

## Mg 도핑된 ZnO-PDMS 복합필름을 이용한 마찰전기 에너지하베스터의 제작 및 특성 측정

이준규, Sontyana Adonijah Graham, Punnnarao Manchi, Mandar Vasant Paranjape, 유재수  
경희대학교

## 요 약

본 발표에서 효율적인 기계적 에너지 수확기로 Mg 도핑된 ZnO(ZMO)/PDMS 복합 필름기반 하이브리드 나노발전기(hybrid nanogenerator: HNG)를 제안했다. Mg 농도가 다른 다양한 ZnO (ZMO) 샘플이 합성되어 PDMS 마찰 전기 폴리머 내부에 내장되었다. ZMO/polydimethylsiloxane (PDMS) 필름과 알루미늄은 HNG 를 제작하기 위한 양 및 음의 마찰 전기 필름으로 사용된다. 접촉 분리 모드에서 일정한 외력하에서 작동되는 HNG 와 생성된 전기 출력을 비교 조사했다. 최적화된 HNG 는 약 225 V 및 4.5  $\mu$ A 의 전기 출력을 생성한다. 마지막으로 최적화된 HNG 에서 생성된 매우 안정적인 전기 출력은 상용 커패시터에 공급되어 소형 전자 장치에 전원을 공급하였다.

## I. 서 론

잘 알려진 연료 위기와 악화되는 기후는 전기를 생성하기 위한 대체 지속 가능한 녹색 에너지원이 필요하다. 최근 개발된 마찰전기 나노발전소자는 주변에 풍부하게 존재하는 기계적 에너지를 전기로 변환할 수 있다. 쉬운 제작, 컴팩트한 크기, 친환경, 고효율 등과 같은 큰 장점으로 인해 마찰전기 나노발전소자 (triboelectric nanogenerator: TENG)는 최근 몇 년 동안 많이 조사된 연구 주제가 되었다. 반면, TENG 의 전기 출력은 매우 낮으며 향상이 필요하다. 따라서 향상된 전기 출력을 얻기 위해 Mg 도핑된 ZnO (ZMO)/polydimethylsiloxane (PDMS) 복합 필름기반 하이브리드 나노발전소자 (hybrid nanogenerator: HNG)가 제안되었다. 초기에는 유전율이 높은 ZMO 입자가 합성되어 PDMS 필름 내부의 필러로 활용되었다. 다양한 HNG 는 복합 및 알루미늄 마찰전기 필름으로 제작되었다. HNG 는 상부 접촉 분리 모드에서 작동되며 생산된 전기 출력을 비교 연구했다. 최적화된

ZMO/PDMS 복합 필름 기반 HNG 는 매우 견고하며 매우 안정적인 전기 출력을 생성하였다.

## II. 본 론

졸-겔 합성 기술을 사용하여 Mg 도핑 농도가 다른  $Zn_{1-x}Mg_xO$  (ZMO) 입자를 합성했다. 합성된 ZMO 입자의 형성된 상과 화학적 조성은 다양한 특성화 기술로 분석되었다. 0.3 mol% Mg 농도를 갖는 ZMO 입자 (ZMO-2)가 가장 높은 유전 상수를 나타내는 것으로 관찰되었다. 모든 TENG 의 전기 출력은 사용되는 마찰 전기 폴리머의 표면 전하 밀도에 따라 다르다. 반면, 마찰전기 고분자 내부에 유전율이 높은 필러 입자를 로딩하면 복합막의 유전율과 전하밀도를 향상시킬 수 있다 [1]. 따라서 PDMS 마찰전기 고분자 내부에 유전율이 높은 ZMO-2 입자를 혼합하여 복합막을 형성하였다. 얻어진 복합 필름을 음의 하이브리드 마찰전기 고분자와 알루미늄으로 활용하여 HNG 소자를 제작하였다. 모든 HNG 는 일정한 외력 (13.5 N/5 Hz) 하에서 작동되었으며 생성된 전기 출력은 그림 1과 같이 체계적으로 조사되었다.

복합 필름의 유전 상수가 증가하여 표면 전하 밀도가 높아졌기 때문이다 [2]. 또한 1 wt% ZMO-2 입자가 포함된 HNG 는 약 225 V 및 4.5  $\mu$ A 의 가장 높은 전기적 성능을 생성한다. 반면에 필러 농도를 1 wt% 이상으로 증가시키면 HNG 에 의해 생성되는 전기 출력이 감소한다. 이에 더해, HNG 의 전기 출력을 정류하여 상용 커패시터를 충전하고 소형 LCD (liquid crystal display) 화면에 전원을 공급하는 데 사용했다. 이상의 결과로부터 제안된 HNG 장치는 인가된 기계적 에너지를 전기로 효율적으로 수확할 수 있음을 확인하였다.

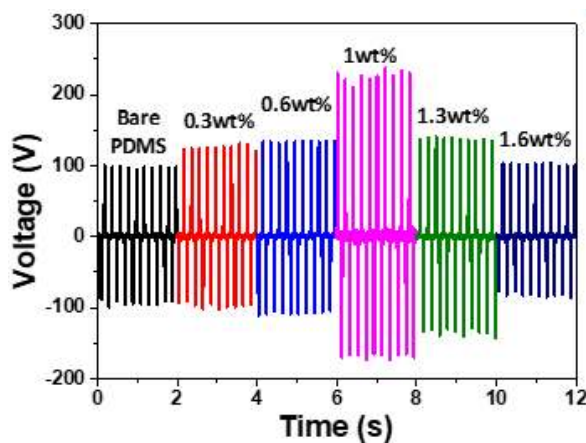


그림 1. ZMO-2 입자의 로딩양에 따른 PDMS 기판으로 제작된 TENG 의 전압 특성.

### III. 결 론

ZMO/PDMS 복합 필름으로 구성된 HNG 는 전기에 적용된 다양한 기계적 에너지를 수확하기 위해 성공적으로 제작되었다. 초기에 다양한 ZMO 입자가 합성되어 PDMS 음의 마찰전기 폴리머 내부에 로딩되었다. PDMS 내부의 ZMO-2 필러 농도는 각 제작된 HNG 에서 가장 높은 전기 출력을 얻도록 최적화되었다. 최적화된 HNG 에 의해 생성된 매우 안정적인 ~225 V 및 ~4.5  $\mu$ A 전기 출력은 상용 커패시터를 충전하고 소형 LCD 화면에 전원을 공급하는 데 추가로 활용되었다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 발표는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단-시스템반도체융합전문인력육성사업의 지원을 받아 수행되었음 (No. 2020M3H2A1076786). This work was supported by the National Research Foundation of Korea Grant funded by the Korea government (MSIP) (No. 2018R1A6A1A03025708).

### 참 고 문 헌

- [1] G. Zhu, B. Peng, J. Chen, Q. Jing, Z. Lin Wang, Triboelectric nanogenerators as a new energy technology: From fundamentals, devices, to applications, *Nano Energy*. 14 (2014) 126– 138.
- [2] P. Manchi, S.A. Graham, B. Dudem, H. Patnam, J.S. Yu, Improved performance of nanogenerator via synergetic piezo/triboelectric effects of lithium niobate microparticles embedded composite films, *Compos. Sci. Technol.* 201 (2021) 108540.