

## 가연성 소재 기반의 에너지 하베스터 연구

강우석<sup>1</sup>, 고중혁<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> 중앙대학교 전기전자공학부

### A Research for Piezoelectric Energy Harvesters Based on Flammable Material

Woo-Seok Kang<sup>1</sup> and Jung-Hyuk Koh<sup>1,a</sup>

<sup>1</sup> School of Electrical and Electronics Engineering, Chung-Ang University, Seoul 156-756, Korea

(Received November 18, 2014; Accepted November 21, 2014)

**Abstract:** Energy problem has been issued in worldwide because fossil fuel has being almost exhausted. A lot of renewable energy have been received attention to replace the energy from fossil fuel. Among them, piezoelectric energy harvester is one of excellent candidates. In general, micro scaled small sized energy harvesters were usually based on the lithography process. However, these lithography process require complicated process and high cost. In this paper, a new process has been proposed for micro-scaled piezoelectric energy harvester.  $0.2\text{Pb}(\text{Mg}_{1.73}\text{Nb}_{2.3})\text{O}_3 - 0.8\text{Pb}(\text{Zr}_{0.52}\text{Ti}_{0.48})\text{O}_3$  composition was used as piezoelectric material due to excellent piezoelectric properties and also can be easily prepared by mixed oxide method.

**Keywords:** Energy harvesting, Flammable, Piezoelectric

#### 1. 서론

에너지 하베스팅의 목표는 시스템 주변의 손실되는 에너지를 저장하고 디바이스가 사용할 수 있도록 변환하는 것이다. 에너지 하베스팅이란, 특정 재료나 변환 메커니즘을 통해 주변의 이용 가능한 에너지를 전기 에너지로 변환시키는 과정이다. 에너지 하베스팅의 예로 태양광, 지열, 풍력 등을 전기 에너지로 바꾸는 다양한 변환 메커니즘을 가지고 있다 [1-3]. 언급한 것들 이외에도 많은 에너지 하베스팅의 종류가 있

지만 이 논문에서 다룰 것은 가연성 소재 기반의 압전 에너지 하베스팅이며 이에 대한 새로운 공정이다. 기존의 MEMS 공정은 lithography 공정으로 인해 복잡하고 어렵게 되어있는데 lithography 공정을 대체할 수 있는 쉽고 단순한 공정을 만드는 것이 이 연구의 목표이다.

새로운 공정에 도입할 방법은 틀을 만들고 제거하는 개념은 lithography와 비슷하지만 그 방식과 사용 소재에 있어서는 차이가 나며 훨씬 단순하다. 가연성 소재를 이용하여 틀을 만들고 그 틀에 압전성 물질을 채운 뒤 틀을 연소시킴과 동시에 압전성 물질을 소결시키는 것이다. 압전 물질로는 특징이 우수한 PZT 계열 중 하나인 PMN-PZT를 사용하였고, pillar 형태를 목표로 하였다. 가연성 소재를 이용한 새로운 공정이 가능한지 여부를 알아보기 위한 편의성을 위해 이 연

a. Corresponding author; [jhkoh@cau.ac.kr](mailto:jhkoh@cau.ac.kr)

구에서는 필러의 길이와 두께를 수 mm로 제작하였으며 충전율의 최적 조건에 대해 고찰했다.

## 2. 실험 방법

### 2.1 가연성 소재를 이용한 pillar형 압전체 및 디바이스 제작

99.9%의 고순도의 분말인  $Pb_3O_4, ZrO_2, TiO_2$ , 그리고  $MgNb_2O_6$ 를 원료 물질로 mixed oxide method를 이용하여  $0.2Pb(Mg_{1/3}Nb_{2/3})O_3 - 0.8Pb(Zr_{0.52}Ti_{0.48})O_3$ 의 조성을 가진 PMN-PZT를 준비하였다.

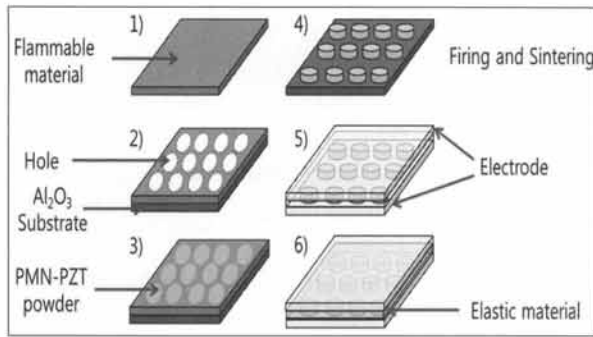


Fig. 1. Process schematic diagram for device.

그림 1에 디바이스 제조 과정을 간단히 나타내었다. 상부와 하부전극인  $Al_2O_3$ 의 면적은  $400\text{ mm}^2$ , 두께는  $0.2\text{ mm}$ 이다. 본 연구에서 선택한 가연성 소재는 PDMS (poly dimethyl siloxane)이다. PDMS는 생체 친화적이기 때문에 태워도 규제나 독성에 걱정이 없으며 싼 가격 또한 장점이다 [4]. 물리적으로는 잘 휘는 탄성체이기 때문에 디바이스 안의 빈 공간을 채워도 힘을 압전체로 잘 전달할 수 있으며 가공 또한 용이하다 [5].

PDMS를  $20\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 3\text{ mm}$  (가로×세로×높이) 규격으로 틀을 만들고 펀치를 이용하여 구멍을 만든다. 밑면에  $Al_2O_3$  기판을 부착하고 구멍에 제조한 PMN-PZT를 눌러 채운다. 이 상태로  $250^\circ\text{C}$ 에서 PDMS를 태워 날려주고 곧 바로  $1,100^\circ\text{C}$ 로 올려 PMN-PZT를 소결시킨다. 소결된 PMN-PZT 사이의 빈틈을 PDMS로 채워주고  $Al_2O_3$ 를 상부 전극으로 올려준다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2는 제조한 PMN-PZT 세라믹을 XRD 패턴으로 perovskite 구조라는 것을 알 수 있고, (002) peak과 (200) peak의 갈라짐을 보아 사방정계에서 정방정계로 변환되는 지점임을 알 수 있으며, 그림 3의 SEM (scanning electron microscopy) 이미지를 통해 grain의 평균 크기가  $0.8 \sim 1.2\ \mu\text{m}$ 임을 알 수 있다.

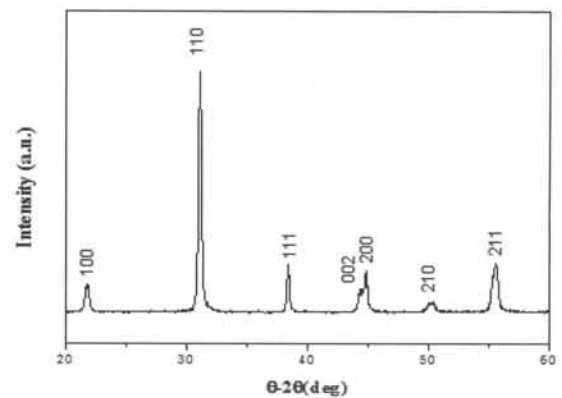


Fig. 2. X-ray diffraction patterns of PMN-PZT.

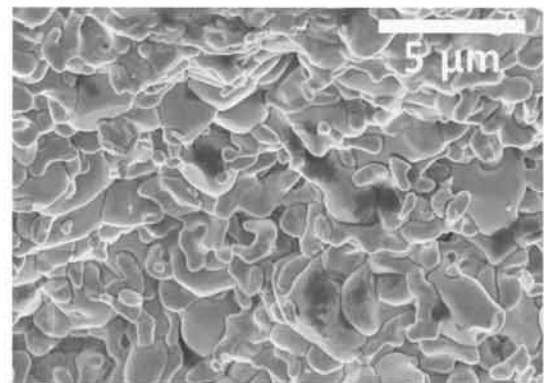


Fig. 3. SEM image of PMN-PZT.

그림 4는 가연성 소재를 이용한 공정으로 제조한 PMN-PZT의 주파수에 따른 임피던스와 phase angle을 보여주고 있다. 공진 주파수와 반공진 주파수는 각각  $739\text{ kHz}$ 와  $882\text{ kHz}$ 이며 아래 식을 이용하여 전기적 기계 결합계수,  $k_p$ 를 계산하였다.

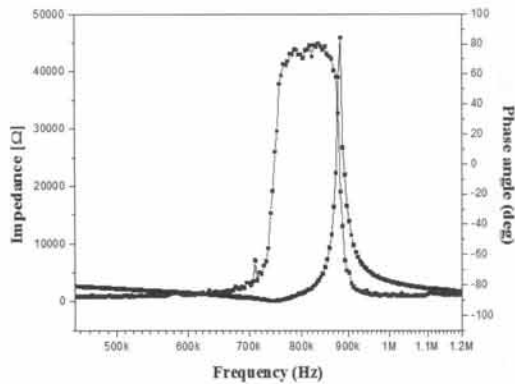


Fig. 4. Impedance and phase angle of PMN-PZT.

$$\frac{1}{k_p^2} = a \times \frac{f_r}{f_a + f_r} + b \quad (1)$$

식 (1)의  $f_r$ 은 공진주파수  $f_a$ 는 반공진주파수이며  $a$ 와  $b$ 는 상수로서 값은 각각 0.395와 0.574이다. 계산된 전기적 기계 결합계수는 0.406으로 기존의 벌크 세라믹 공정과 비슷한 수준을 보임으로써 본 연구에서 제시한 공정이 기존의 공정들을 대체할 수 있음을 보인다.

#### 4. 결론

가연성 소재를 이용한 새로운 공정으로 PMN-PZT를 pillar 형태로 가공하고 이를 이용해 MEMS 기반

의 압전 에너지 하베스팅 디바이스를 제작했으며 다양한 충진율에 대한 압전 특성과 전력을 알아보았다.

본 연구를 통해 lithography 공정을 대체할 가연성 소재를 이용한 새로운 공정에 대한 가능성을 확인했으며, micro 단위로 디바이스를 제작할 수 있는 최적의 충진율 또한 확인할 수 있었다.

#### 감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 순수기초연구 연구과제(과제번호 UD 120048GD)의 지원으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

#### REFERENCES

- [1] A. Nattestad, A. J. Mozer, M.K.R. Fischer, Y. B. Cheng, A. Mishra, P. Bäuerle, and U. Bach, *Nat. Mater.*, 9, 31 (2010).
- [2] D. Davila, A. Tarancon, C. Calaza, M. Salleras, M. Fernandez-Regulez, A. S. Paulo, and L. Fonseca, *Nano Energy*, 1, 812 (2012).
- [3] F. Diaz-Gonzalez, A. Sumpera, O. Gomis-Bellmunt, and R. Villafafila-Robles, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 2154 (2012).
- [4] T. K. Kim, J. K. Kim, and O. C. Jeong, *Microelectronic Engineering*, 88, 1982 (2011).
- [5] C. Luo, F. Meng, and A. Francis, *Microelectronics Journal*, 37, 1036 (2006).