

셀룰로오스-산화아연 나노복합재의 압전특성 Piezo characteristic of cellulose-ZnO nanocomposite

*고현우¹, #김재환¹, 문성철¹, 강병우^{1,2}

*H. -U. Ko¹, #J. Kim(ID@email.com)¹, S. C. Mun¹, B. W. Kang¹

¹인하대학교 기계공학과, ²삼성전기

Key words : cellulose, ZnO, Piezo

1. 서론

셀룰로오스는 주변에서 널리 퍼져있는 자연 고분자이며 높은 압전 상수(~30pC/N)를 갖는 압전 고분자이다. ¹ 하지만 셀룰로오스의 압전 성능은 기존 상용화된 PZT(>200pC/N) 등의 압전 세라믹을 대체하는데 한계를 갖는다. 따라서 다른 재료와의 합성을 통하여 성능을 개선하는 연구가 진행되어왔다. ^{2,3} 특히 산화티타늄과 같은 압전 세라믹과의 합성은 셀룰로오스의 성능을 향상시킬 것으로 기대된다. 산화아연은 소형 압전 소자의 재료로 활발히 연구되는 압전 세라믹이다. 특히 최근에는 나노 구조 산화아연과 압전고분자의 합성을 통한 성능 향상 및 유연성 증대가 연구되고 있으며 높은 성능의 압전 재료 개발이 보고되고 있다. ^{4,5} 특히 산화아연은 저온의 수열합성법을 통하여 셀룰로오스 표면에 형성하는 것이 가능하다. 수열합성법은 100°C 이하에서 합성이 가능하여 셀룰로오스가 열에 의해 파손되는 것을 막아주며 방법이 간단하고 비용 소모가 적은 방법이다. 특히 셀룰로오스는 일반적인 고분자와 다르게 수산화기(-OH)를 가지고 있어 별도의 표면 처리가 없이 산화아연의 형성이 가능하다.

본 논문에서는 수열 합성법을 사용하여 제조된 셀룰로오스-산화아연 나노복합재의 압전 성능을 측정하였다. 측정 방법은 준정적 측정법이 사용되었으며 셀룰로오스에 비하여 향상된 성능을 확인하였다.

2. 셀룰로오스 산화아연 나노복합재의 제조

셀룰로오스-산화아연 나노복합재는 재생 셀룰로오스를 기관으로 수열합성법을 통하여 산

화아연을 셀룰로오스 위에 기르는 방법으로 제조하였다. 이때 사용된 재생 셀룰로오스는 목화 펄프를 DMAc와 LiCl 용액에 녹인 후 펄름 형태 고형화 시켜 제조하였다. ⁶ 산화 아연 나노 막대 생성을 위한 기핵의 생성은 80°C의 질산아연(Zn(NO₃)₂, 25mM)/Triethanolamine (TEA)용액 안에서 6시간에 걸쳐 이루어진다. 기핵이 생성된 셀룰로오스는 다시 60°C의 황산아연(ZnSO₄, 30mM)/염화암모늄(NH₄Cl) 용액에 6시간동안 담궈 산화아연 나노막대를 형성한다. 제조된 복합재는 6시간 동안 건조한다.

Fig. 1(a)은 제조된 셀룰로오스-산화아연 나노복합재의 단면 이미지이다. 형성된 산화아연 나노막대층은 약 3um이며 각 나노막대의 지름은 약 250nm이다. Fig. 1(b)의 XRD 분석 결과에서 나타난 32°(100), 34°(002), 36°(101)의 peak은 셀룰로오스 표면에 성장한 나노막대가 wurtzite 구조의 결정을 가진 산화아연임을 확인시켜준다.

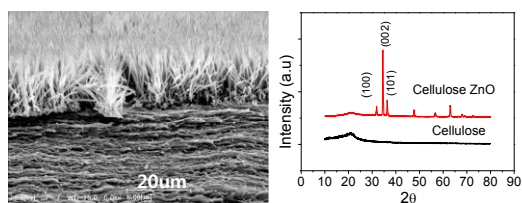


Fig. 1 (a) Cross-sectional image and (b) XRD result of cellulose-ZnO.

3. 압전 성능 평가

셀룰로오스-산화아연 나노복합재의 압전 성능은 준정적 평가 방법을 사용하여 측정하였다. 이를 위하여 인장 실험 장치에 제조한 셀룰로

오스 산화아연 나노복합재를 장착하고 0.0005 mm/s의 속력으로 당겼다. 인장에 의하여 발생하는 전하는 Picoammeter를 이용하여 측정된 전류를 바탕으로 계산하였다. 인장테스트 결과 셀룰로오스-산화아연의 Young's modulus는 약 5GPa로 배열화 과정을 거치지 않은 셀룰로오스와 비슷한 값을 보인다. 이는 셀룰로오스 산화아연 복합재의 기계적 특성이 모재인 셀룰로오스의 기계적 특성과 크게 다르지 않음을 보여준다. 한편 압전상수는 145pC/N으로 셀룰로오스에 비하여 월등히 향상된 모습을 보여준다. 이를 통해 산화아연과의 합성을 통하여 셀룰로오스의 압전특성이 크게 향상됨을 확인할 수 있다.

Table. 1 Result of quasi-static measurement of cellulose and cellulose-ZnO nanocomposite

	Young' modulus (GPa)	Piezo charge constant (d_{31} , pC/N)
Cellulose	5.3	6
Aligned cellulose	7	28
Cellulose ZnO	5	145

4. 결론

본 논문에서는 셀룰로오스의 압전성능 향상을 위하여 수열합성법을 통해 셀룰로오스-산화아연 복합재를 제조하고 압전특성을 측정하였다. 산화아연이 형성된 셀룰로오스의 기계적 성질은 셀룰로오스에 비하여 크게 변하지 않았다. 반면에 셀룰로오스-산화아연 복합재의 압전상수는 기존의 셀룰로오스에 비하여 약5배 이상 향상된 결과를 보였다. 이는 셀룰로오스-산화아연 나노 복합재가 압전 소자의 재료로 큰 가능성을 가짐을 보여준다.

후기

이 연구는 연구재단 중견연구자지원사업의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kim, H. S., Li, Y., and Kim, J., "Electro-mechanical behavior and direct piezoelectricity

of cellulose electro-active paper," *Sensors and Actuators A*, **147**, 304-309, 2008.

2. Yun, S., and Kim, J., "Covalently bonded multi-walled carbon nanotubes-cellulose electro-active paper actuator," *Sensors and Actuators A*, **154**, 73-78, 2009.

3. Mahadeva, S. K., Kim, J., Kang, K. S., Kim, H. S., and Kim, J., "Effect of poly(ethylene oxide)-poly(ethylene glycol) addition on actuation behavior of cellulose electroactive paper," *Journal of Applied Polymer Science*, **114(2)**, 847-852, 2009.

4. Lee, M., Chen, C. -Y., Wang, S., Cha, S., N., Park, Y. J., Kim, J. M., Chou, L. -J, and Wang, J. L., "A hybrid piezoelectric structure for wearable nanogenerators," *Advanced Materials*, **24**, 1759-1764, 2012.

5. Dodds, J. S., Meyers, F. N., and Loh, K. J., "Piezoelectric characterization of PVDF-TrFE thin films enhanced with ZnO nanoparticles," *IEEE Sensors Journal*, **99**, 1, 2011.

6. Yun, S., Kim, J., Lee, K. -S., "Evaluation of cellulose electro-active paper made by tape casting and zone stretching methods," *Int. J. Precision Eng. Manufact.*, **11(6)**, 987-990, 2010.