

산화아연 나노막대가 성장된 산화아연-셀룰로오스 그린 복합재 제조 및 응용

Fabrication and Application of ZnO nanorod grown ZnO-Cellulose Green Composite

문성철* · 고현우* · Abdullahil Kafy* · Mithilesh Yadav* · 김주형* · 김재환†

Seongcheol Mun, Hyun-U Ko, Abdullahil Kafy, Mithilesh Yadav, Joo-Hyung Kim and Jaehwan Kim

1. 서 론

그린 복합재는 환경 및 자원, 에너지 문제에 취약한 기존 전자소자의 대체가능한 소자로 많은 관심을 받고 있다. 셀룰로오스는 지구상의 존재하는 가장 풍부한 천연고분자로 생분해성이 뛰어나 그린 복합재의 재료로 적합하다. 이미 셀룰로오스를 이용한 친환경 복합재에 대한 연구가 진행되고 있으며⁽¹⁾, 본 연구단에서는 셀룰로오스를 재생하여 지능재료 (Electro-active paper, EAPap)를 제조하였다. 선행된 연구에 의하면 EAPap은 생분해성, 생체적합성, 낮은 작동전압, 압전성 등을 지닌 친환경적이고 유연한 전자소자의 가능성을 확인하였으며, 센서, 트랜지스터, 액추에이터, 에너지 하베스터 등 다방면의 응용을 시도하여 좋은 성과를 확인하였다.

셀룰로오스 그린 복합재의 기능성과 더욱 다양한 분야의 활용을 위하여 나노재료를 중합하는 연구가 보고되고 있다. 이러한 유기-무기물 하이브리드 복합재는 유기물인 셀룰로오스의 유연성과 친환경성을 바탕으로 무기물 나노재료를 사용하여 다양한 특성을 가지는 게 됨으로 기존의 특성을 개선시키거나 새로운 특성을 가지는 복합재의 제조가 가능하다^(2,3). 본 연구에서는 산화아연(ZnO)를 나노재료로 사용하였다. 산화아연은 넓은 밴드갭(3.4 eV), 높은 결합에너지(60meV), 뛰어난 화학적, 열적 안정성으로

널리 사용되고 있으며, 압전성과 광학적 특성이 우수한 반도체 재료이다. 특히 산화아연은 낮은 온도에서 제조가 가능하고, 성형성이 용이하여 셀룰로오스 그린 복합재에 사용하기 적합하다.

본 논문에서는 산화아연을 셀룰로오스 표면에 성장시켜 제조한 산화아연-셀룰로오스 그린 복합재 (Cellulose-ZnO Hybrid Nanocomposite, CEZOHN)의 제조 방법과 특성평가를 하였으며, 이를 이용하여 다방면의 응용을 논하였다.

2. 산화아연-셀룰로오스 그린 복합재 제조

셀룰로오스 필름은 LiCl/DMAc 용액에 펄프를 용해하고, 재생과정을 통하여 만든 셀룰로오스 솔루션을 만든 후, 필름형태로 캐스팅하여 제조한다⁽¹⁾. CEZOHN은 셀룰로오스 필름 표면에 직접적으로 산화아연 씨앗을 생성하고 성장시키는 두 단계 방법을 거쳐서 제조된다. 첫째로, 산화아연 씨앗 생성과정으로, 산화아연 씨앗 유도용액을 스핀코터를 이용하여 셀룰로오스 표면에 코팅한다. 씨앗 유도용액은 아세트산아연 ($Zn(CH_3COO)_2$)을 에탄올에 용해하여 50mM 농도로 만든다. 매회 1.5 ml를 분사하고, 100°C에서 3분간 가열한다. 이와 같은 시딩 공정을 10 회 반복 후 30분을 가열하여, 셀룰로오스 필름 전체에 충분한 씨앗을 형성시킨다. 셀룰로오스 필름에 형성된 씨앗은 성장용 산화아연 유도용액에 넣어 수열합성법을 통하여 산화아연 나노막대로 성장시킨다. 용액의 온도는 90°C이며 1시간 동안 교반한 후 건조시킨다. 사용된 유도용액은 질산염 ($Zn(NO_3)_2$ 과 HMTA(hexamethylenetetramine)을 각각 DI-water에

† 교신저자; 정회원, 인하대학교 기계공학과
E-mail : jaehwan@inha.ac.kr
Tel : (032)874-7325, Fax : (032)832-7325
* 인하대학교 기계공학과

용해시킨 후 이를 다시 혼합하여 만들었으며, 혼합 용액의 농도는 50mM이다.

3. 특성 평가 및 응용

3.1 특성평가

그림1(a)은 CEZOHN의 주사전자현미경(SEM) 이미지이며, 산화아연 나노막대가 셀룰로오스 표면의 수직 방향으로 잘 성장된 것을 확인 할 수 있다. 또한 나노막대가 길이 1 μ m, 폭 100nm 내의 크기를 가지는 것을 알 수 있다. 이는 원자현미경으로 측정된 값으로도 확인 할 수 있었다.

셀룰로오스 필름에 성장된 산화아연의 결합형태는 적외선 분광분석(FTIR)을 통하여 확인하였다. EAPap 표면에 수산화기(-OH)가 있으며, CEZOHN 분석에서도 수산화기 Peak를 확인할 수 있었다. 그러나 수산화기 Peak이 감소하였으며, 이는 수산화기가 다른 원자와 결합하여 치환된 것을 결과이다. 그림1(b)는 셀룰로오스 필름과 CEZOHN의 적외선 분광분석 그래프이다. 셀룰로오스는 ZnO의 결합을 나타내는 파수(Wave number) 420에서 Peak을 가지지 않지만, CEZOHN에서 확인 할 수 있었다. 이를 통하여 산화아연 나노막대가 셀룰로오스 표면에 화학적으로 결합하여 성장한 것을 확인 할 수 있다.

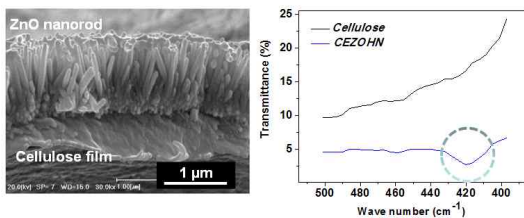


Figure 1(a) SEM image of CEZOHN and (b) FTIR data with cellulose and CEZOHN.

3.2 응용

산화아연은 뛰어난 압전성을 가지는 반도체 재료로 압전소자에 많이 사용되고 있다. CEZOHN 또한 압전성을 가지고 있으며, 이를 이용하여 에너지 하베스터의 가능성을 확인하였다. CEZOHN에 물리적인 충격을 가하여 유도되는 전압과 전류를 측정하였다. 20Hz 주기로 22N의 힘을 가하였을 때, 유도되는 전압은 200mV 였으며, 1 μ A 이상의 전류가 발

생되었고 반복실험을 통하여 반복성을 확인하였다.

산화아연은 광학적 특성이 우수하여 광소자로 쓰이며, 특히 UV광에 민감한 반응을 한다. 광촉매로도 사용되는 백금을 CEZOHN에 전극으로 사용하여 광학적 특성을 증대시켰다. CEZOHN에 UV광을 조사하여 유도되는 전압과 전류를 측정하였다. 355nm 파장대의 UV를 1분간 조사하였을 때, 170mV의 전압과 150nA의 전류가 측정되었다. UV광을 반복적으로 조사한 실험을 통하여 반복성을 입증하였다.

4. 결 론

셀룰로오스 필름 표면에 직접적으로 산화아연 씨앗을 도포하고, 성장시키는 간단한 화학반응을 이용하여 CEZOHN을 제조하였으며, SEM 이미지 통하여 수직방향으로 성장한 산화아연 나노막대를 관찰하였다. FTIR 결과를 비교하여 셀룰로오스와 산화아연 나노막대의 화학적 결합을 알 수 있었다. CEZOHN은 폴리머인 셀룰로오스와 무기물 반도체인 산화아연의 특성을 가지고 있다. 압전성을 이용한 에너지 하베스터와 광특성을 이용한 광센서의 응용가능성을 확인하였다. 셀룰로오스와 산화아연의 더 많은 특성을 고려하였을 때, CEZOHN은 더욱 다양한 분야에 응용이 가능할 것이다.

후 기

본 연구는 한국연구재단 도약과제 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- [1] Kim, J., Yun, S. and Ounaies, Z., "Discovery of cellulose as a smart material," *Macromolecules* 39, 4202-4206 (2006).
- [2] Yun, S., Jang, S., Yun, G., Kim, J. H. and Kim, J., "Paper transistor made with covalently bonded multiwall carbon nanotube and cellulose," *Appl. Phys. Lett.* 95(10), 104102 (2009).
- [3] Mahadeva, S. and Kim, J., "Conductometric glucose biosensor made with cellulose and tin oxide hybrid nanocomposite," *Sens.&Act. B* 157, 177-182 (2011).