

셀룰로오스-산화아연 하이브리드 나노복합재의 진동에너지 획득 평가

Vibration Energy Harvesting Estimation of Cellulose-ZnO Hybrid Nanocomposite

*적림동¹, #김재환¹, 고현우¹, 고소원¹, 김흥수²

*Lindong Zhai¹, #Jaehwan Kim(jaehwankim@inha.ac.kr)¹, Hyun-U Ko¹, Xiaoyuan Gao¹,
Heung Soo Kim²

¹인하대학교 기계공학과, ²동국대학교 기계로봇에너지공학과

Key words : Cellulose, ZnO nanocomposite, Vibration, Energy harvesting

1. 서론

셀룰로오스는 지구상에 가장 흔한 생체 고분자 재료 중 하나로 종이, 옷감, 건축용 목재 등 다양한 분야에 사용된 재료이다. 또한 압전 특성을 가지고 있어 그 활용의 범위를 작동기, 물리 센서 등 다양한 분야로 넓혀가고 있다. [1] 더욱이 산화물 반도체 물질을 증착한 유-무기 복합재료는 셀룰로오스의 약점은 비교적 낮은 성능을 향상시키고 그 활용 범위를 더욱 넓힐 수 있는 소재로 기대되고 있다. [2]

한편, 산화아연 나노 구조물은 잘 알려진 에너지 하베스터의 재료로 그 가능성은 이미 많은 연구에 의하여 알려진바 있다. 특히 PVDF 와 같이 압전 특성을 가진 유기 재료와 합성을 통해 만들어진 압전 소재는 뛰어난 유연성을 기반으로 wearable energy harvester 재료로 큰 가능성을 갖는다. [3]

수열합성법을 통하여 셀룰로오스와 산화아연을 합성한 셀룰로오스-산화아연 나노 복합재 (Celcellulose - ZnO Hybrid Nanocomposite, CEZOHN)은 높은 압전성능(~145pC)을 가져 압전 에너지 하베스터로 높은 가능성을 갖는 재료이다. 본 논문에서는 CEZOHN 을 이용하여 에너지 하베스터를 만들고 그 성능을 평가하였다.

2. 실험 방법

셀룰로오스 필름은 목화 펄프를 LiCl과 DMAc로 녹인 후 재생과정을 통하여 제조하였

다. 자세한 제조과정은 기존에 발표된 바 있다. [4] CEZOHN의 제조에는 셀룰로오스의 열에 의한 파손을 방지하기 위하여 열적 가습분해 과정을 포함한 저온의 수열합성법(<100°C)이 사용되었다. 균일한 입자의 분포를 위해 seeding 과정을 통하여 산화아연 기핵층을 형성한 후 산화아연 나노막대를 성장시켰다. Seeding은 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.

CEZOHN 기반 에너지 하베스터는 제조된 CEZOHN 의 양 표면에 전극(4 × 1 cm²)을 입히고 전선을 연결한 후 전기적 절연을 위하여 라미네이팅 필름을 코팅하여 제작하였다. 제작된 에너지 하베스터는 알루미늄 빔(15 × 5 × 0.5 cm³)에 부착한 후 진동기를 통하여 진동을 주고 그에 따라 발생하는 에너지를 측정하였다.

3. 결과

CEZON 의 미세 구조를 확인하기 위하여 SEM 을 측정하였다. SEM 이미지에서 셀룰로오스 나노막대 층이 셀룰로오스 위에서 형성됨을 확인 할 수 있었다 (Fig. 1).

형성된 산화아연의 구조를 확인하기 위하여 X 선 회절(XRD, Rikaku) 패턴을 분석하여 셀룰

로오스의 경우와 비교하였다. 셀룰로오스의 경우 21° 에서 넓은 피크가 관찰되었다. CEZOHN의 XRD 패턴에서는 셀룰로오스와 동일한 21° 의 피크와 함께 31.7°(100), 34.4°(002), 37.5°(101)에서 산화아연의 특성 피크들이 관찰되었다. 이는 wurtzite 구조의 산화아연이 셀룰로오스 표면에 잘 형성되었음을 보여준다. 특히 지배적인 (002) 피크는 산화아연의 윗 방향으로 잘 서있음을 보여준다.

제조된 CEZOHN 을 이용한 에너지 하베스터는 알루미늄 보에 부착된 후 보의 공진주파수인 388 Hz 에서 진동시켜 그 성능을 평가하였다. 에너지 하베스터에 의해서 출력된 에너지는 전류와 전압으로 측정하였으며 이 두 값을 이용하여 파워를 계산하였다. 입력 파워는 힘 변환기와 변위센서를 통하여 측정된 힘과 변위를 통하여 측정하였다. Fig.2는 입력 파워와 출력 파워의 관계를 보여준다. 입력 파워의 증가에 대하여 출력 파워는 선형적인 증가를 보인다. 이는 CEZOHN 을 이용한 에너지 하베스터의 가능성을 보여준다. 출력 파워는 작은 값으로 개선할 필요가 있다.

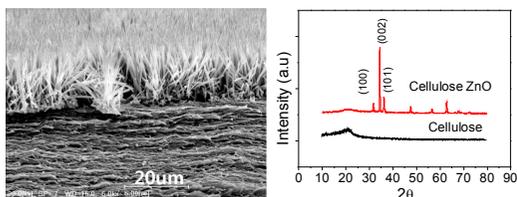


Fig. 1 (a) Cross-sectional image and (b) XRD result of cellulose-ZnO.

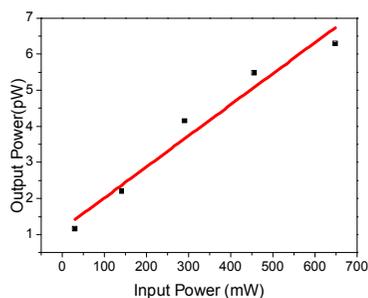


Fig. 3 Surface resistance of ITO transparent electrode.

4. 결론

본 논문에서는 저온의 수열합성법을 이용하여 제작된 CEZOHN 을 이용하여 에너지 하베스터 제작하고 그 성능을 평가하였다. CEZOHN 의 SEM 및 XRD 분석결과는 산화아연이 셀룰로오스 표면에 잘 형성되었음을 보여준다. 제작된 에너지 하베스터의 출력 파워는 입력 된 파워의 증가량에 대하여 선형적으로 증가하여 CEZOHN 기반 에너지 하베스터의 가능성을 확인할 수 있었다. 그러나 낮은 효율은 추후 개선을 필요로 한다.

후기

이 연구는 한국연구재단(도약연구)의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. Kim, J., Yun, S., Ounaies, Z., "Discovery of cellulose as a smart material," *Macromolecules*, **39**, 4202-4206, 2006.
2. Mahadeva, S. K., Kim, J., "Hybrid nano composite based on cellulose and tin oxide: growth, structure, tensile and electrical characteristics," *Sci. Technol. Adv. Mater.* **12**, 055006, 2011.
3. Devia, P. I., Ramachandran, K., "Dielectric studies on hybridised PVDF-ZnO nano composites," *J. Exp. Nanosci.*, **6**, 281-293, 2011.
4. 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**, 987-990, 2010.