

**열처리불소화 및 활성화된 탄소나노튜브의 NO 가스센서 특성**

김민일\*, 박미선\*, 이세현\*\*, 이영석\*  
 충남대학교\*, 한국폴리대학\*\*

**NO gas sensing properties of modified multi wall carbon nanotubes (MWCNTs) by thermal fluorination and activation**

Min Il Kim\*, Mi-Seon Park\*, Sei Hyun Lee\*\*, Young-Seak Lee\*  
 Chungnam National University\*, Korea Polytechnic College\*\*

**Abstract** - 반도체식 가스센서의 한계를 극복하기 위하여 열불소화 방법과 활성화 방법을 이용하여 NO 가스 감지용 가스센서를 제조하였으며, 각각의 특성을 평가하였다. 열불소화 처리된 탄소나노튜브는 열처리 온도에 따라 반도체적 성질이 p-type에서 n-type으로 변화한 후 다시 p-type으로 변화하였으며, 활성화 처리된 탄소나노튜브는 비표면적이 증가할수록 NO 감지에 따른 저항변화가 증가하였다. 저항변화율은 200 °C에서 불소화 처리된 탄소나노튜브가 가장 크게 나뉘었으나 응답시간을 고려할 경우 600 °C에서 불소화 및 6M의 KOH를 이용한 경우 가장 우수한 특성을 보였다.

**1. 서 론**

가스센서란 가스와 센서의 물리-화학적 반응에 의한 상호작용을 측정하여 가스를 감응하는 장치로써, 반도체식, 접촉연소식, 고체전 해질식 등으로 분류된다. 일반적으로 가스센서는 금속산화물을 주로 이용하고, 이는 제조가 간편하고, 유해가스 감응특성이 뛰어나다. 하지만 금속산화물을 이용한 가스센서 전극은 200 °C 이상의 작동온도가 필요로 안정성의 문제를 야기하고, 승온 시간과 가열장치가 추가적으로 필요하다[1]. 반면 탄소나노튜브를 이용한 가스센서는 상온에서 작동이 가능하지만, 느린 응답속도 및 회복속도, 분산의 문제 등으로 인하여 가스센서용 전극소재로 사용하기에는 한계가 있다[2]. 이러한 이유로 인하여 반도체식 가스센서의 한계를 극복할 수 있는 가스센서용 전극소재에 대한연구가 필요하다. 본 연구에서는 반도체식 가스센서의 한계를 극복하기 위하여 열불소화 방법과 활성화 방법을 이용하여 NO 가스 감지용 센서를 제조하였고, 각각의 특성에 대하여 고찰 하였다.

**2. 본 론**

**2.1 실험 방법**

**2.1.1 열불소화 방법을 이용한 NO 가스 감지용 탄소나노튜브 제조**

열불소화를 이용한 NO 가스 감지용 탄소나노튜브를 제조하기 위하여 탄소나노튜브에 100, 200, 300, 400, 600, 1000 °C에서 불소화 반응을 실시하였으며, 각각의 불소화 온도에 따라 각각 TFC100, TFC200, TFC300, TFC400, TFC600, TFC1000으로 명명하였다. 처리된 탄소나노튜브의 불소 결합 구조는 XPS를 이용하여 분석 하였다.

**2.1.2 활성화를 이용한 NO 가스 감지용 탄소나노튜브 제조**

활성화 방법에 따른 NO 가스 감지용 탄소나노튜브를 제조하기 위하여 4, 6, 8 M의 KOH 용액을 이용하여 750 °C에서 3시간동안 탄소나노튜브를 활성화하였다. 활성화에 사용된 KOH 용액의 농도에 따라 각각 AMWCNT4, AMWCNT6, AMWCNT8로 명명 하였다. BET를 이용하여 활성화 처리된 탄소나노튜브의 기공 특성을 분석 하였다.

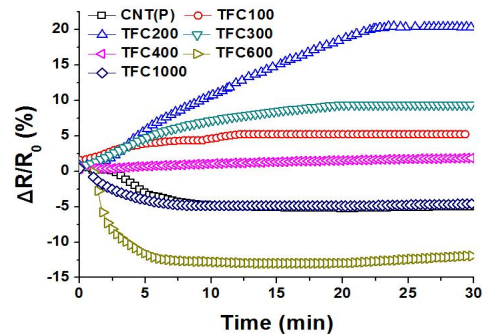
**2.1.3 처리된 탄소나노튜브의 NO 가스 감지 특성 평가**

NO 가스 감지 특성을 평가하기 위하여 처리된 열불소화 및 활성화 처리된 각각의 탄소나노튜브 0.05g을 2.5g의 DMF 용액에 분산한 후 Pt가 코팅된 실리콘웨이퍼 위에 코팅 하여 전극을 제조하였다. 탄소나노튜브가 코팅된 전극에 질소가스 및 50 ppm의 NO가 함유되어 있는 질소 가스를 흘려주어 NO 가스의 유무에 따른 탄소나노튜브의 전기적 특성을 Keithley 6514 system electrometer를 이용하여 측정하였다.

**2.2 열불소화된 NO 가스 감지용 탄소나노튜브의 특성**

열불소화를 이용하여 제조된 탄소나노튜브는 200 °C 이하의 온도에서 불소화한 경우 n-type 형태의 반도체 성질을 보인 반면, 열불소화 처리를 하지 않은 경우와 600 °C 이상의 온도에서 열불소화 한 경우 p-type 형태의 반도체적 특성을 보여주었다. NO 가스로 인한 탄소나노튜브의 저항변화는 200 °C에서 불소화 처리된 경우 가장 높게 나뉘었으나, 반응 속도는 가장 길게 나타났다. 탄소나노튜브의 열불소화는 탄소나노튜브의

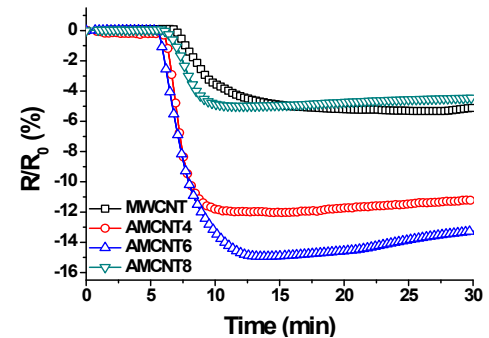
표면 관능기와 결정구조를 변화시켜 p-, n-type의 반도체 특성을 보인 것으로 사료된다.



〈그림 1〉 열불소화된 탄소나노튜브의 NO가스 감지 특성

**2.3 활성화된 NO 가스 감지용 탄소나노튜브의 특성**

활성화 방법에 따른 탄소나노튜브의 NO 가스 감지 특성은 가장 높은 비표면적을 가진 6M의 KOH 용액을 사용한 경우 가장 큰 저항변화를 나타냈다. 8M의 KOH 용액을 이용하여 활성화한 탄소나노튜브는 과활성화로 인하여 생성된 기공이 무너져 비표면적이 감소하고, 이로 인하여 NO 가스 감지에 따른 저항 변화율이 6M 보다 낮게 나타난 것으로 판단된다.



〈그림 2〉 활성화된 탄소나노튜브의 NO가스 감지 특성

**3. 결 론**

열불소화 및 활성화를 이용하여 탄소나노튜브를 처리하였으며, 각각의 방법에 따른 특성을 평가하였다. 열불소화를 이용한 탄소나노튜브의 경우 온도에 따라 탄소나노튜브의 반도체적 성질이 변화하였고, n-type의 경우 50 ppm의 NO 가스에 대하여 약 20%로 가장 높은 저항변화를 보였다. 반면 활성화 이용한 탄소나노튜브의 경우 NO 가스의 흡착을 통한 저항을 보였으며 6M의 KOH를 이용하여 활성화된 탄소나노튜브가 약 15%의 가장 높은 저항 변화율을 보였다. 저항변화를 면에서는 200 °C에서 불소화 처리된 탄소나노튜브가 가장 좋은 특성을 보였으나 응답시간과 저항변화율을 모두 고려할 경우 600 °C에서 불소화 및 6M의 KOH를 이용한 경우 가장 우수한 전극 재료로 사료된다.

**[참 고 문 헌]**

[1] A. Setkus, S. Kaciulis, L. Pandolfi, D. Senulienė, and V. Strazdiene, "Tuning of the response kinetics by the impurity concentration in metal oxide gas sensors" Sens. Actuators B, 111, 36-44, 2005