

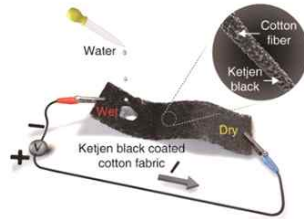
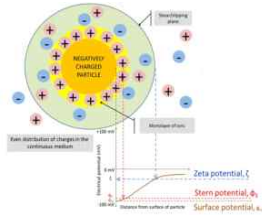
물과 친수성 섬유 멤브레인을 이용한 발전 기술

□ 기술개요

- 본 기술은 탄소층이 코팅된 섬유의 일측은 건조하게하고, 타측은 습윤 상태로 유지하면서 전기를 생산하는 기술

□ 기술의 특징

- 부분적 젖음을 이용한 신개념의 에너지 수확 기술(직류 전기에너지 생성)
- 탄소입자를 간단한 침지 공정(dipping process)으로 균일하게 도포 가능함
- 장시간 동안 전기 에너지 생성이 가능하며, 대량생산에 용이함

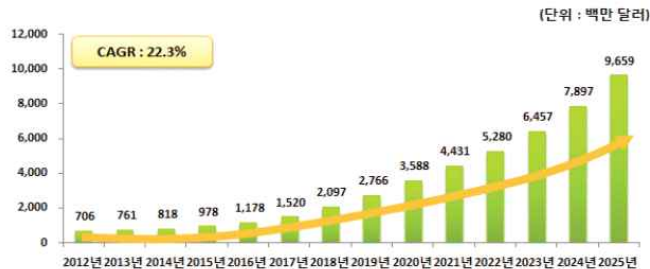


□ 적용분야

- 가정 에너지 보조장치, 휴대용 전원 보조장치, 웨어러블 기기 보조전원 장치 등

□ 관련분야 시장규모 및 예상수요기업

- 세계 에너지 수확 및 저장 시장은 2012년에 706백만 달러에서 2025년 9,659백만 달러로 성장할 것으로 전망됨

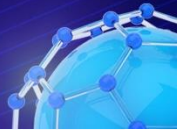


- 예상 수요기업 : 발전기 제조업체

물과 친수성 섬유 멤브레인을 이용한 전기에너지 발전 기술

2020. 9. 17

신소재공학과 김일두 교수



CONTENTS

1

종래 기술의 문제점

2

발명의 특징

3

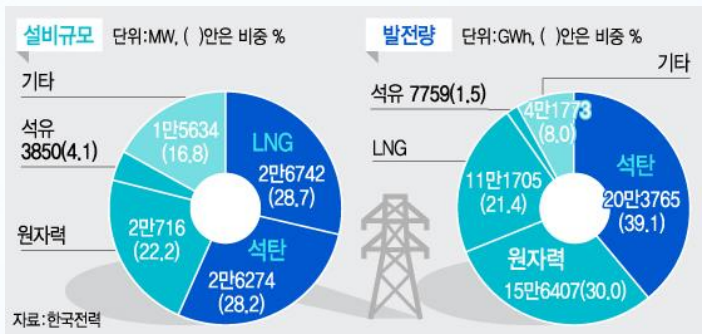
관련 논문 및 특허

4

사업화 추진 현황

1. 종래 기술의 문제점

신재생 에너지 연구 배경

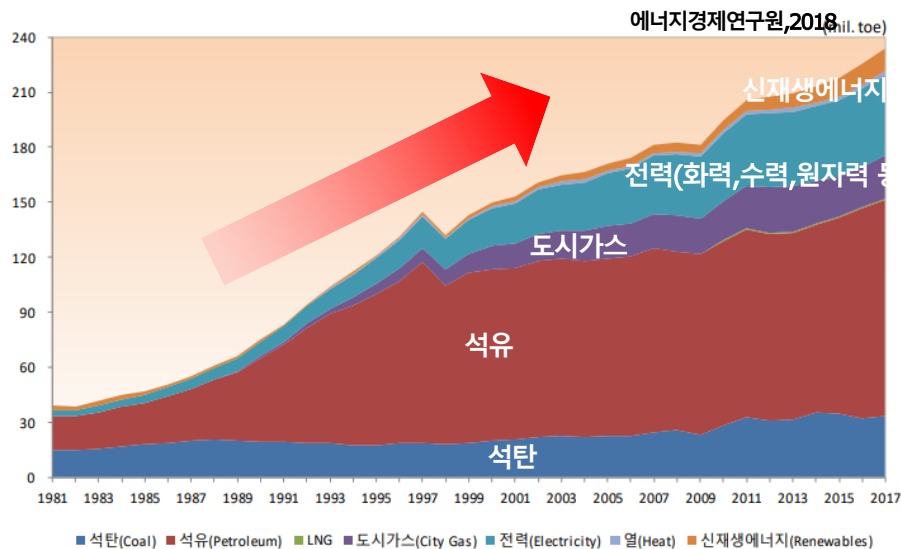


- 설비 투자 대비 많은 에너지를 얻지 못하고 있는 실정



- 환경오염을 유발하는 현재의 에너지 생산 방식

최종에너지 소비 Final Energy Consumption



- 국내 에너지 소비량 증대에 따른 에너지 생산량의 증가 필요

1. 종래 기술의 문제점

신재생 에너지 연구 배경

수력 발전



- **담수의 양/강수량**이 풍부한 지역만 가능
- 높은 초기 설치 비용
- 넓은 토지 필요

풍력 발전



- **4 m/s 이상**의 바람세기 (해안가)
- 높은 초기 설치 비용 (원자력 대비 60배)
- 넓은 토지 필요

조력 발전



- **조수간만 차가 있는** 해안가
- 높은 초기 설치 비용 (원자력 대비 20배)

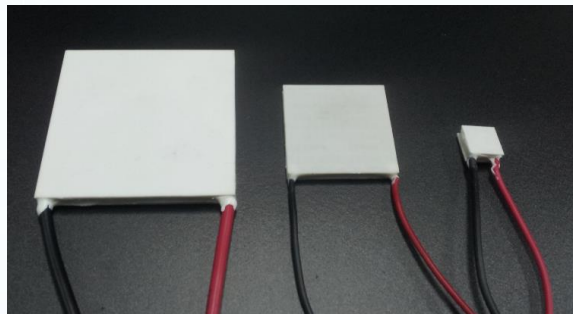
태양열 발전



- **높은 일조량** 필요
- 높은 초기 설치 비용 (원자력 대비 20배)

1. 종래 기술의 문제점

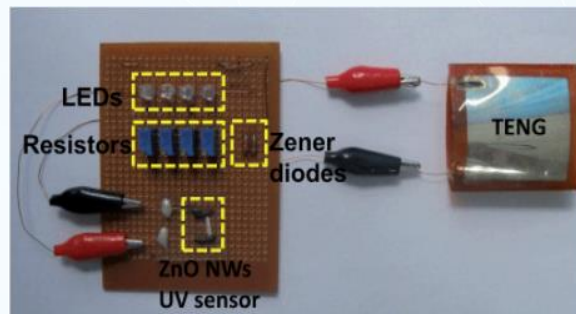
에너지 하베스팅 장치 성능 비교 및 한계점



열전 소자 (Thermoelectric)



압전 소자 (Piezoelectric)



마찰 전기 소자 (Triboelectric)

소형 에너지 하베스팅 특징 비교

열전 발전	50~500 mW/cm ³	고온/저온 온도 차이	높은 전력 밀도/ 열원 필요
압전 발전	0.001~90 mW/cm ³	기계적 압력 및 변형	인체의 움직임 전환/ 기계적 소자 손상
광전 발전	500~5000	태양광 흡수에 의한 광전 효과	높은 전력 밀도/ 온도에 의한 성능 하락
전자기 발전	0.1~50 mW/cm ³	전자기파	전자기파의 악영향

1. 종래 기술의 문제점

에너지 하베스팅 시스템의 필수 극복 요소

- 언제, 어디서나 공급이 가능한 극미량의 물을 이용한 에너지 생성 장치 제안
- 영구적으로 직류 전력을 생산하는 Water-driven Energy Generator (WEG) 개발

독창성

신개념 하베스팅
편의성

지속성

장수명



효율성

경제성
에너지 밀도

실용성

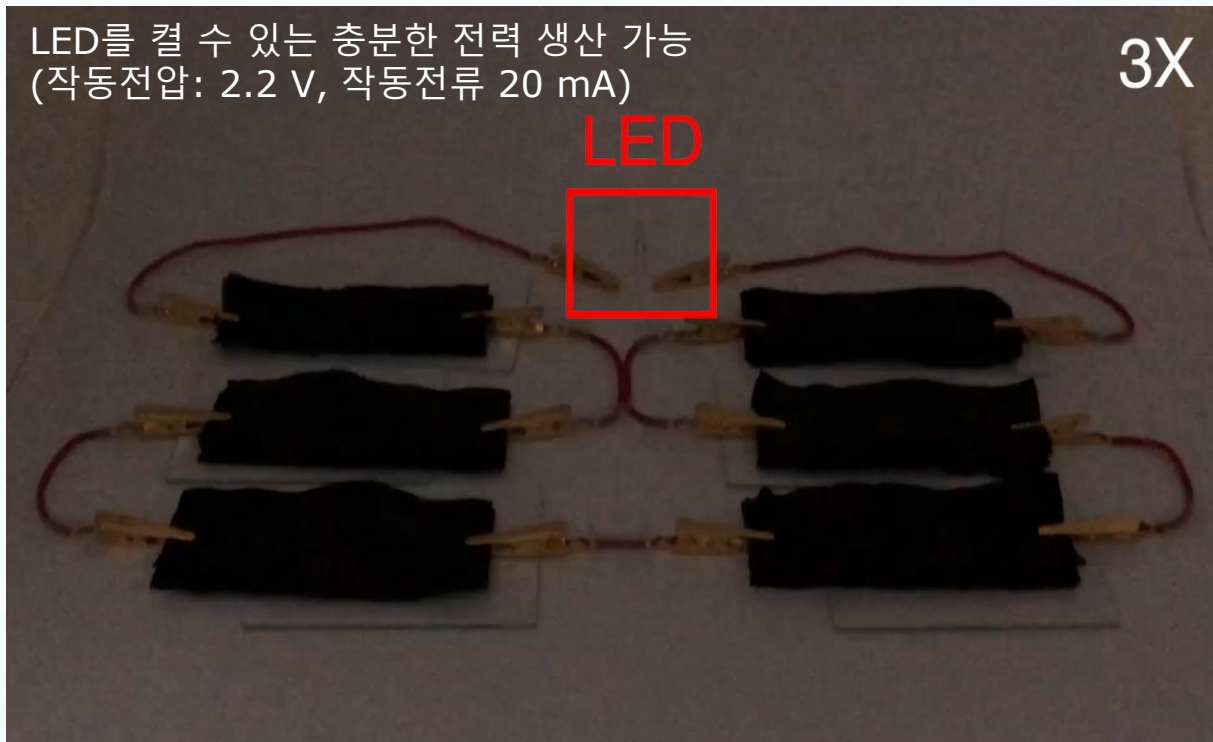
웨어러블
대면적화

2. 발명의 특징 - (1) 증산작용이 적용된 에너지 하베스터 (TEPG)

증산작용이 적용된 에너지 하베스터 (TEPG)

LED를 켤 수 있는 충분한 전력 생산 가능
(작동전압: 2.2 V, 작동전류 20 mA)

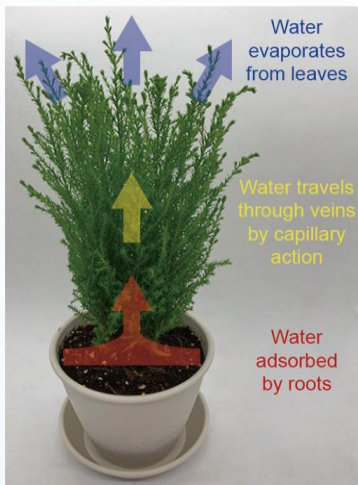
3X



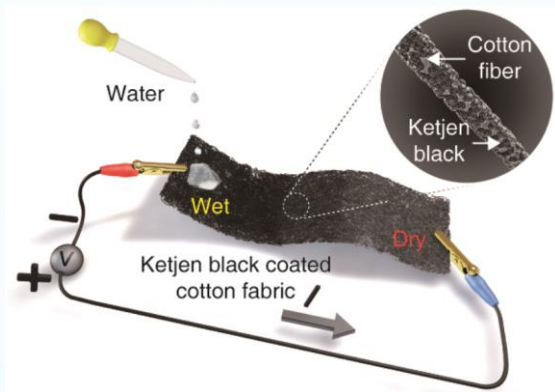
2. 발명의 특징 - (1) 증산작용이 적용된 에너지 하베스터 (TEPG)

증산 작용을 기반으로 한 에너지 하베스터 (TEPG)

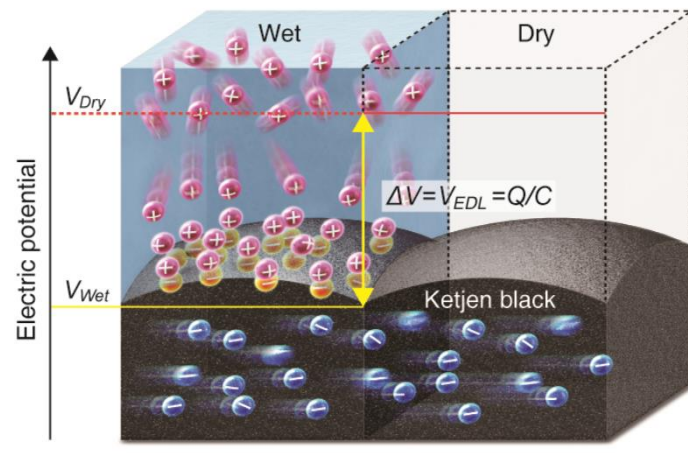
- 전도성 물질이 도포되어 있는 멤브레인(섬유)에 물을 비대칭으로 떨어뜨리면, 물의 부분적 흡착이 일어남. 이때, 물의 부분적 흡착과 축전 용량 (C)과 전압 (V)의 차이가 나타남.
- 멤브레인의 증산 작용에 의해 물이 반대쪽으로 움직이게 되고 이를 통해 전류 (I)가 생성됨.



증산작용이 일어나는 식물의 원리 모사



전도성 물질이 도포되어 있는 멤브레인

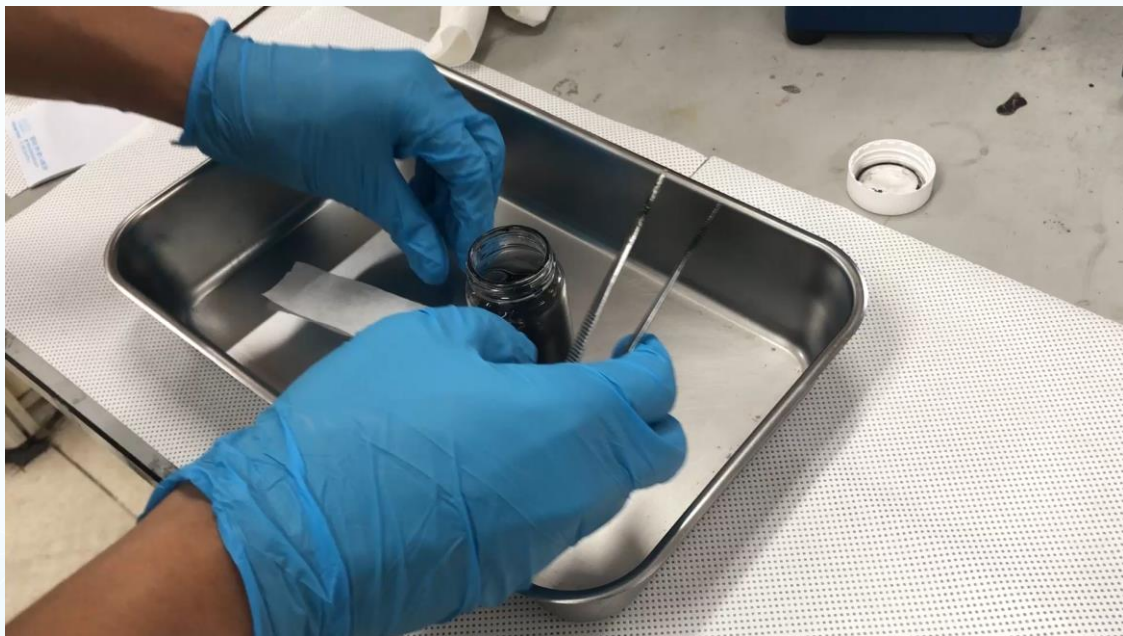


물의 부분적 흡착에 의한 전압 생성 원리

2. 발명의 특징 - (1) 증산작용이 적용된 에너지 하베스터 (TEPG)

에너지 하베스터 (TEPG) 제조 공정 및 시연

- 전도성 물질(Ketjen Black)이 도포된 멤브레인(섬유) 제조
- 물의 비대칭적 젖음에 의한 전압 생성

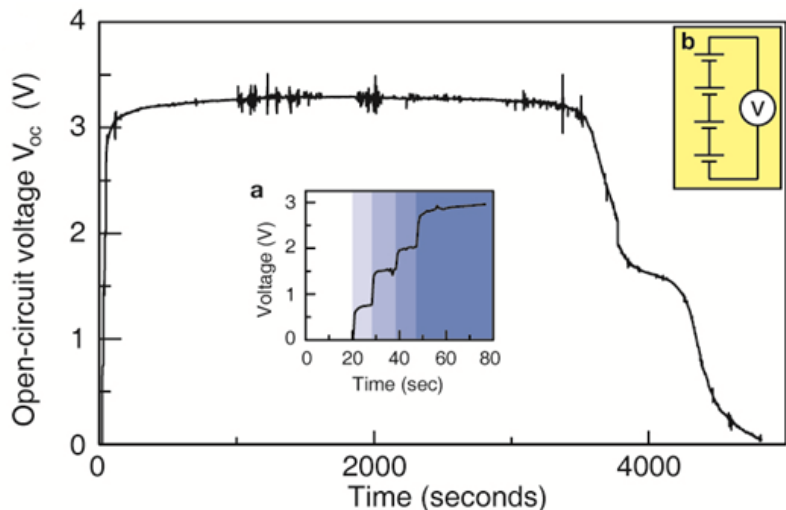


2. 발명의 특징 - (1) 증산작용이 적용된 에너지 하베스터 (TEPG)

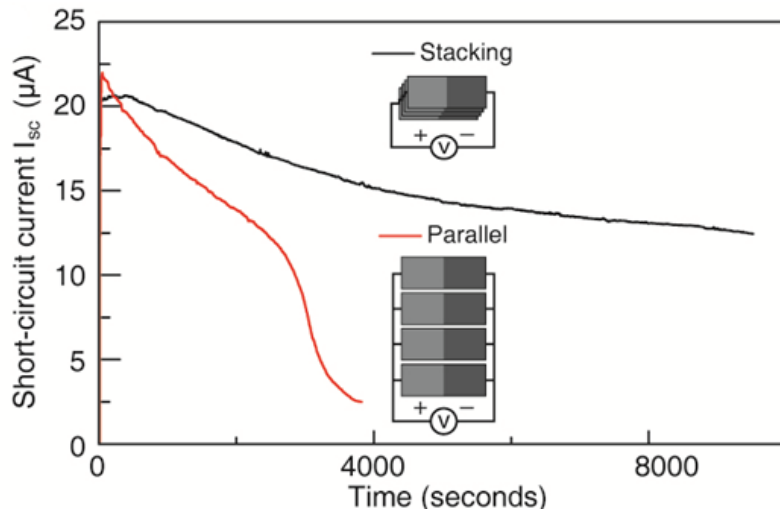
에너지 하베스터 (TEPG)의 개방 전압 및 단락 전류 특성 (직렬 및 병렬 연결)

- 0.25 ml 증류수: 최대 1 mWh/cm³의 전력 생성 (최대 개방전압 V_{oc} : 0.55 V, 최대 단락전류 I_{sc} : 4 μ A)

직렬 및 병렬 연결을 통한 전력 증폭 가능



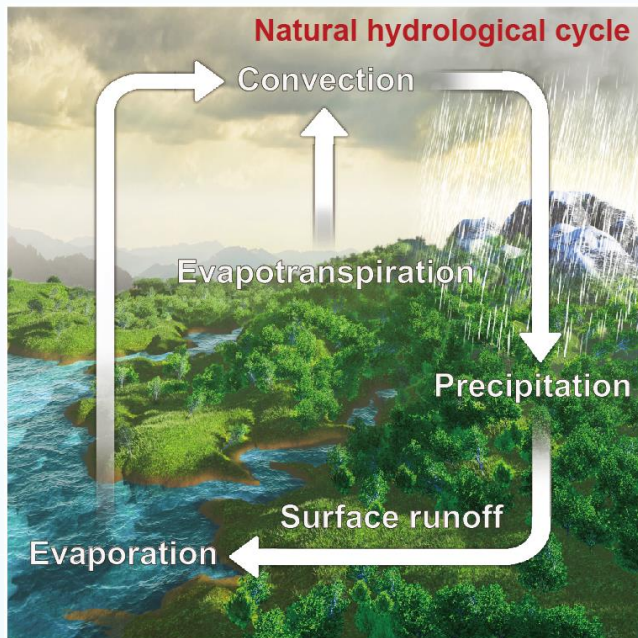
에너지 하베스터의 직렬 연결 (고전압)



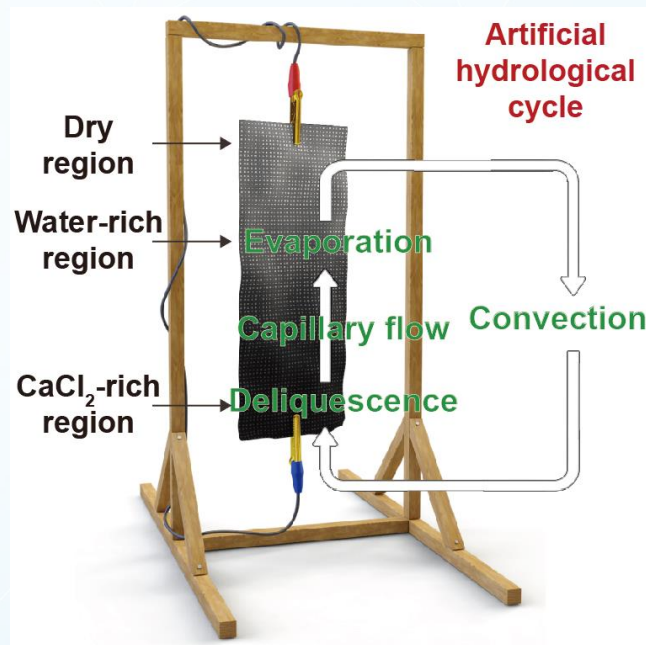
에너지 하베스터의 병렬 연결 (고전류)

2. 발명의 특징 - (2) 자연의 물 순환을 모사한 에너지 하베스터 (STEPG)

자연의 물 순환을 모사한 에너지 하베스터 (STEPG)



자연의 물 순환 과정

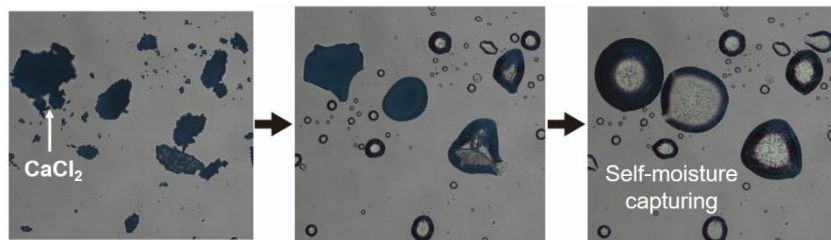
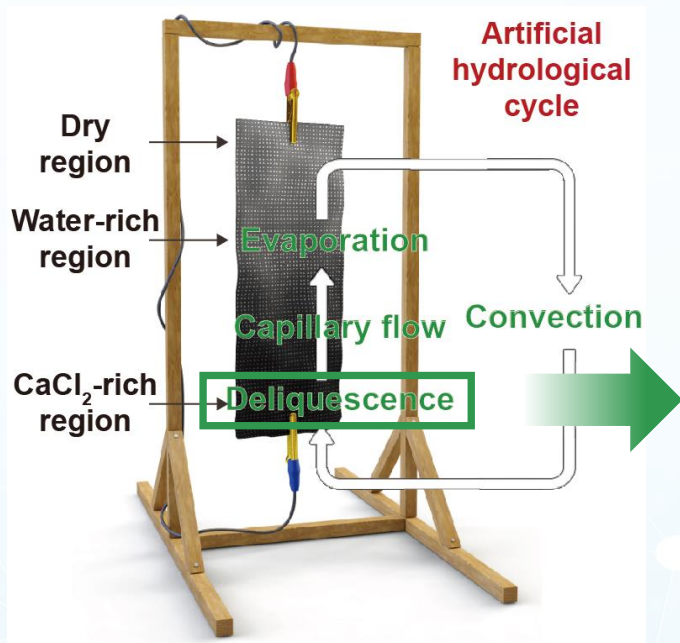


자연의 물 순환을 적용한 에너지 하베스터

2. 발명의 특징 - (2) 자연의 물 순환을 모사한 에너지 하베스터 (STEPG)

조해성 염이 적용된 에너지 하베스터 (STEPG)

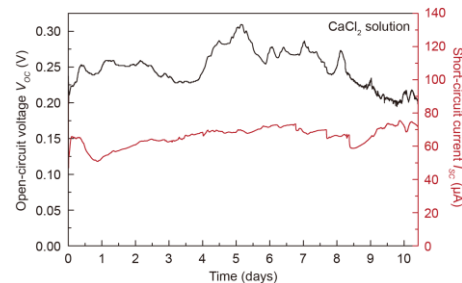
- 조해성 염을 이용하여 활발한 수분 흡착 유도 및 반영구적 전력 생산



조해성 염 (Deliquescent salt)의 수분 흡착 과정



조해성 염이 적용된 기성 제품

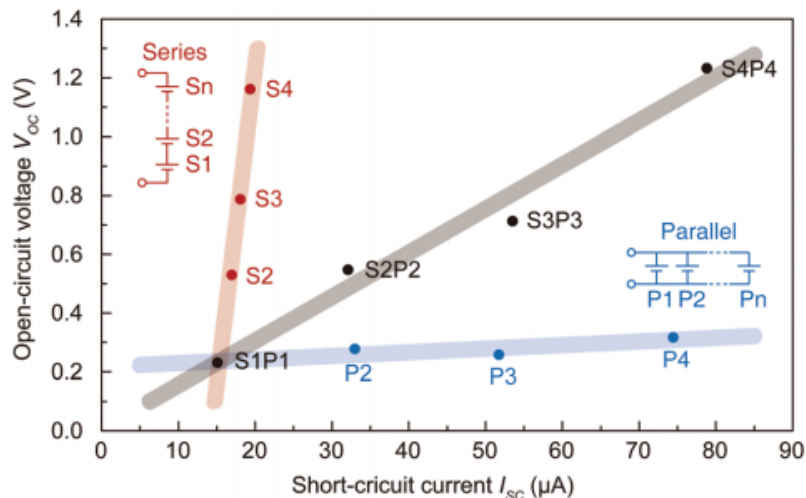


반영구적 전력 생산 가능

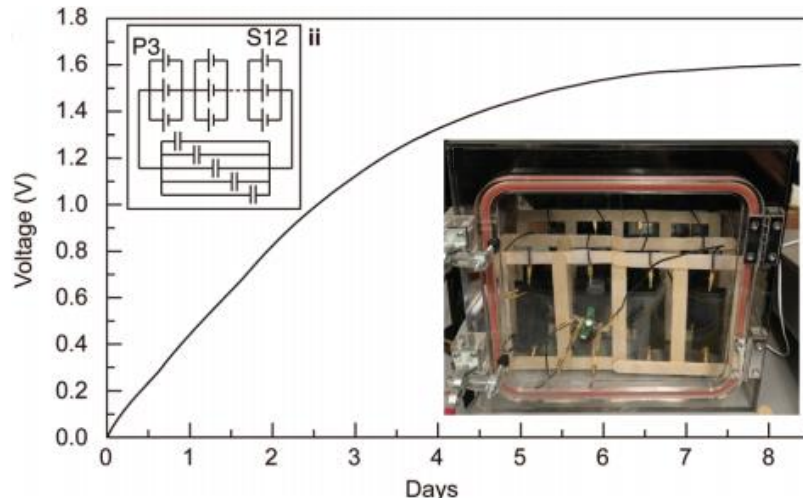
2. 발명의 특징 - (2) 자연의 물 순환을 모사한 에너지 하베스터 (STEPG)

조해성 염이 적용된 에너지 하베스터 (STEPG)의 개방 전압 및 단락 전류 특성 (직렬 및 병렬 연결)

- 조해성 염을 이용한 에너지 하베스터의 직렬 및 병렬 연결을 통한 비례적 전력 증폭
- 직렬 및 병렬을 통한 슈퍼캐패시터 충전 성공



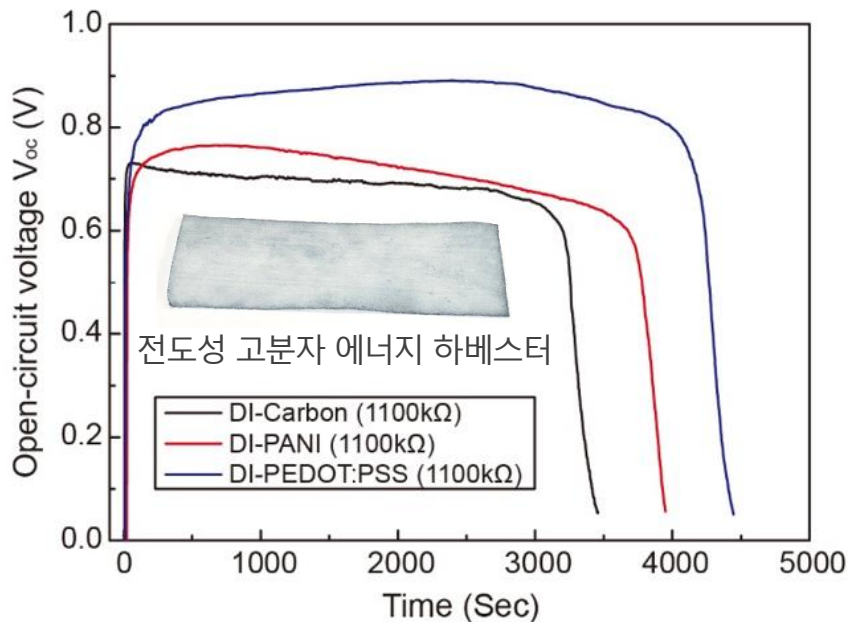
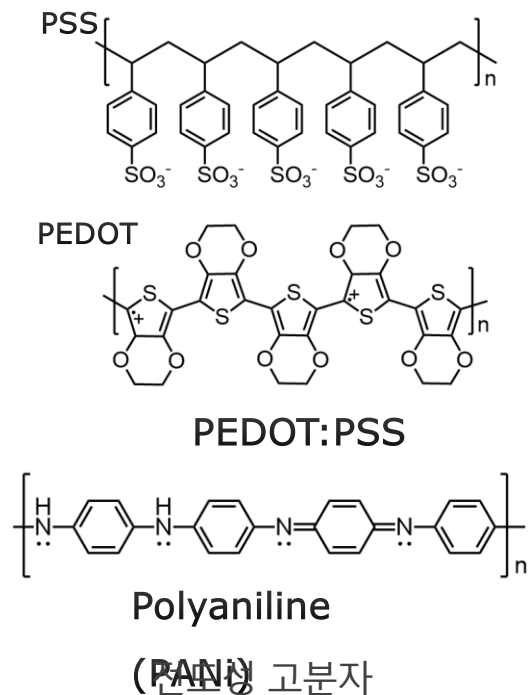
에너지 하베스터의 직병렬을 통한 비례적 증폭



에너지 하베스터의 직병렬 연결을 통한 슈퍼캐패시터 충전

2. 발명의 특징 - (3) 전도성 고분자 기반 에너지 하베스터

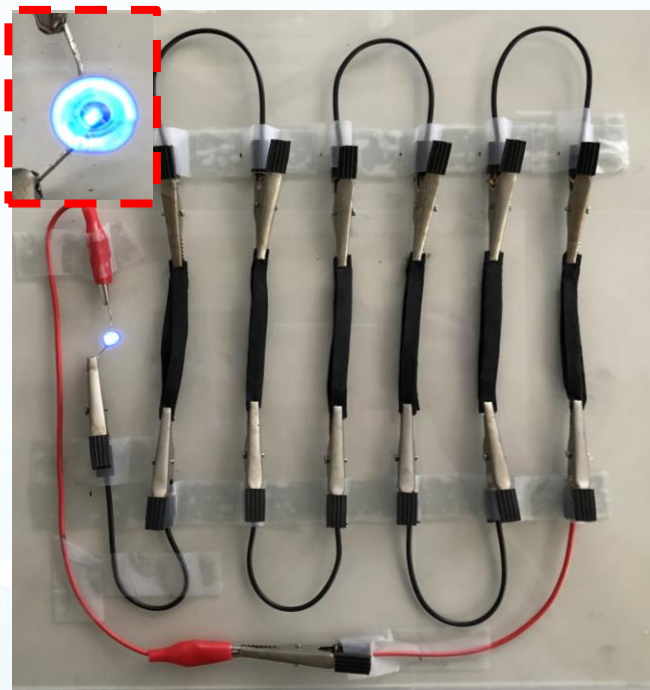
전도성 고분자 기반 에너지 하베스터



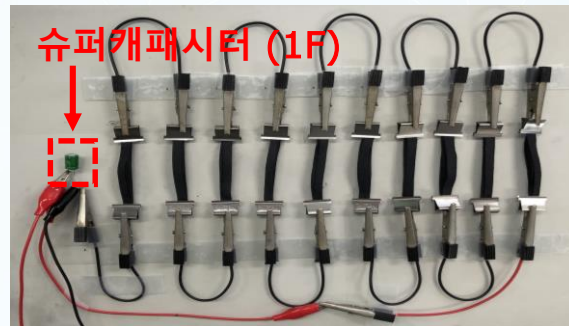
전도성 고분자를 활용한 에너지 하베스터의 개방전압 성능

2. 발명의 특징 - (4) 신규 소재를 활용한 에너지 하베스터

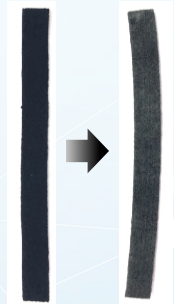
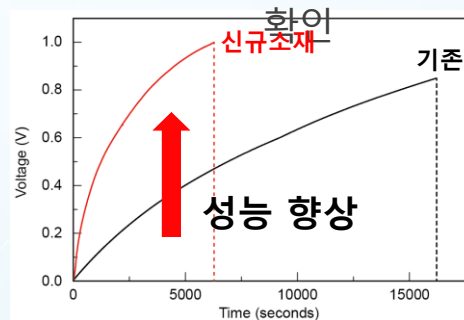
신규 소재 탐색 및 합성을 통한 지속적인 개발 및 성능 향상



신규 소재 기반 에너지 하베스터의 청색 LED 점등 확인



신규 소재 기반 에너지 하베스터의 슈퍼캐패시터 충전

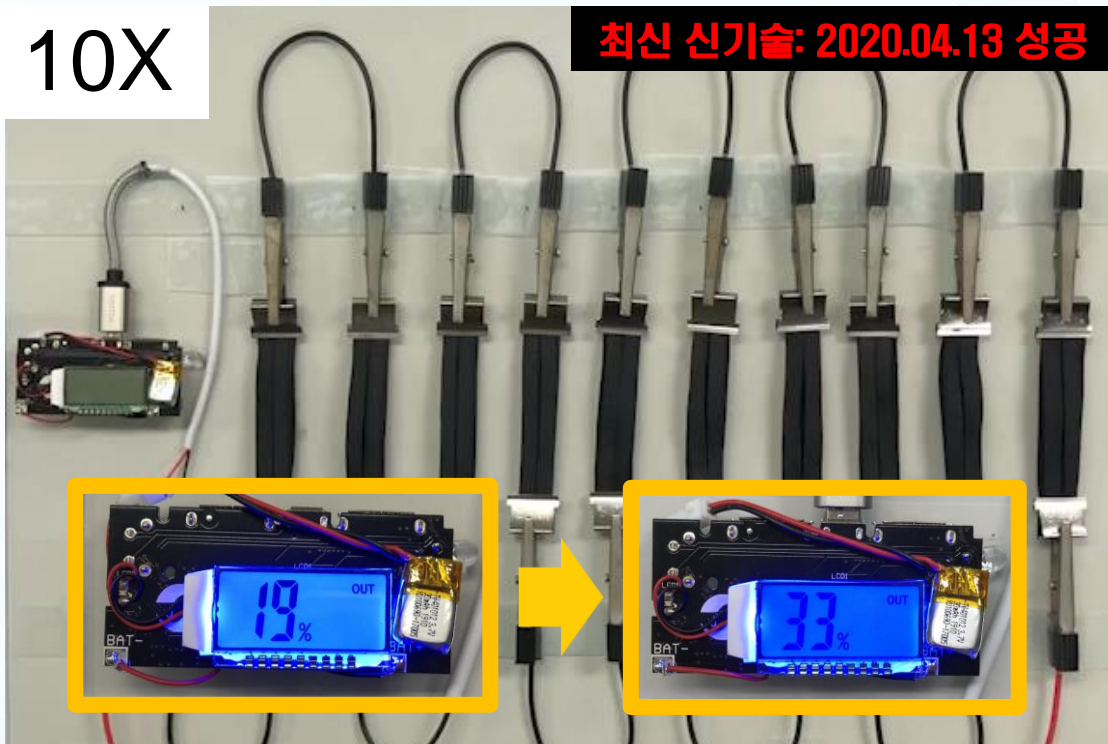


신규 소재를 활용한 성능 향상

2. 발명의 특징 - (4) 신규 소재를 활용한 에너지 하베스터

10X

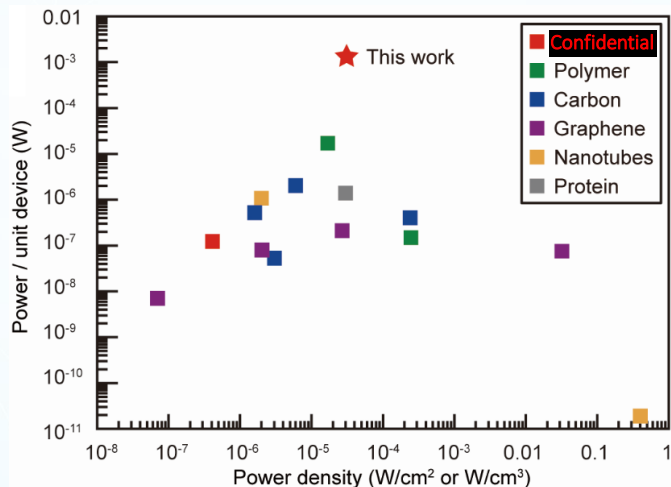
최신 신기술: 2020.04.13 성공



배터리 충전을 통한 실용성 확인 (세계 최초)

2. 발명의 특징

세계 최고 수준의 전력밀도



종류	전력밀도	에너지원
광전발전	20 mW/cm ²	태양광
열전발전	1-10 mW/cm ²	지열, 자동차 엔진
압전발전	0.01~100 μ W/cm ²	사람의 움직임, 바람, 물결
전자기 발전	0.1 μ W/cm ²	전자기파
나노-물 발전	31 mW/cm ³	물

- 물기반에너지하베스터중 **최고성능 달성!**
- 기존에너지하베스터와 **대등한 전력밀도!**

1. W. Guo, *et al. Adv. Mater.* **25**, 6064–6068 (2013).
2. A. Siria *et al. Nature* **494**, 455–458 (2013).
3. R. Zhang *et al. Adv. Mater.* **27**, 6482–6487 (2015).
4. J. Feng *et al. Nature*, **536**, 197–200 (2016).
5. Y. Xu *et al. Angew. Chemie - Int. Ed.* **56**, 12940–12945 (2017).
6. G. Xue, *et al. Nat. Nanotechnol.* **12**, 317–321 (2017).
7. Y. Liang *et al. Energy Environ. Sci.* **11**, 1730–1735 (2018).
8. H. Cheng *et al. Energy Environ. Sci.* **11**, 2839–2845 (2018).

9. Y. Huang *et al. Nat. Commun.* **9**, 4166 (2018).
10. L. Zhu *et al. Adv. Energy Mater.* **8**, 1–8 (2018).
11. L.-H *et al. Nano Lett.* **19**, 5544–5552 (2019).
12. Y. Huang *et al. Energy Environ. Sci.* **12**, 1848–1856 (2019).
13. Z. Zhang *et al. Nat. Commun.*, 2019, **10**, 2920 (2019).
14. Bae, J. *et al. Energy Environ. Sci.* **13**, 527–534 (2020).
15. Liu, X. *et al. Nature* **578**, 550–554 (2020).

3. 관련 논문 및 특허

관련 논문

1. T. G. Yun, J. Bae, A. Rothschild, I. D. Kim*, ["Transpiration Driven Electrokinetic Power Generator"](#), ACS Nano, 13, 11, 12703 - 12709 (2019)
2. J. Baet†, T. G. Yun†, B. L. Suh, J. Kim, I. D. Kim*, ["Self-operating transpiration-driven electrokinetic power generator with an artificial hydrological cycle"](#), Energy & Environmental Science, 13, 527-534 (2020) Backside Cover-Featured
3. A. Venkateshaiah†, J. Y. Cheong†, S. H. Shin†, A. Kumar, T. G. Yun, J. Bae, S. Wacławek, M. Černík, S. Agarwal, A. Greiner, V. V. T. Padil*, I. D. Kim*, R. S. Varma*, ["Recycling non-food-grade gum wastes into nanoporous carbon for sustainable energy harvester"](#), Green Chemistry, 22, 1198-1208 (2020)
4. S. H. Shin†, J. Y. Cheong†, H. S. Lim, V. V. T. Padil, A. Venkateshaiah, I. D. Kim*, ["Carbon anchored conducting polymer composite linkage for high performance water energy harvesters"](#), Nano Energy, 74, 104827 (2020)



No.	국가	출원/등록번호	명칭
1	한국 특허 출원	10-2139866-0000	탄소층이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 전기 에너지 생성 장치
2	미국 특허 출원	16175204	탄소층이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 전기 에너지 생성 장치
3	유럽 특허 출원	18203715.0	탄소층이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 전기 에너지 생성 장치
4	한국 특허 출원	10-2018-0122649	전도성 고분자가 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 대면적 전기에너지 생성 장치
5	한국특허등록	10-2105762-0000	지속적인 자가발전이 가능한 흡수성 물질이 적용된 탄소층이 코팅된 친수성 섬유 멤브레인 기반 복합 발전기
6	PCT	PCT/KR2018/012965	친수성 섬유 멤브레인 기반 전기 에너지 생성 장치

4. 사업화 추진 현황

관련 후원

선정과제 소개

삼성전자 미래기술육성센터

연구과제명	자가수분 흡착기술기반 에너지 하베스팅 시스템 개발
연구요약	환경/장소에 제한없이 극성 용매를 이용해 장기적으로 직류 전기 에너지를 얻을 수 있는 신개념 energy harvesting system 개발. 일상에서도 누구나 손쉽게 구할 수 있는 재료들로 구성되어, 환경에 제한 없이 전기 에너지를 생성/활용할 수 있는 energy generating system 제시. 부피 당 생성 전력을 극대화한 nano-yarn 기반 3차원 직물 기반 에너지 생성 시스템 구현을 통해, 웨어러블용 permanent 에너지 소스 공급 및 scale-up을 통한 대용량 에너지 발전 달성.
기대효과	본 연구에서 제안하는 장기적 에너지 생성 장치 모델은 개개인이 전력을 소유할 수 있는 전력 분산형 모델로, 궁극적으로는 화석/원자력 원료의 의존성을 낮추는데 기여하는 대체 에너지원으로 직접 적용 가능.

최신 신기술: 2019.12.16 일자

보도



언론 보도(TB, 연합뉴스, YTN)



Thank

감사
you

합니 다