



지스트(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시

배포 즉시 보도 부탁드립니다.

보도자료

홍보팀 김효정 팀장

062-715-2061 / 010-3644-0356

담당

홍보팀 이나영 선임행정원

062-715-2062 / 010-2008-2809

자료 문의

신소재공학부 조지영 교수

062-715-2304

나노 소재의 장벽 에너지 조절을 통한

열→전기 변환 효율 개선

- 제백 계수(Seebeck coefficient)에 영향을 주는 장벽 에너지를 극성 용매 기상 열처리 시간의 변화를 통하여 간단하게 조절 및 최적화
- 지스트 조지영 교수 연구팀, 에너지 재료 분야 국제 저명 학술지 나노 에너지 <Nano Energy>에 논문 게재

□ GIST(지스트, 총장 김기선) 신소재공학부 조지영 교수 연구팀이 기존보다 간단하게 열전 유/무기 나노 복합체의 장벽 에너지를 조절하고 최적화해 재료의 열전 효율을 극대화하였다.

- 이 방법을 통해 향후 웨어러블 및 유연한 열전 재료들의 근본적인 단점인 낮은 효율 문제를 해결할 수 있으며, 각기 다른 재료들의 성능을 손쉽게 최적화할 수 있을 것으로 기대된다.

□ 열전 재료는 범세계적 화석연료 부족 및 기후 변화 문제의 대안인 환경 친화성 신재생 에너지 시스템으로써 주목받고 있다. 하지만 열전 재료는 효율성이 매우 떨어진다는 단점이 있어 이를 해결하기 위해 두 가지 이상의 물질로 이루어진 복합체를 만드는 것이 열전 재료 분야의 대표적인 성능 향상 방법 중 하나로 주목받고 있다.

- 열전 성능을 결정하는 중요 인자인 제백 계수* 상승에 영향을 주는 에너지 필터링 효과**는 두 가지 이상의 다른 재료의 전자 밴드 구조가 접합 했을 때 생기는 복합체 내 장벽 에너지***의 도입으로 형성이 된다.

* 제백 계수(Seebeck coefficient): 재료의 양 끝에 온도차이가 발생하게 되면 열기전력이 발생하게 되는 현상을 제백 효과라 하는데, 단위 온도차이에 의해 생기는 열기전력 값 (단위 : $\mu\text{V}/\text{K}$)

** 에너지 필터링 효과 (Energy filtering effect): 두 개의 서로 다른 재료에 의해 만들어진 복합체는 서로 다른 밴드 구조의 접합으로 인해 에너지 장벽이 생기게 되고 이 장벽 에너지보다 높은 에너지를 가지는 캐리어는 통과 시키고 낮은 에너지를 가지는 캐리어를 막게 된다. 이 효과는 캐리어가 옮기는 평균 열과 평균 캐리어 에너지 증가를 통해 큰 전기전도도 감소 없이 제백 계수를 증가시키게 된다.

*** 장벽 에너지: 복합체 내 이종 물질 간 캐리어가 이동하는데 필요한 최소 에너지

- 이 효과는 장벽 에너지 크기에 크게 영향을 받는데 복합체의 장벽 에너지를 바꾸기 위해서는 재료를 바꾸거나 도핑* 등의 방법을 활용해야 하므로 정해진 복합체 재료에서 제백 계수를 향상시키기 어려운 문제를 가지고 있다. 만약 간단하고 자유롭게 장벽 에너지의 크기를 바꿀 수 있다면 열전 효율을 더욱 크게 만들 수 있을 것으로 예상된다.

* 도핑: 어떠한 재료에 다른 재료를 소량 첨가하여 주 캐리어 종류 및 캐리어 농도를 바꾸는 방법

□ 극성 용매 기상 열처리법 (Polar Solvent Vapor annealing, PSVA)은 본래 태양전지 분야에서 유기물 전극의 일함수* 조절에 사용하는데, 이 현상을 열전 유/무기 복합체 재료에 응용하여 장벽 에너지 조절, 에너지 필터링 효과를 극대화하는데 이용하였다.

* 일함수(work function): 어떠한 고체의 표면에서 전자 한 개를 고체 밖으로 빼내는 데 필요한 최소 에너지

- 이로 인하여 하나의 재료에서 여러 장벽 에너지 크기에 따라 열전 특성이 달라지는 것을 볼 수 있으며, 실생활에 응용이 가능한 재료가 개발되었을 때 가장 성능이 높은 상태의 재료로 출시되는 것이 가능하다.

□ 본 연구에서는 전도성 고분자로 여러 분야에서 많이 활용되는 PEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly sulfonate)과 대표적인 열전 재료인 Bi_2Te_3 나노와이어를 이용하여 유/무기 복합체 박막을 제작하였다.

- 전기전도도의 경우 원래 제백 계수가 커지면 떨어지는 반비례적 관계를 가지는 인자이지만, 본 연구에서 이용한 극성 용매 기상 열처리법을 통해 PEDOT:PSS 구조를 개선함으로써 가장 큰 전기전도도 또한 가지게 되었다.

* 파워팩터 (power factor) : (제백계수)² x (전기전도도) 로 계산이 가능하며, 열전도도의 영향을 제외하고 열전 성능을 평가 할 때 주로 사용되는 지표 (단위 : $\mu\text{W}/\text{mK}^2$)

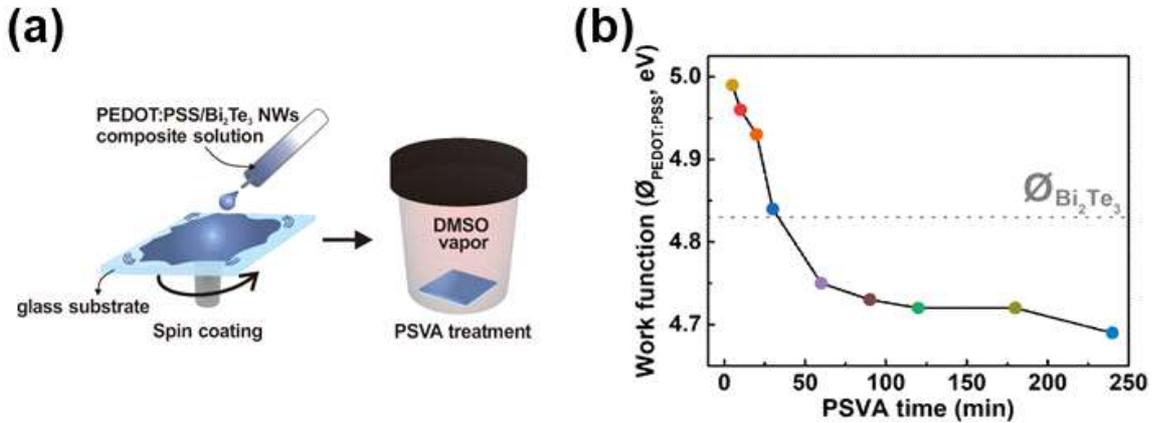
- 조지영 교수는 “본 연구성과를 통해 더욱 손쉽게 열-전기 변환 효율을 증가시킬 수 있는 새로운 방법을 찾았다”면서 “이는 우리 몸의 열 혹은 가정이나 산업현장의 폐열을 에너지로 이용하는 시스템 전력 효율의 큰 증가와 향후 웨어러블 및 유연한 열전 재료와 소자 발전에도 큰 기여를 할 것으로 기대한다”고 밝혔다.
- 이번 연구는 지스트 조지영 교수가 주도하고 김완식 박사과정 학생(제1저자)이 참여하였으며, 한국연구재단과 지스트에서 지원하는 사업을 통해 수행되었으며, 2019년 10월 28일 에너지 재료분야 저명 학술지인 Nano Energy(나노 에너지, IF=15.548)에 논문이 게재되었다.

논문의 주요 내용

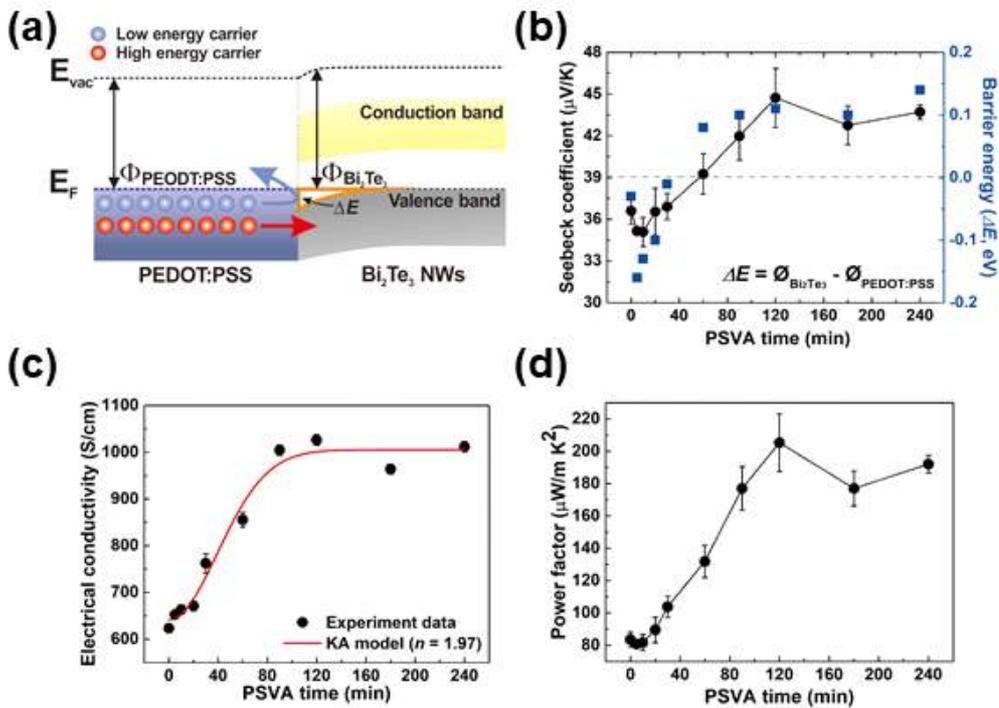
1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : Nano Energy
- 논문명 : Feasible tuning of barrier energy in PEDOT:PSS/Bi₂Te₃ nanowires-based thermoelectric nanocomposite thin films through polar solvent vapor annealing
- 저자 정보 : 김완식(GIST 박사과정, 제1저자), Gopinathan anoop(GIST 박사 후 연구원), 정일석(GIST 박사과정), 이해정(GIST 박사과정), 김현빈(KAERI 연구원), 김수현(KBSI 연구원), 구기원(GIST 석사, 現 삼성전자), 이현명(GIST 석사), 이현준(GIST 박사, 現 위스콘신-메디슨 박사 후 연구원) 김진구(GIST 박사과정), 이주형 교수(GIST), 문봉진 교수(GIST), 박지웅 교수(GIST), 이은지 교수(GIST), 조지영 교수(GIST, 교신저자)

그림 설명



[그림 1] (a) PEDOT:PSS/Bi₂Te₃ 나노와이어 용액의 스�핀코팅 및 극성 용매 기상 열처리 모식도 (b) 열처리 시간에 따른 PEDOT:PSS의 일함수 변화 및 Bi₂Te₃ 나노와이어의 일함수



[그림 2] (a) 장벽 에너지에 의한 에너지 필터링 효과 모식도. 열처리 시간에 따른 (b) 장벽 에너지 및 제백 계수, (c) 전기전도도, (d) 파워팩터