

# 가스센서로써 탄소나노튜브 용액속에 바인더가 가스 선택성에 미치는 효과

이호중, 감병민, 최영민, 김성진  
경남대학교

## The effect of binder in SWNT solution to gas selectivity of CNT-based gas sensors

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

**Abstract:** In this work, we investigated the effect of the functionalized SWNT-polymer composites for increasing sensitivity and imparting selectivity to nanotube sensors. To do this, CNT-based gas sensors were fabricated with two types of dispersed SWNT solution involving different polymer resin of TEOS (Tetraethyl orthosilicate) or MTMS (Methyl trimethoxysilane) which is blended to adhere to substrate well. As the surfaces of TEOS and MTMS surrounding SWNTs remain functionalized to -OH and -CH<sub>3</sub> groups respectively after hardening, gas adsorption will be affected differently according to the type of gases. In the experiment, we examined the response of electrical conductance for alcohol vapour gas. As the result, the conductance in the sensors using TEOS decreased considerably while that of MTMS was nearly invariable.

**Key Words :** SWNT, gas sensor, gas selectivity, binder, TEOS, MTMS

### 1. 서 론

나노기술의 발전으로 소형화된 센서들의 발달이 우리의 생활 속의 자동화와 생물 의학에 고루 적용되는 것이 빠르게 나타나고 있다. 소형화 센서는 무게를 줄이고 전력 소모를 낮추고 가격을 낮출 수 있는 장점들을 갖는다. 현재 탄소나노튜브(CNTs)를 이용한 센서가 대표적인 초소형 센서의 예가 될 것이다. 탄소나노튜브는 체적당 길이 비율이 높고 속이 빈 구조이고 화학적으로 불활성해서 가스 센서로 적용하는데 아주 매력적인 재료이다[1-3]. 그 결과로 탄소나노튜브를 이용하여 만든 가스센서들은 기존의 다른 재료로 만든 센서들 보다 실온에서 작동과 소자의 소형화를 위한 작은 크기와 강도의 한계점에서 상당한 가능성을 보여주고 있다.

한편 탄소나노튜브를 이용한 가스센서의 경우, 금속산화물계 가스 센서처럼 가스의 선택성이 부족한 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 가스선택성[4]을 개선하기 위한 한 가지 방법으로 탄소나노튜브 용액을 구성하는 바인더의 재료[5]에 따른 가스 응답 특성의 변화를 고찰하였다. 최근에 탄소나노튜브를 이용한 가스센서는 간편하게 CNT 합성용액을 이용하여 스프레이, 스크린 프린팅 혹은 스피닝 코팅 방법으로 제작하는 방식을 선호하고 있다. 일반적으로 액상의 CNT 합성용액을 이용할 경우, 기판과 부착력을 높이기 위해 고분자 수지형태의 바인더를 포함시키게 되는 데, 사용하는 바인더의 종류가 다양하므로, 본 연구에서는 각종 바인더에 의한 가스의 응답특성의 변화에 대해 고찰하고자 한다.

### 2. 실험

탄소나노튜브 박막을 제조하기 위해 HiPco 방법으로 만들어진 단일벽 탄소나노튜브(CNI사 제품, 35 % 금속축매)를 사용하였다. 일반적으로 탄소나노튜브의 다발은 소수성을 가지고 있으며, 불순물을 포함하고 있어, 산처리와 초음파 분해 (sonication)등을 통해 정제 및 분산과정을 거치게 된다. 우리는 본 실험에서 질산 용액과 초음파 처리를 통해 정제 및 분산된 단일벽 탄소나노튜브(SWNTs)를 얻었다. 그리고나서 에탄올 용액속에 분산된 SWNTs는 도포과정에서 기판에 잘 부착하도록 바인더로서 각각 TEOS (Tetraethyl orthosilicate)와 MTMS (Methyl trimethoxysilane) 수지와 혼합하여 최종적으로 균일한 분산이 이루어진 탄소나노튜브-복합재 (SWNT-composite) 용액을 완성하였다. 우리는 이 용액을 가지고 스프레이 코터장비를 이용하여 유리기판 표면에 균일하게 도포하였다. 그리고 나서 샘플은 90 °C에서 30분간 소프트 베이킹을 했고 150 °C에서 2시간동안 경화시켰다. 최종적으로 소자를 만들기 위해 새도우 마스크위에 알루미늄을 증착하여 2개의 전극을 형성하였다. 그림 1은 제작된 가스 센서의 단면도 및 사진이다.

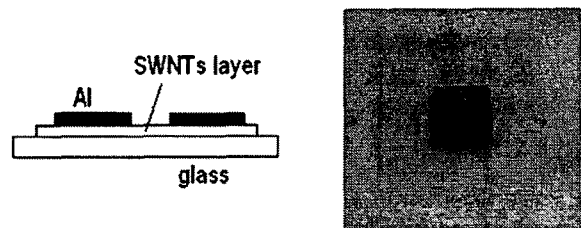


그림 1. 가스센서의 단면도 및 사진

### 3. 결과 및 고찰

제작된 센서를 가지고 음주 측정용 알코올 센서로 활용하기 위해, 알코올 가스에 대한 응답특성을 측정하였다. 0 ~ 0.3 vol%로 희석된 알코올 용액을 가지고 체온과 같은 36 °C로 가열한 상태에서 증발되는 알코올 가스를 운반 가스인 질소 가스와 혼합하여 시료에 노출시켰다. 센서들은 측정 전에 먼저 질소 가스로 세척하였으며, 초기 저항을 일정하게 유지하기 위해 측정후 시료를 100°C에서 약 5분간 가열하여 흡착된 가스를 완전히 제거하였다. 제작된 센서의 전류-전압특성과 전기 전도도 및 정전용량의 변화를 측정하기 위해 반도체 소자 분석기와 HP-4280A가 사용되었다.

본 연구에서는 탄소나노튜브 용액속에 혼합된 바인더의 효과를 관측하였다. 탄소나노튜브는 전도성이 우수하지만, 기판에 코팅했을 때 정착성을 높이기 위해 절연체인 바인더를 혼합하여 분산된 탄소나노튜브 용액을 제조하기 때문에, 실제로 저항값이 높게 나타날 뿐 만 아니라, 바인더 표면이 기능화되기 때문에 센서의 전기 전도도에도 영향을 미치게 된다. 본 연구에서는 TEOS와 MTMS 수지를 각각 바인더로 사용하여 스프레이 코팅한 단일벽 탄소나노튜브 박막을 제작하여 가스센서의 감지막으로 이용하였다. 그 결과, 그림 2와 같이 TEOS를 이용한 가스센서의 경우, 알코올의 농도가 증가할수록 저항이 감소하는 양상이 나타났지만, MTMS 수지를 사용한 경우에는 거의 응답하지 않는 결과를 보였다. 이와 같은 차이의 원인은 탄소나노튜브를 둘러싸고 있는 바인더의 기능화의 차이에서 비롯된 것으로 추론된다. TEOS는 외부에 -OH기가 형성되는 반면에, MTMS는 -CH<sub>3</sub>기가 형성되어 알코올에 대해 TEOS가 더욱 효과적으로 흡착에 의한 전기전도도의 변화를 일으키는 것으로 추론되기 때문이다.

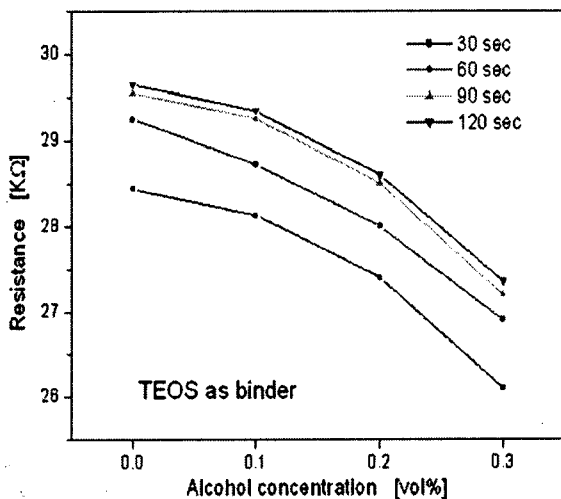


그림 2. 알코올 가스 농도에 대한 응답특성

### 4. 결론

본 연구에서는 가스선택성을 개선하기 위한 한 가지 방법으로 탄소나노튜브 용액을 구성하는 바인더의 재료에 따른 가스 응답특성의 변화를 고찰하였다. 이를 위해 TEOS (Tetraethyl orthosilicate)와 MTMS (Methyl trimethoxysilane)의 두 종류 바인더를 각각 혼합한 탄소나노튜브 용액을 스프레이 코팅하여 만든 센서를 가지고 알코올 가스에 대한 응답특성을 비교하였다. 그 결과, 바인더 표면에 -OH 기능을 갖는 TEOS를 이용한 센서의 경우, 농도에 따른 저항이 상당히 감소하는 특성을 관측한 반면에, -CH<sub>3</sub> 기능을 갖는 MTMS를 이용한 센서로 부터는 거의 반응이 나타나지 않은 결과를 얻었다. 따라서 본 연구를 통해 탄소나노튜브를 이용한 가스 센서에서 가스 응답특성이 탄소나노튜브를 덮고 있는 바인더에 의해서도 영향을 받는다는 사실을 발견하게 되었다.

### 참고 문헌

- [1] N. Sinha, J. Ma and J. Yeow, J. Nanosci. "Carbon nanotube-based sensors ", Nanotechnol. Vol. 6, p. 573, 2006.
- [2] 이영희, "탄소나노튜브의 물성과 응용", 새물리, 51권, p. 84, 2005.
- [3] M. Trojanowicz, "Analytical application of carbon nanotubes: a review", Trends in Anal. Chem. Vol. 25, p. 480, 2006.
- [4] 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.
- [5] J. Wang and M. Musameh, "Carbon nanotube/teflon composite electrochemical sensors and biosensors", Anal. Chem. Vol. 75, p. 2075, 2003.