

Hybrid Nano-energy Harvester

– 태양광 에너지와 역학 에너지를 동시에 이용할 수 있는 소자–

나노 크기의 기전력 발생기는 진동, 유체흐름, 심지어 생물학적 움직임 등의 역학 에너지(mechanical energy)를 전력 소스로 변환시킬 수 있다는 점에서 많은 관심을 받아왔다. 최근에 나노 기전력 발생기와 태양전지를 혼합하여 역학적 에너지와 태양 에너지를 동시에 수집할 수 있는 Hybrid nano-energy harvester가 미국 Georgia Tech. 교수인 Zhong Lin Wang에 의해서 개발되었다.¹ 이러한 하이브리드 기전력 발생기는 최초로 보고되었으며, 아마도, 엔진 진동 뿐만 아니라, 태양 집광을 통해 항공기 센서를 구동시키는데 사용이 될 것으로 기대된다.

나노 기전력 발생기는 전형적으로 압전 시스템의 나노 와이어를 사용한다. 나노 와이어는 역학적인 스트레스를 받을 때 소량의 기전력을 발생시키는 머리카락처럼 생긴 zinc oxide 구조를 가지고 있는데, 그러한 최초의 소자는 Georgia Tech의 교수이자 Center for Nanostructure Characterization 연구소 소장인 Zhong Lin Wang에 의해 제작되었다.²

결정성 재료가 역학 스트레스를 받을 때 전기 포텐셜을 생성하는 효과인 압전 효과는 약 1세기 전에 알려졌다. 하지만, 2005년 Wang은 원자 힘 현미경의 탐침으로 zinc oxide 나노와이어를 구부린 후 휘어진 와이어가 다시 제자리로 돌아올 때 zinc와 oxide 이온에 의해 생성되는 포텐셜을 이용한 나노 세계에서 압전효과를 최초로 보고하였다. Wang의 최초 실험에서 발생한 기전력은 수 mV로서 매우 작았지만 지난 11월 zinc oxide 나노 와이어를 풀리머에 끼워 넣어서 휘었을 때, 50 mV의 기전력이 발생하였는데, 이는 미세 센서를 기전력화할 수 있는 중요한 결과로 자리잡았다.² 나노단위의 센서들은 매우 감도가 높을 뿐 아니라 매우 작은 전력으로도 작동할 수 있다. 그래서 혈액 내의 질병에 대한 분자단위의 신호라든지, 대기중 미세한 독성 기체, 음식물 내의 오염물 감지에 유용하게 사용된다. 하지만, 이러한 소자들을 구동시키는 데 필요한 배터리와 집적 회로는 이러한 소자들의 완벽한 소형화를 어렵게 해왔다.

Wang 교수는 이러한 기술을 더욱 발전시켜 태양광이 있을 때와 없을 때 모두 에너지를 수집할 수 있는 hybrid nano-energy harvester를 Wisconsin-Madison대의 재료공학부 조교수인 Xudong Wang과 공동연구로 개발하였다. Hybrid 소자는 이전에 개발된 두 가지 기술을 연결하는 것이었는데 두 기술 모두 실리콘 기판에 zinc oxide 나노 와이어를 이용하는 것이었다. 상부층은 염료가 코팅된 zinc oxide 나노 와이어로 구성된 염료감응형 태양전지로서 UC Berkeley의 화학과 교수인 Peidong Yang에 의해 디자인된 태양전지 구조를 기본으로 하고 있다(그림 (a),(b)). 실리콘의 하부층은 Wang의 나노 기전력 발생기로 구성되어 있다(그림 (a),(c)). 실리콘의 아래 부분은 풀리머 코팅된 zinc oxide 나노 와이어가 들쭉날쭉하게 이빨 모양으로 배열되어 있는 형태로 구성되어 있다. 소자가 진동에 노출되게 되면 이러한 ‘이빨’은 수직으로 정렬된 zinc oxide 나노 와이어들을 비벼서 휘게 만들어 기전력을 발생시킨다.

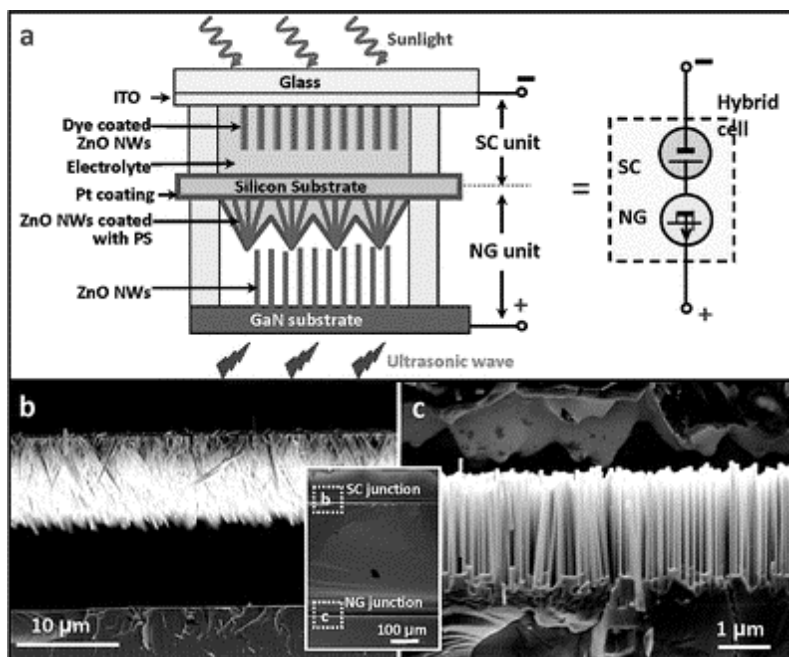


그림. Hybrid nano-energy harvester 그림.¹

태양전지와 나노 기전력 발생기는 전기적으로 실리콘 기판에 의해 자체적으로 연결되어 태양전지는 anode로, 나노 기전력 발생기는 cathode로 작동한다. 많은 수의 태양전지들과 나노 기전력 발생기를 함께 연결하는 것도 가능하지만, single 시스템에 집적하는 것이 공간을 덜 차지할 뿐만 아니라 에너지 효율성이 더 높다. 전형적인 소자는 0.6 V의 태양전지에 의한 기전력과 10 mV의 압전력을 생성하는데, Wang은 다층의 나노 기전력 발생기를 장착함으로써 전력 출력을 더 향상시키는 것을 목표로 하고 있다. U.S. Air Force는 최근에 하이브리드 에너지 수집 소자와 관계되는 연구과제 제안을 요청하고 있는 상황이다.

Harvard대의 화학과 교수인 Charles Lieber는 빛이 있을 때 구동할 뿐만 아니라, 어둠에서도 작동할 수 있다는 점에서 Wang의 소자를 ‘창의적’이라 말하며, 두 가지 형태의 에너지를 수집할 수 있는 최초의 하이브리드 나노 스케일 소자라고 하였다. 그는 Wang의 연구가, 다른 연구자들에게 나노 기전력 발생기뿐만 아니라 나노 기전력 발생장치와 나노 전력 저장 장치가 연결된 하이브리드 나노 소자에 집중할 수 있는 영감을 제공할 수 있다고 기대하고 있다.

참고문헌

1. C. Xu, X. X. Wang, and Z. L. Wang, *J. Am. Chem. Soc.*, **131**, 5866 (2009).
2. Z. L. Wang, *Mat. Sci. Eng. R*, **64**, 33 (2009).

본 내용은 MIT의 Technology review (<http://www.technologyreview.com>) (2009. 4. 9)에서 발췌하여 정리하였음.

<한국과학기술연구원 태양전지연구센터 김경곤, e-mail: kimkk@kist.re.kr>