

제 6 장 Triboelectric 에너지 하베스팅 연구동향 및 핵심기술

1. Triboelectric 에너지 하베스팅 연구동향

미국 조지아텍의 Z. L. Wang 교수가 2012년 최초로 발표한 triboelectric 에너지 하베스팅 연구는 이제 막 연구가 시작된 상황임에도 전 세계적으로 매우 활발하게 연구가 태동하고 있으며, 관련 연구는 국내에서 성균관대와 KIST, UNIST를 중심으로 경희대, 서울대, 연세대, 포항공대, GIST, KAIST 및 삼성전자 등 연구가 활발히 시작되고 있다. 국외에서는 Georgia Institute of Technology의 Z. L. Wang 교수 그룹이 세계 최초 발표 이후 이 분야의 세계 기술 흐름을 주도하고 있다. 기존의 압전 에너지 하베스팅, 태양전지 등 나노 물질을 이용한 에너지 발전과 관련된 연구능력을 기반으로 나노물질을 이용한 정전기 발전 분야에 대한 새로운 연구를 진행하고 있다. 서로 다른 triboelectric 성질을 가진 두개의 고분자 층을 정전 특성을 이용한 triboelectric 에너지 하베스팅 제작(Fan et al., Nano Energy, 1, 328-334 (2012))으로 휴대전화 배터리 충전 가능성을 제시했고, 투명한 폴리머 물질들을 이용한 유연하며 투명한 triboelectric 에너지 하베스팅을 보고해(Fan et al, Nano Letters, 12, 3109-3114 (2012)) 유기 및 광학 전자 기기 전원으로의 응용 가능성을 보여줬다. 또한, 물질의 표면 형태 제어와 두 소재 간 거리 조절 최적화 및 스프링사용(Wang et al., Nano Letters, 13, 847-853, (2013)) 을 통해 600개의 LED를 발광시킬 수 있을 정도의 충분한 출력을 보이고 있다.

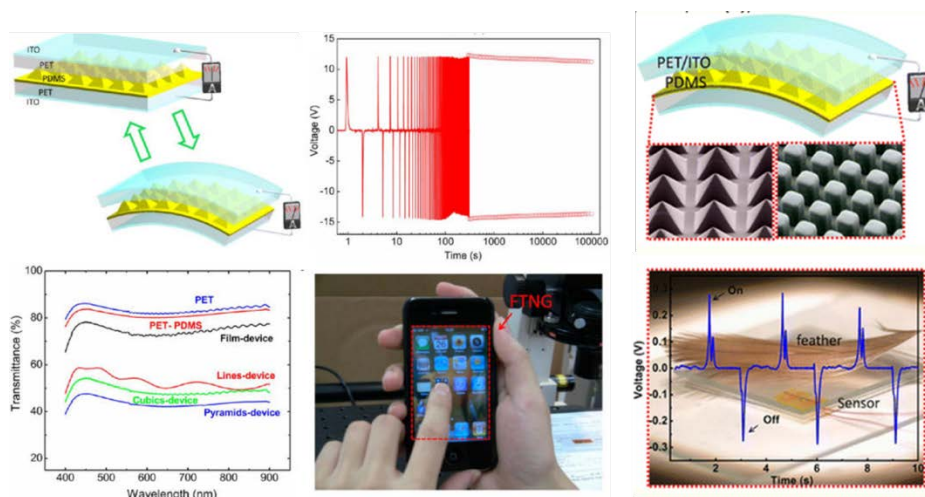


그림 1. 투명소재를 이용하여 전자기기에 적용할 수 있는 정전기 발전소자

한편 다양한 소재, 응용분야 이외에도 구조적인 측면에서 연구가 진행하고 있다. Triboelectric 소재의 표면을 제어하여 표면적을 넓힘으로써 마찰면의 증가를 유도하기 위해 sliding mode를 최초로 적용한 triboelectric 에너지 하베스팅 (Wang et al., Nano Letters, 13, 2226-2233 (2013), 대면적 에너지 하베스팅을 가능케 하고 회전 동력을 에너지원으로 삼을 수 있는 분리된 디스크형태의 triboelectric 에너지 하베스팅 (Wang et al, Nano Letters, 13, 2916-2923, (2013)) 등이 보고 되었으며 중국 Peking 대학교에서 생체에 적용이 가능한 triboelectric 에너지 하베스팅(Zhang et al., Nano Letters, 13 (3), 1168-1172, (2013))를 개발하여, 다양한 응용분야 확대 및 상용화 가능성을 제시하였다. 생체 미시체계에서 지속 가능하도록 구동되는 저주파수 triboelectric 에너지 하베스팅은 미래 유망 산업인 Bio관련 산업으로의 발전 가능성을 보이고 있다.

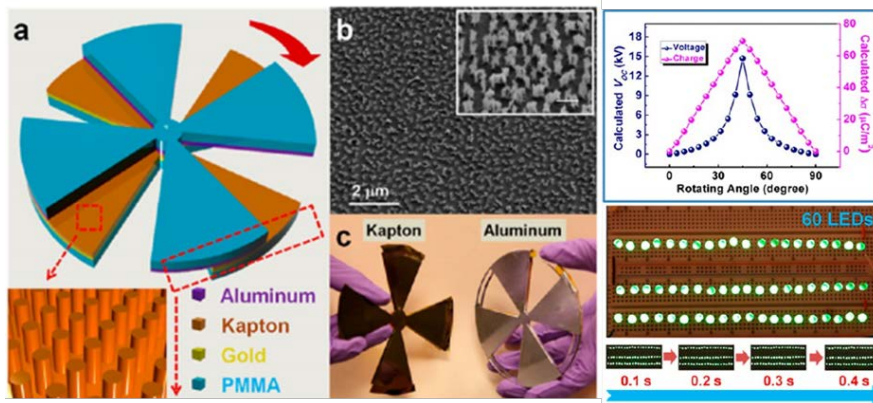


그림 2. 분리된 원판 형태의 Triboelectric 에너지 하베스팅

2. Triboelectric 에너지 하베스팅의 핵심기술

2.1. Triboelectric 소재의 특성 제어 및 나노 구조화

Triboelectric 에너지 하베스팅의 경우 두 개의 서로 다른 재료가 마찰될 때 생성되는 전하를 포획하는 것으로 물질 고유의 dielectric/permittivity값에 따라 소재의 정전 특성이 직접적인 영향을 받기 때문에 재료 선정 및 제어가 출력에 큰 영향을 미친다. 일반적으로 정전기를 일으키는 물질 중에 서로 다른 극성을 띄며 소재의 나노화가 쉬운 물질로 선정, 공정과정 중에 사용되는 시료 및 시약에 대해 안정성을 갖춰야 한다. Triboelectric 에너지 하베스팅의 성능은 두 물질의 마찰이 일어날 때, 물질이 가지고 있는 고유의 triboelectric 특성에 따라 크게 좌우된다. 두 물질을 마찰시켰을 때, 한 물질이 다른 물

질로부터 전자를 빼앗아 오게 되고, 이로 인해 전자를 빼앗아 온 쪽은 상대적으로 전자가 많기 때문에 음전하로 대전이 되고, 반대로 전자를 빼앗긴 쪽은 상대적으로 전자가 적기 때문에 양전하로 대전이 된다. 이렇게 두 물체를 마찰시켰을 때 전자를 빼앗기고 얻는 경향을 나타내는 상대적인 정도를 실험적인 결과를 통하여 정리한 테이블을 triboelectric series라 말한다. 한편, Triboelectric 에너지 하베스팅의 효율을 향상시키기 위해서는 벌크 형태의 소재보다 나노 사이즈의 소재가 유리한데, Triboelectric으로 대전될 표면적이 증가함에 따라 출력 또한 향상하기에 소재를 나노화 할 수 있는 합성 및 성장 기술도 매우 중요하다.

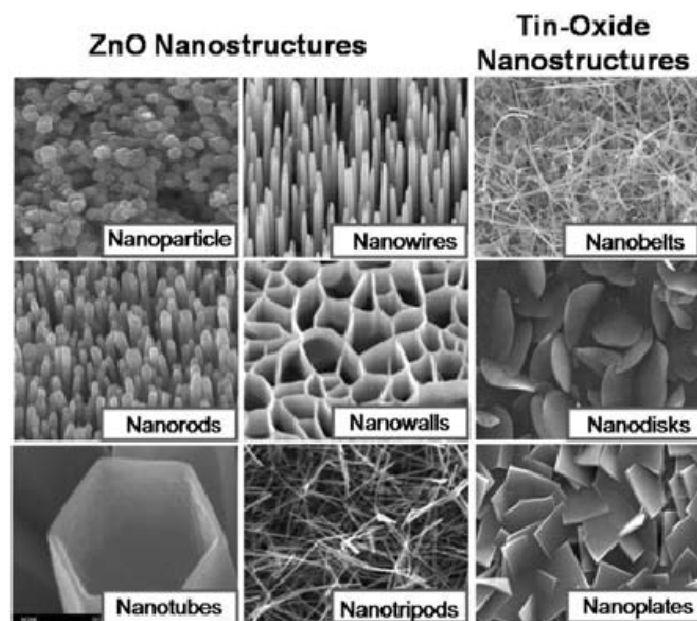


그림 3. 다양한 형태의 나노구조물

2.2. Triboelectric 소재계면 및 형태, 소자 구조 제어

Triboelectric 특성을 가진 두 재료가 접촉 시 표면특성에 따라 높은 전압과 전류의 향상 값을 얻을 수 있다. 소자의 구조를 제어하여 계면에서 접촉하는 표면적에 따른 캐리어의 수송 특성을 관찰하고 분석하여 캐리어의 모빌리티를 향상시키고 많은 양의 캐리어가 원활하게 이동할 수 있는 구조를 확립하는 기술이 필요하다. 현재 bending, pushing, sliding 타입 등의 마찰 구조로 다양한 연구가 보고되었으며, 그 외에도 박막 형태가 아닌 particle 형태의 새로운 triboelectric 에너지 하베스팅 기술은 대표적으로 nanoparticle 입자로 마찰을 발생시키는 형태의 소자가 있다. 두 물질의 표면과 표면이 아닌, 표면과

nanoparticle 사이의 마찰을 통해 새로운 메커니즘을 갖는 종류로 새로운 방향성을 제시했으며, 효율적인 출력 및 폭넓은 응용성을 보이는데 있어 중요한 기술로 보인다.

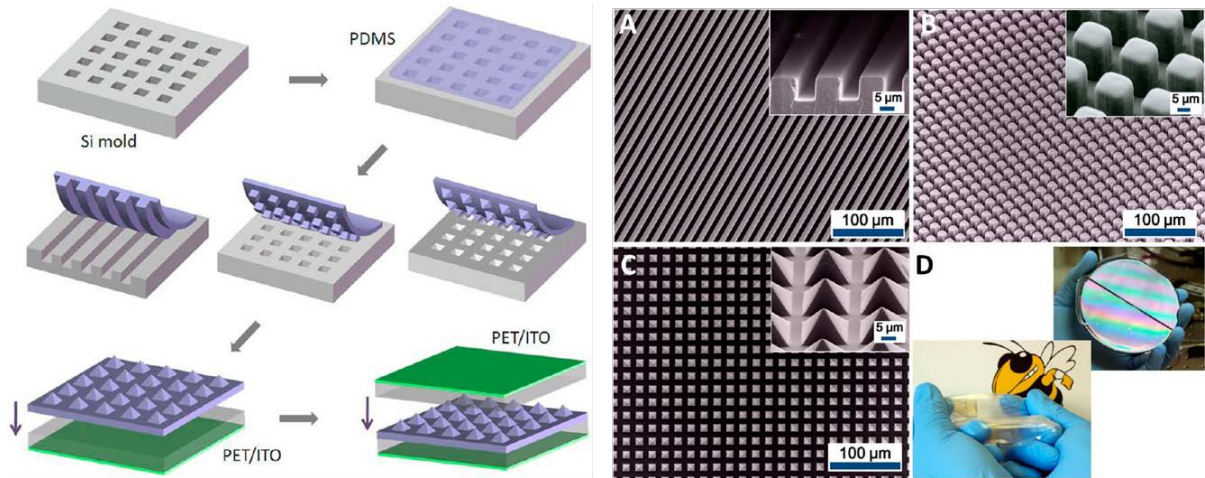


그림 4. PDMS 표면 나노구조물 제작 모식도

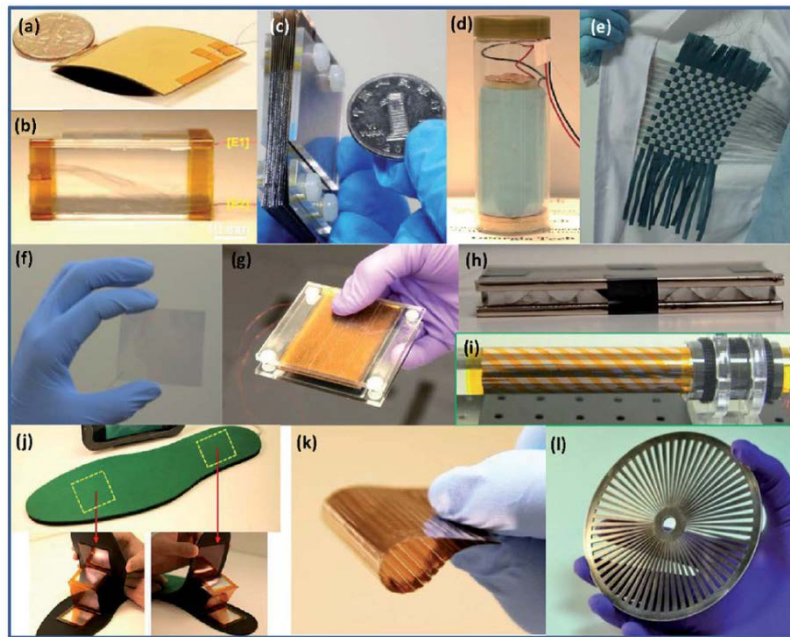


그림 5. 다양한 형태(구조)의 Triboelectric 에너지 하베스팅 소자