

# 압전에너지 하베스팅의 원리 및 응용

정대용 <명지대학교 신소재 공학과>

이영진 · 백종후 <한국세라믹기술원 광전자세라믹본부>

## 1. 에너지 하베스팅 소개

화석연료의 고갈과 지구 온난화 문제로 인하여 대체에너지개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 반도체를 이용한 태양광발전과 전자기 원리를 이용한 풍력발전은 대형으로 제작되어 상업화되어 있다. 한편 저전력 구동의 CMOS 개발과 무선 통신기술의 발전에 따라 소형 센서 및 소형전자기기를 구동할 수 있는 소형 에너지 발전에 대한 관심이 증가하고 있다. 우리가 일상생활에서 많이 사용하고 있는 RFID 교통카드, 신분증 등이 무선통신과 소형 에너지 발전을 결합한 대표적인 예이다. 그런데 우리가 사용하는 RFID는 외부에서 보내는 전자기파를 RFID 태그에서 전기에너지로 변환하여 이용하는, 즉 외부의 에너지를 순간적으로 변환하여 전자기기를 구동하는 수동형으로 에너지 밀도가 낮고 사용거리가 짧으며, 장기적으로 사용할 수 없는 단점이 있다. 따라서 외부의 신호를 능동적으로 센싱하며 소형전자기기를 안정적으로 구동하기 위해서는 안정된 전원공급장치가 필요하다. Battery를 소형 전자기기의 에너지원으로 손쉽게 사용할 수 있으나 Battery를 주기적으로 교환해야 하며 Battery 교체에 의한 공해문제가 발생하는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하는 방법으로 현재 자연에서 버려지고 있던 에너지를 유용한 전기

에너지로 변환하여 저장하는 에너지 하베스팅(energy harvesting) 기술이 제안되고 있다[1-4]. 현재 많이 연구되고 있는 소형에너지 발전으로는 기계적인 에너지를 이용한 압전 발전, 기계적인 운동과 전자기적 현상을 동시에 이용한 발전 및 Capacitive 발전, 폐열을 이용한 열전발전 등이 있다. 이들 방법은 주어진 자연환경에 따라 선택되어 이용되어야 한다. 특히 압전 재료를 이용한 발전은 기계적 에너지를 전기적 에너지로 변화하는 것으로 에너지 밀도가 높고, 기후에 관계없이 실내외의 진동, 사람의 신체움직임 등의 기계적인 에너지를 이용할 수 있어 많은 연구가 되고 있다[5-7]. 본 고에서는 소형 에너지 발전을 위한 압전 발전의 원리 및 응용에 관한 연구동향에 대해서 서술하고자 한다.

## 2. 압전 에너지 하베스팅 원리

### 2.1 압전 현상

일반적으로 부도체인 재료에 기계적인 에너지(응력, stress)를 가하면 재료에 변형(변형, Strain)이 발생하며, 전기장(Electric field)을 가하면 재료에 분극의 크기(Polarization)가 변화한다. 그러나, 부도체 중에서 중심대칭을 가지지 않는 압전재료는 기

계적 에너지를 가했을 때 변형뿐만 아니라 재료의 분극의 변화가 발생하며, 또한 역으로 전기장을 가했을 때 분극변화뿐만 아니라 재료의 변형을 동시에 일으키는, 즉 재료의 전기적인 특성과 기계적인 특성이 서로 Coupling되어 나타나는 독특한 성질을 가지고 있어 많이 응용되고 있다. 그림 1에 압전현상을 그림으로 표현하였다. 전기적 에너지를 가했을 때 재료의 수축, 팽창이 발생하는 압전 역효과는 모터, 액츄에이터 등에 주로 이용되고 있으며, 진동, 응력 등의 기계적인 에너지를 전기신호로 변환하는 압전 정효과는 착화용 압전소자나 각종 센서에 응용되고 있으며, 압전 정효과와 역효과를 동시에 활용하는 것은 초음파검사기, 어군탐지기 등이 있다. 여기에서 착화용 압전소자나 센서는 생성된 전기에너지를 방전시켜 바로 이용하거나, 외부 저항에 인가되는 전압을 측정하여 이용하는 것으로 전기에너지를 저장하여 활용하는 기능은 없다. 한편 압전 에너지 하베스팅은 기계적 에너지에 의해 발생한 적은양의 전기에너지를 저장하여 전자소자를 동작하는데 이용되는 면에서 기존의 응용제품과는 차이가 있다.

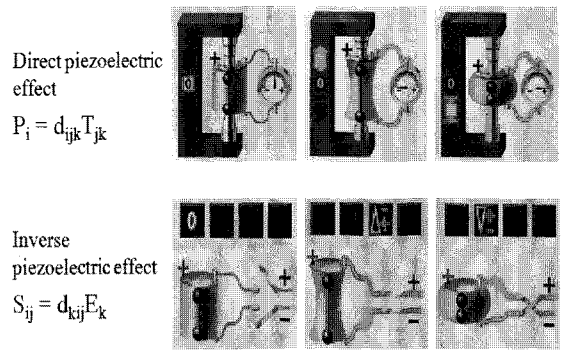


그림 1. 압전현상 모식도(P: polarization, d: piezoelectric constant, T: stress, S: strain, E: electric field)

## 2.2 압전 에너지 하베스터

압전 에너지 하베스팅의 기본 원리는 주어진 외부의 기계적인 에너지를 효과적으로 압전재료에 전달하며, 전달된 기계적에너지를 압전재료는 전기적에너지로 변환하며, 변환된 전기에너지를 외부의 회로로 전달하는 크게 3가지 부분으로 이루어져 할 수 있다(그림 2). 따라서 효율적인 압전하베스터를 제작하기 위

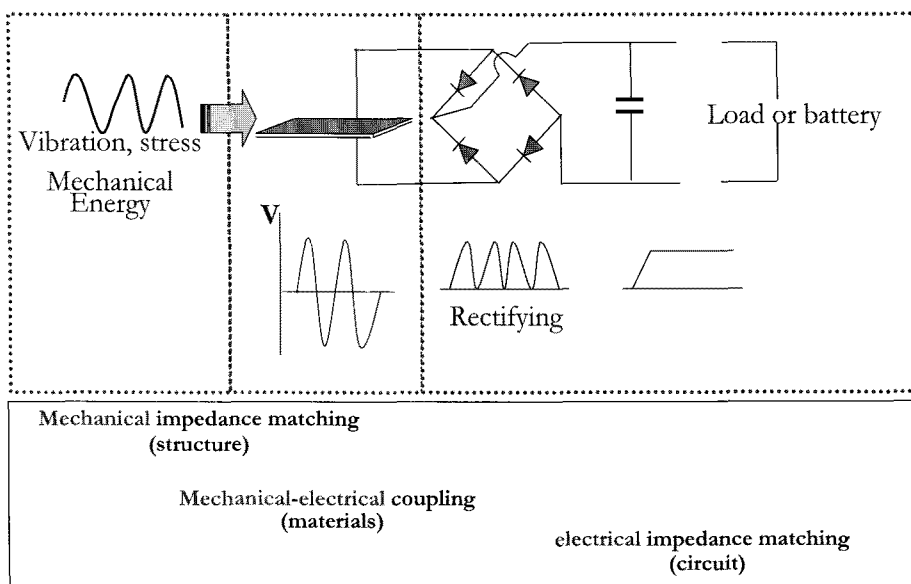


그림 2. 일반적인 압전 에너지 하베스팅 구조

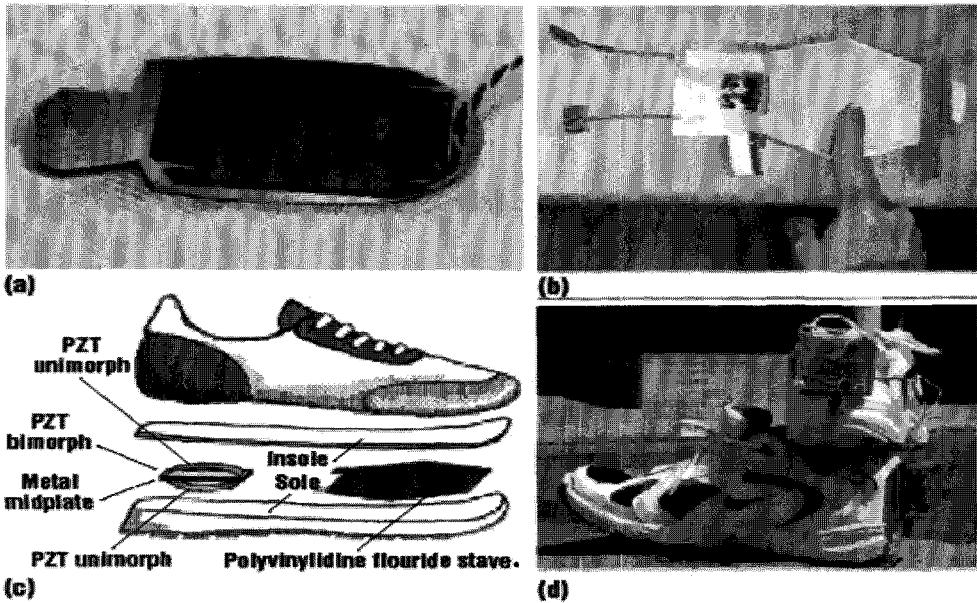


그림 3. (a) A flexible PZT thunder clamshell (b) 16 layer polyvinylidene fluoride bimorph stave (c) The insole of running shoes (d) Power harvesting shoes with heel-mounted electronics[1-2]

해서는 진동에너지를 압전재료에 효과적으로 전달할 수 있는 구조(외부 기계적인 진동과 압전하베스터의 Mechanical Impedance Matching이 될 수 있는 구조), 기계적진동을 전기적에너지로 가장 효율적으로 변환하는 압전재료(Electro-Mechanical Coupling Coefficient가 큰 재료), 압전재료의 전기적인 특성을 고려한 외부전기회로의 구성이 필요하며, 현재 여러 가지 압전하베스터의 응용제품은 이러한 3가지를 고려하여 제작되고 있으며, 본고에서는 각각에 대해서 간단하게 분석하였다.

외부에서 주어지는 기계적인 진동은 식 (1)과 같이 표현되며, 힘과 변위에 의해 에너지양이 결정되며 힘의 크기와 변위의 크기에 따라 압전 하베스터의 구조가 변경되어야 한다.

$$E = \vec{F} \cdot \vec{l} = m \cdot \vec{a} \cdot \vec{l} \quad (1)$$

여기에서 E는 에너지,  $\vec{F}$ 는 가해주는 힘,  $\vec{l}$ 은 변

위, m은 무게,  $\vec{a}$ 는 가속도를 나타낸다. 예를 들면 MIT에서는 그림 3에서와 같이 큰 힘과 적은 변위로 대표되며 재료에 Compressive 힘을 가하는 사람의 걸음걸이와 같은 Quasi-static한 진동에서 효과적으로 에너지를 얻기 위해 THUNDER 구조 또는 적층 폴리머를 이용한 압전 하베스터를 제작하였다. 이밖에도 Pennsylvania State University에서는 자동차 엔진의 큰 힘을 이용한 발전에 이용하기 위하여 그림 4의 CYMBAL구조를 이용한 하베스터를 제작하였다[3]. 한편 세탁기, 전자레인지 등의 기계에 의해 발생하는 주기적인 진동은 응력의 크기가 크지 않으며, 만약, 두꺼운 압전재료를 사용할 경우, 즉 외부의 진동과 재료사이에 Mechanical Impedance Matching이 되지 않을 경우, 압전재료의 변형을 일으키기 어려워 발생하는 전기에너지 양이 매우 적다. 따라서 이러한 경우에는 외부의 주기적인 진동과 압전하베스터의 기계적구조를 공진시켜 변위를 최대한

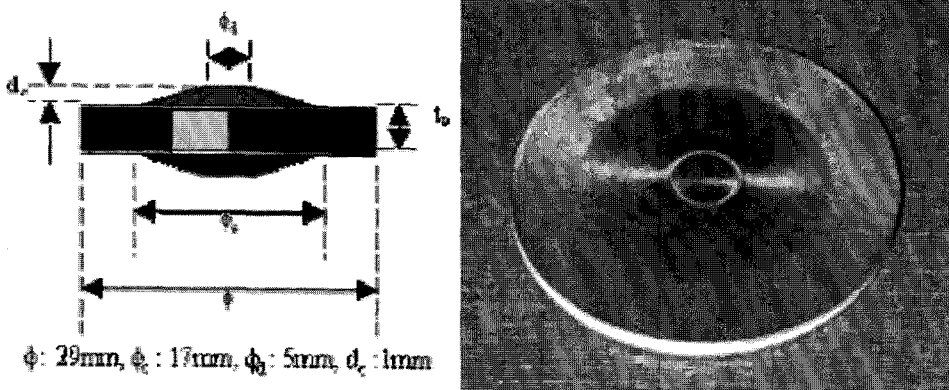


그림 4. Pennsylvania state university에서 제작한 CYMBAL구조의 에너지 하베스터(3)

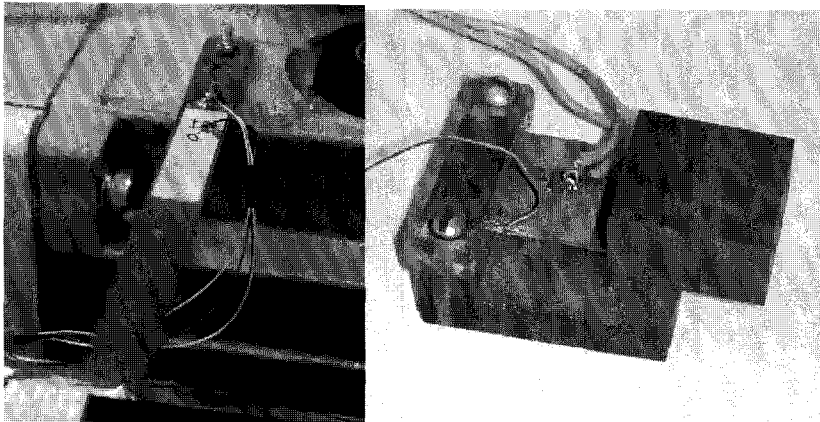


그림 5. KIST에서 제작하여 Vacuum pump에 부착한 캔틸레버(a), 버클리에서 제작한 캔틸레버(b)(4-5)

으로 확대하는 것이 유리하며, 외부 기계적진동에 공진을 일으키기 위해 캔틸레버형의 에너지 하베스터를 제작하기도 한다. 그림 5는 KIST와 미국의 버클리 대학에서 제작한 캔틸레버형 압전 에너지 하베스터이다. 또한 캔틸레버형 압전 하베스터는 일반적으로 낮은 주파수에서 적용될 수 있으며, 세라믹의 깨짐을 억제할 수 있으며, 적은 힘으로 큰 변위를 생성하며, 또한 제작비용이 싸다는 장점이 있다.

효과적인 압전발전기 구조에 의해 전달된 기계적 에너지(stress, T)를 얼마만큼의 전기에너지(u)로 변환하느냐는 압전재료의 전기-기계결합계수(k,

Electro-Mechanical Coupling Coefficient)에 의해 결정된다.

$$u_{\max, output} \sim -\frac{1}{4} \frac{k^2}{Y} T^2 \quad (2)$$

여기에서 Y는 재료의 Young's modulus를 나타낸다. 한편 재료의 전기-기계결합계수(k)는 식 (3)에서와 같이 표현된다.

$$k^2 = \frac{\text{Electrical Energy}}{\text{Mechanical Energy}} \propto \frac{d^2}{\epsilon} \propto d \cdot g \quad (3)$$

여기에서  $d(C/N)$ 는 재료의 압전 상수,  $\epsilon$ 는 재료의 유전율,  $g(d/\epsilon[V \cdot m/N])$ 는 재료의 압전 전압상수로 압전 상수를 재료의 유전율로 나눈 값이다.

한편 압전재료에서 발생하는 파워(단위시간당 발생하는 전기에너지)는 식 (4)와 같이 전류, 전압, 시간의 곱으로 계산되며, 식 (1)에서 얻어지는 에너지도 전류, 전압, 시간의 곱으로 표현되어야 한다.

$$\text{파워} = \text{전류}(A) \times \text{전압}(V) \quad (4)$$

주어진 기계적 진동에서 발생하는 전류와 전압을 압전재료의 특성과 관련지어 살펴보면, Open Circuit의 조건에서 발생하는 전압(V)는 압전재료의 두께에 관련이 있으며 발생하는 전류는 압전재료의 분극(P: polarization)변화 및 압전재료의 면적에 관련이 있다. 따라서 고전압을 요구하는 경우과 고전류가 요구되는 상황에 따라 압전재료의 가공이 변화되어야 한다. 만약 압전발전기의 전류량을 증가시키기 위해서는 식 (5)에서와 같이 압전재료의 면적(A), 분극의 크기변화, 고주파수(짧은 시간 변화)가 요구된다.

$$i = \frac{A \Delta P}{dt} \quad (5)$$

압전재료의 분극 변화의 크기는 압전 재료의 압전 상수에 비례하므로 압전 상수가 큰 재료를 개발해야 한다(6). 또한 재료를 다층구조로 제작함으로써 유효 면적을 증가시킬 수 있으며, 발생하는 전류량을 증가시킬 수 있다(7). 그러나 전류량을 증가시키기 위해 다층구조를 제작할 때 한 층의 두께가 얇아지면 발생하는 전압이 적어지므로 2차전지 또는 슈퍼캐패시터의 충전전압을 고려하여 한 층의 두께를 결정되어야 한다.

압전재료에 의해 생성된 전기에너지를 이용하여 소

형전자기기를 구동하기 위해서는 압전 하베스터에 의해 생성된 교류 전압을 Super-Capacitor나 2차전지에 충전해야 하며 이를 위해서는 정류다이오드와 평활화 Capacitor를 이용하여 직류로 변환시켜야 한다. 그런데 압전재료는 전기적으로 전압발생기, 유전체, 저항의 조합으로 이해되며, 압전재료에서 생성되는 에너지는 효과적으로 외부 전기회로에 전달하기 위해서는 외부회로를 압전재료의 Impedance가 일치하도록 제작해야 한다. 특정주파수에서 진동하는 압전체의 Impedance는 식 (6)에 의해 결정된다.

$$Z_L = \frac{1}{2\pi f C} \quad (6)$$

$f$ 는 압전 에너지 하베스터의 진동주파수,  $C$ 는 진동주파수에서 압전재료의 Capacitance를 각각 나타낸다. 현재까지 연구된 전기회로는 크게 3가지로, 생성되는 에너지양과 회로를 동작할 에너지양, 제작비용을 고려하여 적절한 회로를 구성해야 한다. 전기회로에 관한 자세한 내용은 각각의 문헌을 참고할 수 있다(3, 8-9).

### 3. 압전 에너지 하베스터 응용

압전 에너지 하베스팅은 큰 규모의 발전장치부터 소형 나노기기까지 다양한 분야에서 응용 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 장에서는 압전에너지 하베스터의 응용에 관하여 간단하게 소개하고자 한다.

미국의 경우에는 버클리에서 무선 센서노드인 Smart Dust의 에너지원으로 압전발전체에 관한 연구가 오래전에 이루어져 왔으며, MIT에서는 위의 그림 3와 같이 신발에 부착하여 어린이, 환자의 위치 파악 등에 응용하는 연구를 수행하여 있다. 텍사스의 알링턴대학에서는 풍차에 압전체를 이용한 발전을 소개하였다(10).



그림 6. Popular Science에 보고된 휴먼에너지 활용 개념도

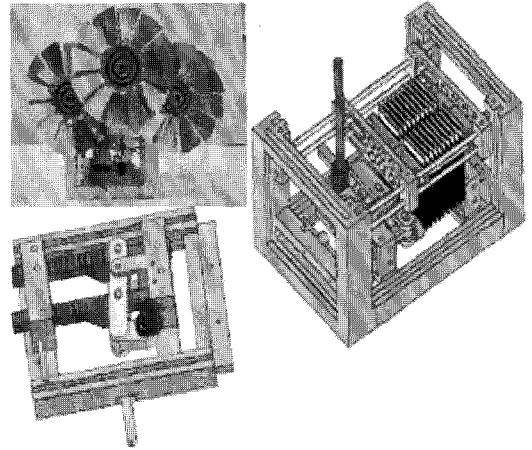


그림 7. 미국의 텍사스 일링톤대학에서 제작한 압전체를 이용한 풍차[10]

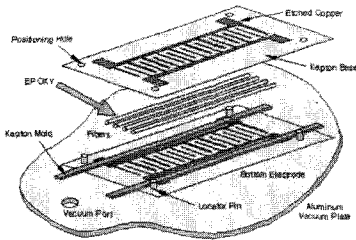
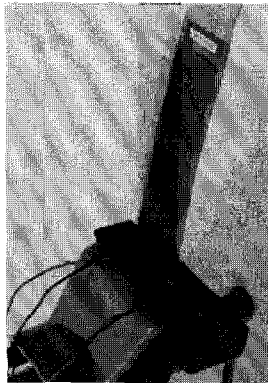


그림 8. Smart Materials사의 Macro-fiber composite와 이를 이용한 에너지 하베스터[11]

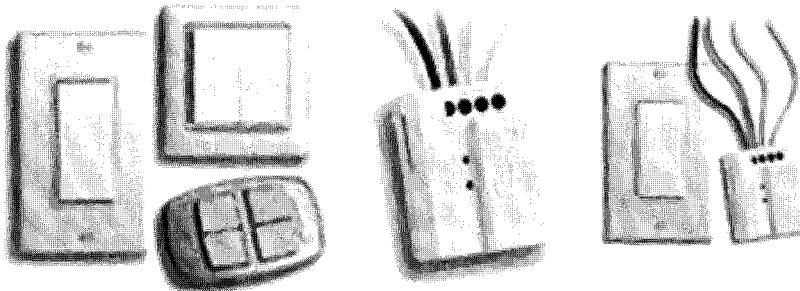


그림 9. Adhoc electronic사에 제조 판매하고 있는 무선 switch[12]

특집 : Micro Power

미국의 Smart-Materials사에는 세라믹-폴리머 복합체를 생산하여 독일의 Enocean사의 공급하고 있으며[11], Adhoc Electronic사에는 압전체의 충격에 의한 에너지 발생을 이용하여 전선 없는 Wireless Switch를 생산 판매하고 있다[12].

일본에서는 업체를 중심으로 아이디어 상품을 많이 제조하여 판매하고 있으며, 대학을 중심으로 다양한 종류의 연구를 수행하고 있다. 그림 10은 일본의 NEC-Tokin에서 제작하여 설치한 도로 중심선 표시 등이다[13].

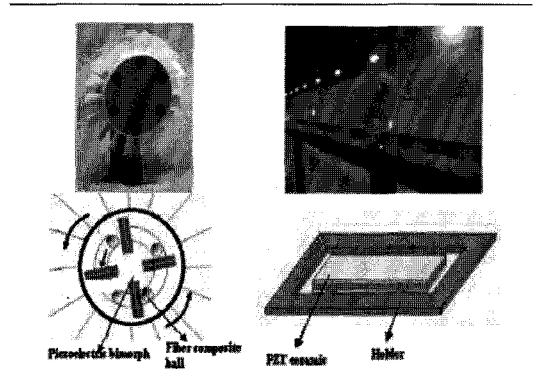


그림 10. 일본 NEC-Tokin에서 제작 설치한 에너지 하베스터 응용 예[from reference 13]

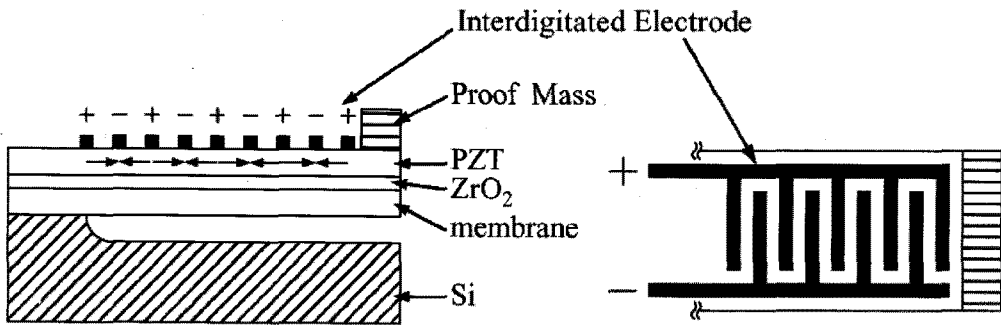


그림 11. 미국 MIT에서 MEMS를 이용하여 제작한 압전 에너지 하베스터의 구조[14-15]

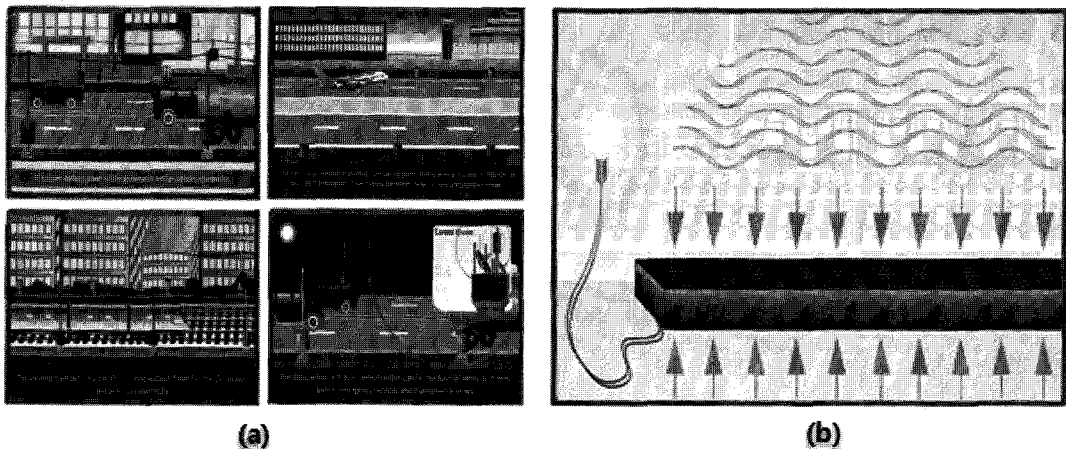


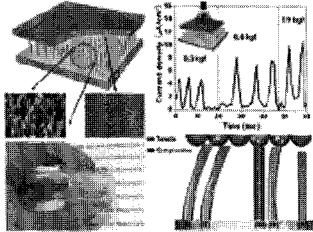
그림 12. (a) 도로, 철로, 활주로, 스마트웨이용 자가발전시스템 개념; 이스라엘 Innowattech (b) 하베스팅 블록[16]





Nanorods

Mechanically Powered Transparent Flexible Charge-Generating Nanodevices with Piezoelectric ZnO Nanorods



Min-Yeol Choi, Dukhyun Choi, Mi-Jin Jin, Insoo Kim, Sang-Hyeob Kim, Jae-Young Choi,\* Sang Yoon Lee, Jong Min Kim, and Sang-Woo Kim\*

Transparent flexible charge-generating piezoelectric nanodevices are developed. The resulting integrated nanodevice generates a noticeable current when it is pushed by application of an external load. Piezoelectric ZnO nanorod-based nanodevices with embossed PdAu top electrodes produce the highest output current density of approximately  $10 \mu\text{A cm}^{-2}$  at a load of 0.9 kgf.

Published online, DOI: [10.1002/adma.200603405](https://doi.org/10.1002/adma.200603405)

그림 13. ZnO 나노막대를 이용한 발전(17)

압전 하베스터 크기는, 현재 대부분의 압전 에너지 하베스터를 큰 크기로 제작하고 있으나, 미래의 유비쿼터스용 센서 네트워크에 이용하기 위해서는 소형화가 이루어져야 하며, 이를 위해서 MEMS공정을 이용한 연구를 미국, 중국 등에서 진행하고 있다 [14-15].

이스라엘의 에너지 하베스팅 업체인 이노와텍 (Innowattech)은 도로를 통과하는 차량으로부터 기계적인 에너지를 수확하는 목적으로 일반적인 압전 발전장치로부터 전기를 수집하고 저장하여 교통 신호등이나 거리의 가로등 그리고 앞으로는 그리드로 전달될 수 있도록 전력을 사용할 수 있게 된다고 자사의 홈페이지에 소개하였다.

이스라엘의 에너지 하베스팅 업체인 이노와텍 (Innowattech)은 도로를 통과하는 차량으로부터 기계적인 에너지를 수확하는 목적으로 일반적인 압전 발전장치로부터 전기를 수집하고 저장하여 교통 신호등이나 거리의 가로등 그리고 앞으로는 그리드로 전달될 수 있도록 전력을 사용할 수 있게 된다고 자사의 홈페이지에 소개하였다[16].

성균관대학교 김상우교수 연구팀에서는 ZnO 나노구조 산화물 소재의 압전 성질을 활용하여 플렉시블

기판위에 저온 공정을 통해 기계적으로 안정성이 우수한 압전 에너지 하베스팅 소자를 국내에서 최초로 소개하였다. ZnO는 PZT등의 압전재료에 비해 압전 특성을 떨어지나 저온에서 쉽게 성장할 수 있는 장점이 있으며, 또한 나노구조로 성장함으로써 매우 작은 진동에서도 쉽게 변형을 일으켜 전기에너지를 생성할 수 있는 특징이 있다[17].

압전 에너지 하베스팅 소자는 휘거나, 누르거나, 진동을 줄 경우 에너지를 발생시키기 때문에 신방식 모바일 에너지 저장 장치로 사용이 가능하며, 2010년 3월 휴대폰 시장 점유율 1위인 노키아가 '운동 에너지 수확기(Kinetic Energy Harvester)'을 이용한 "스스로 충전하는 휴대폰" 기술을 발표하였다. 이 휴대폰화는 문자나 e메일을 보내기 위해 휴대폰의 키패드를 누르거나 터치스크린을 건드릴 때 생기는 운동 에너지와 휴대폰을 주머니나 가방 등에 넣고 걸거나 떨 때 생기는 에너지 등을 전기에너지로 전환함으로써 충전없이 사용가능한 휴대폰을 개발하는 것을 목표로 하고 있다[18].

이밖에 압전에너지 발전기 응용에 관한 많은 정보 및 동영상은 참고문헌에서 많은 정보를 얻을 수 있을 것이다[19-23].





그림 14. 노키아 5800 엑스프레스 뮤직 휴대폰

#### 4. 맺음말

압전 에너지 하베스팅은 소형센서, 소형 전자기기로부터 자동차의 보조동력원에 이르기까지 전자, 자동차, 에너지 산업 등에 다양하게 활용될 것으로 기대되며, 그 응용가능성은 무한히 많은 아이디어의 창출에 의해서 무한히 실현될 수 있을 것으로 생각된다. 많은 아이디어를 상업화하기 위해서는 압전발전기에 대한 기본적인 원리의 이해를 기반으로 기계, 재료, 전자의 융합연구가 필요하다.

#### 감사의 말

This work was supported by a National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MEST)-No. 2010-0016688

#### 참고 문헌

[1] J. Kyriassis, C. Kendall, J. Paradiso, and N. Gershenfeld. "Parasitic power harvesting in shoes". In IEEE Intl. Symp. on Wearable Computers, 132 - 139, October 1998.  
 [2] N. S. Shenck and J.A. Paradiso. "Energy scavenging with shoe-mounted piezoelectrics". IEEE Micro, 21(3):30 - 42, May 2001.  
 [3] Hyeoungwoo KIM, "IMPEDANCE ADAPTATION METHODS OF THE PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING," Ph.D. Dissertation, Pennsylvania State Univ. 2006.

[4] S. Roundy, P. K. Wight and J. Rabaey, "A Study of Low Level Vibrations as a Power Source for Wireless Sensor Nodes", Comput. Commum., 26:1131-1144, 2003.  
 [5] 김형찬, 송현철, 정대용, 김현재, 윤석진, 주병권, "주파수 조정에 따른 에너지 하베스팅용 압전 캔틸레버의 특성," 한국재료학회지, 17(12), 660-663 (2007).:정대용, 송현철, 윤석진, "Piezoelectric energy harvesting, 전기전자재료, 20(12):45-54 2007.: Dae-Yong JEONG, Hyun-Cheol SONG, Chong-Yun KANG, and Seok-Jin YOON, "Piezoelectric Materials for Energy Generation," Bulletin of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, 21(7), 27-34 (2008).  
 [6] <110> 방향으로 분극된 완화형 강유전체 단결정을 이용한 고효율 에너지 하베스터 - "한국특허 등록 - 10-0929552."  
 [7] Hyun-Cheol SONG, Hyung-Chan KIM, Chong-Yun KANG, Hyun-Jai KIM, Seok-Jin YOON, and Dae-Yong JEONG, "Multilayer Piezoelectric Energy Harvester for Large Current Generation," J. Electroceramics, 23,301-304(2009).  
 [8] E. Lefeuvre, A. Badel, C. Richard, L. Petit, D. Guyomar, "A comparison between several vibration-powered piezoelectric generators for standalone systems," Sensors and Actuators A 126, 405-416, 2006.  
 [9] Steven R. Anton and Henry A. Sodano, "A review of power harvesting using piezoelectric materials (2003-2006)," Smart Mater. & Struct. 16, R1-R21, 2007.  
 [10] Robert Myers, Mike Vickers, Hyeoungwoo Kim and Shashank Priya, "Small scale windmill," Appl. Phys. Lett. 90, 054106 2007.  
 [11] smart-materials: <http://www.smart-material.com/Smart-choice.php?from=News>  
 [12] adhoc:<http://www.adhocolectronics.com/Products/EnOcean>  
 [13] Hyeoungwoo KIM, "IMPEDANCE ADAPTATION METHODS OF THE PIEZOELECTRIC ENERGY HARVESTING," Ph.D. Dissertation, Pennsylvania State Univ. 2006.  
 [14] Y. B. Jeon, R. Sood, J.-H. Jeong, S.-G. Kim, "MEMS power generator with transverse mode thin film PZT," Sensor and Actuators A 122, 16-22, 2005.  
 [15] H.-B. Fang, J.-Q. Liu, Z.-Y. Xu, L. Dong, L. Wang, D. Chen, B.-C. Cai and Y. Liu, "Fabrication and performance of MEMS-based piezoelectric power generator for vibration energy harvesting", Microelectronics Journal 37, 1280 - 1284, 2006.  
 [16] Innowattch: <http://www.innowattch.co.il/>  
 [17] 김상우 등, Advanced Materials., 21, 2185 (2009).  
 [18] 압전 에너지 하베스터 블로그: <http://europe.nokia.com/find-products/devices/nokia-5800-xpressmusic>  
 [19] 국내 센블: <http://blog.naver.com/iyou64?Redirect=Log&logNo=130090423794>  
<http://blog.naver.com/PostThumbnailView.rhn?blogd=iyou64&ogNo=130077626961&categoryNo=84&parentCategoryNo=84>  
 [20] [http://netv.sbs.co.kr/sbox/sbox\\_index.jsp?uccid=10000453408](http://netv.sbs.co.kr/sbox/sbox_index.jsp?uccid=10000453408)  
 [21] [http://www.hellodd.com/Kr/DD\\_News/Article\\_View.asp?mark=29970](http://www.hellodd.com/Kr/DD_News/Article_View.asp?mark=29970)  
 [22] <http://photohistory.tistory.com/4392>  
 [23] 일본 energy harvesting consortium: <http://www.keikein.co.jp/aboutus/newsrelease/100521/index.html>

◇ 저자 소개 ◇



**정대용**

1970년 5월 1일생. 1994년 서울대학교 무기재료공학과 졸업. 1996년 서울대학교 무기재료공학과 졸업(석사). 2004년 Pennsylvania State Univ. Materials 졸업(박사). 1994~1995년 한국과학기술연구원 위촉연구원. 1996~1997년 COSMO Ind. 연구원. 2004~2005년 TRS Technologies 연구원. 2005~2006년 Tohoku Univ. RIEC Post Doc. 2006~2008년 한국과학기술연구원 박막재료연구센터 선임연구원. 2008년~현재 명지대학교 신소재공학과 조교수  
 연구관심사항 : 에너지하베스팅, 압전 재료 및 device, 나노재료, 환경재료, 공학교육



**백종후**

1965년 3월 5일생. 1987년 고려대학교 재료공학 졸업. 1989년 고려대학교 전자재료 졸업(석사). 1999년 고려대학교 전자재료 졸업(박사). 한국세라믹기술원 광·전자세라믹본부 본부장.  
 연구관심사항 : 에너지하베스팅, 압전 재료 및 device 응용



**이영진**

1970년 3월 13일생. 1995년 경북대학교 전자공학과 졸업. 1997년 경북대학교 센서공학과 졸업(석사). 2001년 경북대학교 센서공학과 졸업(박사). 2007~2001년 센서기술연구소 연구원. 2001~2003년 대구과학대학 정보통신계열 전임강사. 2003~2005년 (주)삼성전기 전자부품사업부 책임연구원. 2005년~현재 한국세라믹기술원 광·전자세라믹본부 선임연구원.  
 연구관심사항 : Electroceramic Applications (Piezoelectric application, Ultrasonic transducers)