

전기방사법으로 제조된 Cu₂O-PVP 나노사의 전기적 특성

곽기열, 조경아, 윤정권, 김상식*

고려대학교 전기전자전파공학부, 나노과학연구소*

Electrical characteristics of Cu₂O-PVP nanofibers fabricated by electrospinning

Kiyeol Kwak, Kyoungah Cho, Jeongwon Yun and Sangsig Kim*

Department of Electrical Engineering and Institute for Nano Science, Korea Univ.*

Abstract : Hybrid nanofibers made of Cu₂O and polyvinyl pyrrolidone were fabricated by electrospinning. The current magnitude of the Cu₂O-PVP hybrid nanofibers is 10 times larger than that of pure PVP nanofibers. In addition, Cu₂O-PVP nanofibers possess high sensitivity to air at room temperature.

Key Words : Cu₂O, polymer, electrospinning, nanofiber, gas sensor

1. 서론

최근 전기방사법으로 일차원의 고분자 나노사를 제작하여 가스센서로 활용하고자 하는 연구가 많이 진행되고 있다 [1-2]. 일차원의 고분자 나노사는 박막에 비해 체적당 표면적비가 크며 이것은 가스센서의 반응성을 향상시킬 수 있는 구조가 된다. 한편, 현재까지 가스센서의 소재로 이용되어왔던 금속 산화물 반도체에 대해서도 주위 환경변화에 대해 보다 민감하게 전기적인 특성들이 변화하는 구조를 제작하기 위한 연구가 진행 중이다 [3]. 따라서, 본 연구에서는 금속 산화물 반도체와 고분자 나노사 구조를 융합한 무기물-유기물 하이브리드 나노사를 제작하여 가스 센서로서의 활용가능성을 알아보고자 한다. 금속 산화물 반도체 물질로는 p형 산화물 반도체 물질인 cuprous oxide (Cu₂O)를, 고분자 물질로는 polyvinyl pyrrolidone (PVP)를 이용하였다.

2. 실험

PVP (분자량 1,300,000 Sigma-Aldrich) 10% 수용액과 Cu₂O를 재분산시킨 용액을 8:2의 비율로 혼합한 용액을 이용하여 유리기판위에서 전기방사법으로 Cu₂O-PVP 나노사를 제작하였다. Cu₂O는 Cu(NO₃)₂·H₂O와 글루코오스를 염기성용액에서 반응시켜 합성하였고, x-ray diffraction (XRD)법을 이용하여 확인하였다. 제작된 나노사의 형태는 주사전자현미경 (Hitachi S-4300)를 이용하여 관찰하였다. 또한, 제작된 나노사의 전기적 특성을 확인하기 위해서 핑거패턴으로 금 전극을 형성하였다. 나노사의 전기적 특성은 실온에서 semiconductor parameter analyzer 4155C를 이용하여 측정하였다.

3. 결과 및 검토

그림 1은 본 연구에서 합성한 Cu₂O의 X선 회절 패턴으로 레퍼런스 JCPDS #5-667과 일치하는 것으로부터 Cu₂O가 합성되었음을 알 수 있다.

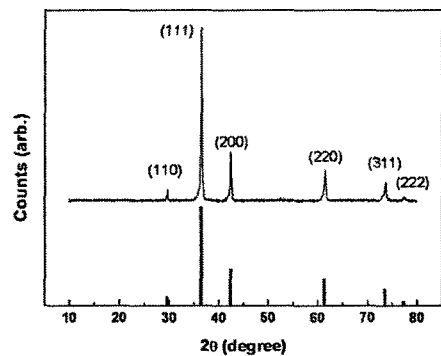


그림 1. 합성된 Cu₂O XRD 패턴

전기방사법으로 제작된 PVP와 Cu₂O-PVP 나노사는 그림 2에서 보이는 것과 같이 직선으로 형성되었다. Cu₂O-PVP 나노사의 평균직경이 500 nm으로, PVP 나노사의 평균직경(700 nm)보다 얇게 관찰되었다. 이것은 전기방사법으로 나노사를 제작할 때, 나노사의 직경이 사용된 전구체 용액들의 점도와 관련이 있는 것으로 생각되어진다. Cu₂O-PVP 나노사의 전구체 용액의 점도는 98.8 cP였으며, PVP 나노사의 전구체 용액의 점도는 135 cP로, Cu₂O-PVP 용액의 농도가 PVP 용액의 농도보다 낮아 동일한 전압에서 전기방사법으로 나노사가 형성될 때 더 가는 직경의 나노사가 얻어진 것으로 보인다.

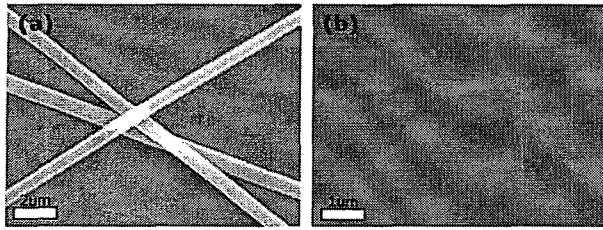


그림 2. 전기방사법으로 합성한 나노사의 SEM 이미지
(a) PVP 나노사 (b) Cu₂O-PVP 나노사

그림 3은 진공과 대기상태에서 측정된 PVP 나노사와 Cu₂O-PVP 나노사의 전류-전압 그래프이다. 대기상태에서 측정된 전류는 Cu₂O-PVP 나노사가 PVP 나노사에 비해 약 10 배 이상 크고, 대기와 진공상태에서의 전류비 ($I_{\text{공기}}/I_{\text{진공}}$)도 Cu₂O가 함유된 나노사의 경우가 더 크다. 이것은 Cu₂O-PVP 나노사가 주위환경에 대해 PVP 나노사 보다 더 큰 반응성을 나타내는 것으로 단일 고분자 나노사로 제작된 센서보다 금속산화물이 함유된 하이브리드 나노사로 제작된 센서가 보다 좋은 반응성을 보일 수 있다는 것을 의미한다.

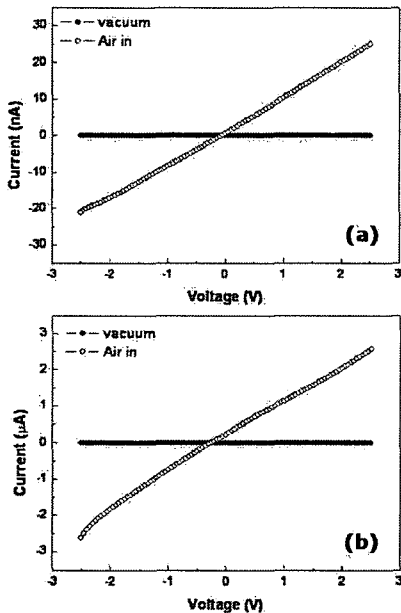


그림 3. (a) PVP 나노사 (b) Cu₂O-PVP 나노사의 전기적 특성

Cu₂O-PVP 나노사가 가스센서로써 활용가능한지를 알아보기 위하여, 공기를 주입하고 제거할 때의 전류값의 변화를 상온에서 살펴보았다. 그림 4에서 볼 수 있듯이 Cu₂O-PVP 나노사는 진공상태에서 전류가 수 pA가 될 정도로 급격히 감소하나, 공기가 주입되면 전류는 수십 µA 까지 급격하게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 실험 횟수가 증가할수록 전류의 최대값이 감소하는 것은 측정된 온도가 상온으로, 이전 실험에서 흡착된 공기들이 전부 탈착되지 못했기 때문으로 생각되어진다.

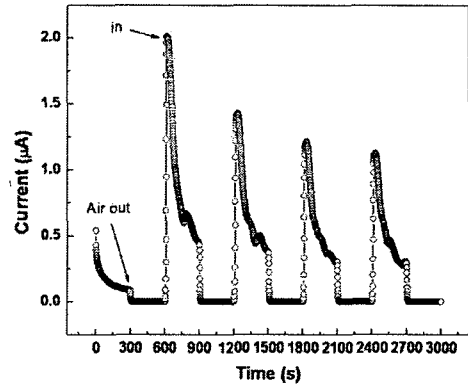


그림 4. 공기주입에 따른 Cu₂O-PVP 나노사의 전류변화

4. 결론

본 연구에서는 Cu₂O-PVP 하이브리드 나노사를 전기방사법으로 제작하고 전기적 특성을 단일성분의 PVP 나노사와 비교하였다. Cu₂O를 함유한 하이브리드 나노사가 단일성분의 고분자 나노사보다 10배 이상의 높은 전류값을 가지며, 전기적 특성이 환경에 민감함을 보여 센서로써 활용가능성을 보였다.

감사의 글

본 연구는 한국과학재단이 지원하는 나노원천기술개발사업 (CINS), 국가지정연구실사업 (NRL), 세계수준의 연구중심대학 육성사업 (WCU)과 한국학술진흥재단이 지원하는 중점연구소지원사업, 한국산업기술개발원이 지원하는 중기거점기술개발사업, 중소기업청이 지원하는 중소기업기술혁신개발사업, 한국산업기술평가원이 지원하는 핵심기반기술개발사업 (시스템IC2010)의 연구비에 의하여 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] Richard Rojas, Nicholas J. Pinto, "Using Electrospinning for the Fabrication of Rapid Response Gas Sensors Based on Conducting Polymer Nanowires", IEEE SENSORS JOURNAL, Vol. 8, No. 6, p. 951-953, 2008.
- [2] Bin Ding, Jinho Kima, Yasuo Miyazaki, Seimei Shiratori, "Electrospun nanofibrous membranes coated quartz crystal microbalance as gas sensor for NH₃ detection", Sensors and Actuators B, Vol. 101, No. 3, p. 373-380, 2004.
- [3] M.C. Carotta, V. Guidia, G. Martinella, M. Nagliatia, D. Puzzovioa, and D. Vecchia, "Sensing of volatile alkanes by metal-oxide semiconductors", Vol. 130, No. 1, p. 497-501, 2008.