 수 있게 됨으로써, 탄소나노튜브의 응용분야가 더욱 확대되고 있다. 본 연구에서는 상대적으로 대면적위에 균일한 도포가 가능한 스프레이 코팅법으로 다중벽 탄소나노튜브 (multi-walled carbon nanotubes: MWNTs) 박막을 유연한 PES (polyethersulfone) 기판위에 도포하여 만든 가스 센서를 소개하고자 한다. 이 센서의 특징은 탄소나노튜브의 높은 가스 흡착성에 의해 상온에서 동작이 가능할 뿐만 아니라, 전체적으로 유연성을 갖추게 되어 평평한 바닥이 아닌 굴곡이 있는 구조물에도 설치가 가능한 장점들이 기대된다.

2. 실험

탄소나노튜브 박막을 제조하기 위해 HiPco 방법으로 만들어진 다중벽 탄소나노튜브(CNI사 제품, 35 % 금속첨매)를 사용하였다. 일반적으로 탄소나노튜브의 다발은 소수성을 가지고 있으며, 비결정질의 탄소, 풀러렌

(fullerenes), 탄소나노튜브를 합성하기 위해 필요한 촉매 금속등의 불순물을 포함하고 있어, 산처리와 초음파 처리 등을 통해 정제 및 분산과정을 거치게 된다. 우리는 본 실험에서 다중벽 탄소나노튜브 다발을 사용하였으며, 정제 및 분산하기 위해 질산 용액에 담아 초음파 처리를 하였다. 그리고나서 탄소나노튜브를 덮고있는 질산을 제거하기 위해 증류수로 반복해서 세척한 후에 종이 필터로 걸러내었다. 이와 같이 산처리된 탄소나노튜브는 도포과정에서 기판에 잘 부착하도록 바인더로서 예폭시 수지를 첨가한 후에 에탄올 용매에 혼합한 다음 초음파처리를 통해 최종적으로 균일한 분산이 이루어진 탄소나노튜브-복합재(MWNT-composites) 용액을 완성하였다. 우리는 이 용액을 가지고 스프레이 코팅장비를 이용하여 PES 표면에 균일하게 도포하였다. 이때 스프레이 코팅 횟수를 각각 20, 40회로 조절하여 2가지 시료를 제작하였다. 그리고나서 샘플은 소프트 베이킹을 했고 경화시켰다. 최종적으로 소자를 만들기 위해 새도우 마스크위에 알루미늄을 증착하여 2개의 전극을 형성하였으며, 끝으로 와이어 본딩을 하였다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 PES 기판위에 스프레이 코팅 회수를 20 및 40 회로 달리한 탄소나노튜브 박막을 제작하여 2종류의 센서를 만들었다. 그림 1은 10 x10 cm² 크기의 PES 기판상에 20회와 40회로 코팅한 사진을 나타낸 것이다. 스프레이 코팅의 횟수가 증가할수록 탄소나노튜브의 밀도가 높아지는 것을 관찰할 수 있었으며, PES 기판위에 불규칙하게 배열된 상태로 잘 부착되어 있었고, 대부분의 다중벽 탄소나노튜브는 공기 중에 노출되어 있음을 확인할 수 있었다.

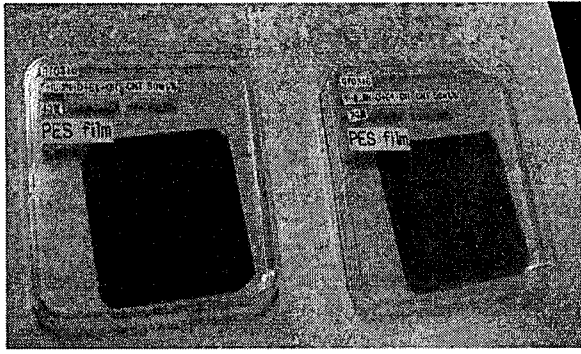


그림 1. PES 기판상에 (a) 20회 및 (b) 40회 스프레이 코팅된 MWNT 박막에 대한 사진

그림 2는 HP-4280A로 측정된 알코올 농도에 대한 전기전도도의 변화를 보여주는 결과로서, 스프레이 코팅 횟수를 20번으로 조절하여 만든 탄소나노튜브 박막으로 시료에 대한 측정결과를 나타낸 것이다. 알코올 가스에 노출이 되기 전에 실온에서 면저항은 각각 약 $400 \text{ k}\Omega/\square$ 으로 관측되었다. 제작된 센서를 가지고 0에서 0.3 vol%로 에탄올 용액의 농도를 증가시켰을 때, 전기전도도의 변화를 측정하였다. 그 결과 전기 전도도는 알코올 농도에 반비례하여 일정한 비율로 감소한 반면에 정전용량의 변화는 관측되지 않았다. 일반적으로 전기 전도도의 변화 원인은 기능화된 다중벽 탄소나노튜브의 벽면에 알코올 분자의 물리적인 흡착에 의해 전체적으로 센서 부하의 변화가 일어난 것으로 추론된다. 일반적으로 탄소나노튜브의 전기전도도는 흡착된 가스의 전기음성도 (electro-negativity)의 크기에 따라 의존성이 다르게 된다고 보고되어 왔다[5].

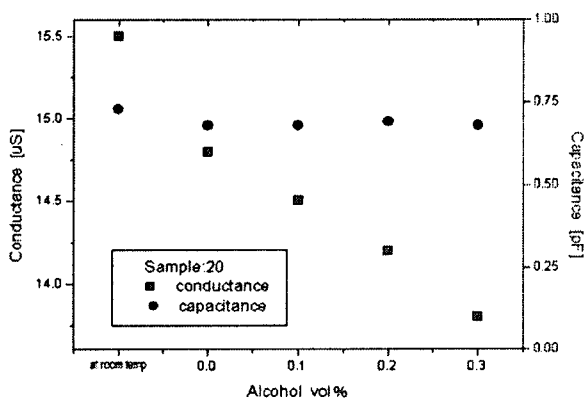


그림 2. 20회 스프레이 코팅한 샘플로 제작된 알코올 센서의 알코올 농도에 대한 전도도와 정전용량의 변화

그림 3은 40회 코팅한 시료로 만든 센서의 전기전도도 응답특성을 보여주고 있다. 코팅횟수가 높을수록 전기전도도는 증가하였으며, 20회 시료와 유사하게 알코올농도에 대한 전기전도도의 감소가 관측되었다.

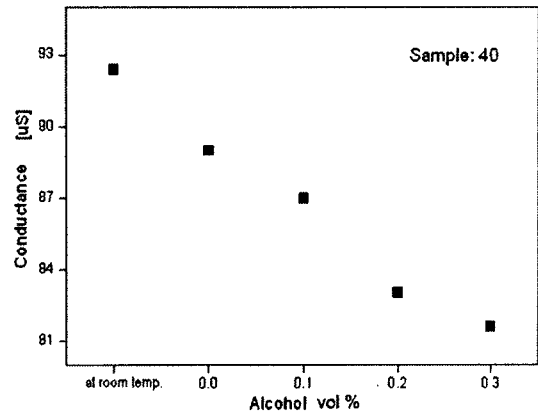


그림 3. 40회 스프레이 코팅한 샘플로 제작된 알코올 센서의 알코올 농도에 대한 전기 전도도의 변화

4. 결론

유연한 재료가 가져다 주는 편리한 점은 소자의 유연성과 가벼움으로 인하여 대면적 전자 제품의 응용을 가능케 하는 점이다. 본 논문에서는 PES 기판 위에 다중 스프레이 코팅법으로 형성된 다중벽 탄소나노튜브(MWNTs) 박막을 이용한 알코올 가스 센서를 제작하여 그 특성을 평가 하였다. 탄소나노튜브는 넓은 유효 표면적 때문에 가스 센서로 활용하기 위한 연구가 상당히 진척되고 있다. 우리는 카르복실기로 기능화된 다중벽 탄소나노튜브 박막을 사용한 알코올 가스 센서를 제작하여 상온에서 그 응답특성을 검사하였다. 이 실험을 통해 전기 전도도는 알코올 농도에 비례하여 감소하는 것으로 나타났다. 또한 본 알코올 센서는 알코올 용액 0.0에서 0.3 vol%의 범위에서 좋은 감도와 선형성을 보여 주었다.

참고 문헌

- [1] J. Kong, N. Franklin, C. Zhou, M. Chapline, S. Peng, K. Cho and H. Dai, "Nanotube molecular wires as chemical sensors", *Science*, Vol. 287, p. 622, 2000.
- [2] N. Sinha, J. Ma and J. Yeow, *J. Nanosci. Nanotechnol.* Vol. 6, p. 573, 2006.
- [3] K. Kordas, T. Mustonen, G. Toth, H. Jantunen, M. Lajunen, C. Soldano, S. Talapatra, S. Kar, R. Vajtai & P. Ajayan, "Inkjet printing of electrically conductive patterns of carbon nanotubes", *Small*, Vol. 2, p. 1021, 2006.
- [4] Y. Zhou, L. Hu & G. Gruner, "A method of printing carbon nanotube thin films", *Appl. Phys. Lett.* Vol. 88, p. 123109, 2006.
- [5] P. Qi, O. Vermesh, M. Grecu, A. Javey, Q. Wang, H. Dai, S. Peng and K. Cho, "Toward large arrays of multiplex functionalized carbon nanotube sensors for highly sensitive and selective molecular detection", *Nano Lett.* Vol. 3, p. 347, 2003.