

## 제 8 장 TENG 관련 학회 소개 및 맺음말

이번 호에서는 마찰전기 자가발전소자 (Triboelectric Nanogenerator) 및 에너지 하베스팅 관련 연구가 소개되고 연구자들 간 교류가 활발한 주요 학회를 소개하고, 지금까지의 보고서를 종합적으로 정리하며 본 사업 보고서를 마무리 하고자 한다.

### 1. ECS (Electrochemical Society) Meeting

미국 전기화학학회에서 주최하고 있으며, 1902 년 필라델피아에서 시작된 후, 현재 228 회까지 진행되고 있는 전기화학 관련 최고, 최대규모의 학회이다. 전기, 전자 관련한 다양한 소재 및 소자 등 대부분의 분야를 다루고 있으며, 최근 연구 trend 에 따라 에너지 하베스팅 관련 세션들이 많이 구성되어 있다. 228 회 meeting 은 2015 년 10 월 11-15 일 사이에 Arizona, Phoenix 에서 개최될 예정이다.



[http://www.electrochem.org/meetings/biannual/curr\\_mtg.htm](http://www.electrochem.org/meetings/biannual/curr_mtg.htm)

### 2. Nanoenergy and Nanosystems (NENS)

Nanogenerator 라는 개념을 제시한, Georgia Tech. 종린 왕 교수 주도하에 시작된 Nanogenerator 관련 전문 학회이다. 2014 년에 중국 베이징에서 처음으로 개최되었으며 2 년에 한번씩 개최될 예정이다. 종린 왕 교수가 director 로 있는 Beijing Institute of Nanoenergy and Nanosystems 가 중심이 되어 학회가 조직, 준비되고 있다. 2 회 미팅은 1 회와 마찬가지로 베이징에서 개최될 예정이며, (2016 년 7 월 13-15 일) 아래와 같은 세부주제로 구성되어 있다. 압전, 열전 등 최근 주목 받고 있는 nanogenerator 관련 분야의 최고 전문가와 최근 연구동향을 집중적으로 파악할 수 있는 좋은 기회가 될 것으로 예상된다.

Symposium 1: Nanogenerators and applications,

Symposium 2: Self-powered sensors and systems

Symposium 3: Piezotronics and Piezo-phototronics

Symposium 4: Energy storage and self-charging power systems

Symposium 5: Hybridized energy cells and solar cells

Symposium 6: Photocatalysis and water splitting



<http://www.nens.cn/dct/page/1>

### 3. Energy Harvesting Workshop

올해로 10 번째로 열리는 전통적인 energy harvesting 관련 workshop 이다. 1 년에 1 회씩 개최되며, Virginia Tech (USA)을 중심으로 학회가 진행된다. 최근 2 년 동안은 energy harvesting 분야의 저변의 넓어짐에 따라, 독일 Leibniz 대학 (2013)과, 중국 Suzhou (2014)에서 개최되는 등 세계 곳곳을 무대로 workshop 이 개최되고 있다. 올해는 다시 Virginia Tech.으로 돌아와 9 월 13 일부터 16 일 까지 4 일간 개최된다. 학회 의장은 Virginia Tech. 의 Shasahnk Priya 교수이다.

**10<sup>th</sup> Energy Harvesting Workshop**  
September 13-16, 2015 ■ Blacksburg, Virginia

 **VirginiaTech**  
Invent the Future®



<http://www.cpe.vt.edu/ehw/index.html>

#### 4. MRS (Material Research Society) Meeting

대표적인 재료분야 학회로서, 미국재료학회 주관으로 매년 2 회씩, 샌프란시스코 (Spring Meeting, 3 월), 와 보스턴 (Fall Meeting, 10 월)을 번갈아 가며 개최되고 있다. 2016 년부터는 Spring meeting 장소가 Phoenix 로 변경될 예정이다. 다양한 재료 및 관련 응용분야에 대해 총망라하고 있으며, 에너지 하베스팅 세션도 포함된다.

2015 년 Spring meeting 에서는 "Symposium P: Nanogenerators and Piezotronics" 라는 세션이 개설되어, 종린 왕 교수를 비롯하여, 압전, 열전, 마찰전기 등 다양한 Nanogenerator 관련 18 명의 석학들을 초청연사로 초대하여 활발한 토론이 이루어졌다.



<http://www.mrs.org/spring-2015-call-for-papers-p/>

#### 5. 마무리 및 제언

버려지는 에너지를 이용하여 주위 환경으로부터 에너지를 수확하는 에너지 하베스팅 기술은 비용 소모가 거의 없고, 응용 분야에 직접 부착되어 사용이 가능하기 때문에 지속적으로 각광받고 있는 기술이다. 그러나 기존의 부피가 큰 벌크형 에너지 하베스팅 소자는 응용분야가 제한적이고 감도(sensitivity)가 떨어지므로, 최근의 연구는 소자를 유연하고 작게 만드는 것을 중점적으로 진행되고 있으며, 이렇게 제작된 유연 소자들은 다양한 분야로의 기술 적용 및 발전을 이루어 내고 있다. 특히, 미래에는 사물 인터넷의 시대가 도래하여 모든 사물에 네트워크가 형성되기 때문에 무선 통신 기술과 정보 기술이 통합된 창조적 융합 기술인 ICT 가 새로운 산업 분야로 자리매김할 것이다. 그러나 모든 사물에 네트워크용 배터리를 부착하고, 주기마다 배터리를 갈아 끼우는 것은 불가능하다. 따라서 ICT 산업에 에너지 하베스팅 소자를 에너지원으로 활용한 무선 통신 방식은 필수적이다. 뿐만 아니라 웨어러블 기술과 통합된 에너지 하베스팅 기술은

구글 글래스, 스마트 워치, 전자 섬유로 이루어진 패치형 직물, 센서 제품 등 다양한 분야로의 활용은 물론 에너지 하베스팅 소자로 작동되는 센서나 LED는 체내에 삽입되어 체내의 변화를 감지하거나 기관을 서포팅하는 역할로 생명 공학 분야에서 활용될 것이다.

본 보고서에서는 대표적인 네 가지 에너지 하베스팅 방법으로 압전, 마찰전기, 열전, 페로플루이드를 간단히 소개했으며, 특히, 발전 용량이 다른 에너지 하베스팅 기술에 비해 월등히 높아서, 최근 각광받고 있는 마찰전기 나노발전소자에 대해서 중점적으로 다루었다.

압전 에너지 하베스팅은 LLO 공법 및 니켈 박리 공법을 바탕으로 BTO, PZT, PMN-PT 등 높은 압전 결합상수( $d_{33}$ )를 갖는 물질로 소자를 제작하여 자가발전 심장 박동기, 청각 센서 등 생체공학으로의 응용 연구가 진행되었다. 마찰전기를 이용한 에너지 하베스팅은 다양한 작동 모드를 기반으로 출력량이 많은 에너지 하베스팅 기술, 자가 발전 센서 등 다양한 분야에서 실현 가능성을 보여주었지만 습한 환경에서 구동성이 떨어지고, 마모저항이 낮다는 한계가 존재한다. 유리섬유직물을 기반으로 웨어러블 자가 발전 시스템의 구현에 초점을 맞추고 연구가 진행된 열전 재료나, 액체 구조를 기반으로 유동적인 형태를 가질 수 있는 페로플루이드는 그들 각각이 가지고 있는 장점에도 불구하고 아직까지 에너지 변환 효율이 너무 낮다는 단점이 있다.

이러한 한계들을 극복하기 위하여, 압전 재료의 경우, 사업화 및 상용화를 위해서 소자 제작 비용의 절감과 소자의 고효율화, 소자의 대면적화, 양산 공정 등에 대한 연구개발이 필요하다. 또한 압전 에너지 하베스팅 소자의 특성상 체내에 삽입되는 재료로 활용 가치가 높기 때문에, 압전 특성이 뛰어난 비납(lead-free)계 압전 재료의 개발이 핵심적인 연구 과제가 될 것이다. 센서 및 자가발전 시스템으로 활용 가치가 높은 마찰전기를 이용한 에너지 하베스팅 기술은 두 물질이 마찰되어야 한다는 메커니즘적 한계를 가지고 있으며, 앞서 언급했듯이 습한 환경에서 구동성과 내구성이 떨어진다는 단점이 있다. 전자의 경우 소자의 구조를 변화시켜 문제를 개선하는 연구가 진행되어야 하며, 후자의 경우 유기물 기반 물질이 아닌 다른 재료를 선택하거나 밀폐형 구조를 만들어 단점을 보완해야 할 것이다. 또한 웨어러블 분야의 핵심으로 각광받고 있는 열전 재료의 경우, 주변 환경과 인간의 체온 사이의 온도 차가 50K 정도로 크지 않기 때문에 아직까지 직접적인 응용이 어렵다. 따라서 에너지 변환 효율을 더 높여 스마트워치(smart watches)나 의학 센서 등의 차세대 웨어러블 전자 장비에 활용될 수 있도록 연구가 지속적으로 진행되어야 할 것이다. 마지막으로, 페로플루이드는 액체라는 큰 장점이 있기 때문에

연구할만한 가치가 있는 매력적인 소재이다. 하지만 페로플루이드를 이용한 에너지 하베스팅은 아직 연구 실적이 미미하며, 생성되는 전력 또 한 1mW 정도의 수준이다. 따라서 이 재료를 활용할 수 있는 응용 분야를 찾는 것보다는 소자의 효율을 높이는 쪽으로 연구가 진행되어야 할 것이다.

사물인터넷 시대로 대변되는 미래의 ICT 기반 기술은 대전력 청정 에너지원의 개발과 이동형 자가 발전시스템을 동시에 요구하고 있다. 두 가지를 동시에 해결이 가능한 유연 에너지 하베스팅 소자의 실용화는 사물인터넷의 실현에 큰 기여를 하게 될 것이다. 이를 위해선 유연 에너지 하베스팅 소자의 제작 비용 절감과 고효율화를 위한 노력 및 연구가 더 진행되어야 할 것이다.