광산(光酸)을 이용한 신개념 액체형 태양광 발전기

배재형, 임해성, 안재완, 김윤화, 김민수, 김일두 (한국과학기술원)

•서론

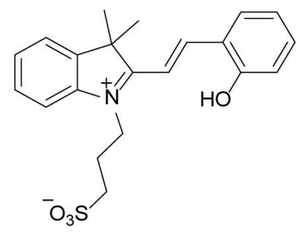
현재까지 태양전지와 같은 에너지 변환 장치는 주로 기계적 안정성, 내구성, 물리적 특성을 확보하기 쉬운 고체장치(Solid-state device)로 개발됨. 하지만, 고체장치는 생산 과정에서 값비싼 제조 공정을 수반하며, 산업적 측면에서 높은 유지 관리 및 재활용 비용이 필요함. 특히, 고체장치는 생산 단가를 낮추기 위해 대량 생산이 필수적이며, 이때문에 제품 규격이 제한되어 곡선형 구조의 장치나 유연성이 필요한 다양한 장치에 통합되어 사용되기 어려움.

이에 비해 액체 장치(Liquid-state device)는 액체가 담기는 용기의 모양을 바꿔주어 장치의 설계가 물리적인 제약으로부터 자유로우며, 액체 화합물의 수명이 만료되었을 때 오래된 화합물을 새로운 화합물로 간단히 교체해줄 수 있어 유지 관리, 재활용 비용을 최소화 할 수 있음.

•본론

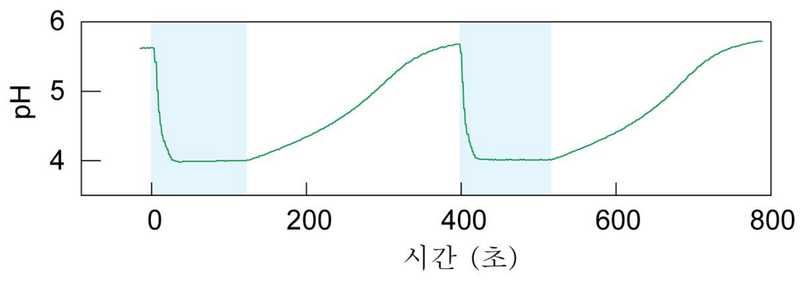
본 연구논문에서는 빛을 조사하면 양성자(H^+)를 가역적으로 방출할 수 있는 광산(Photoacid)를 이용한 액체 기반의 태양광-전기 에너지 변환장치를 연구함. 광산은 2010년 이후 처음 개발된 광 감응성 화합물로 비가역적으로 양성자를 생산하는 '광산 발생기(photoacid generator)' 보다 발전된 3세대 화합물로 가시광에 노출되면 양성자를 방출하고 가시광이 사라지면 방출했던 양성자와 다시 재결합 할 수 있는 가역성이 특징임.





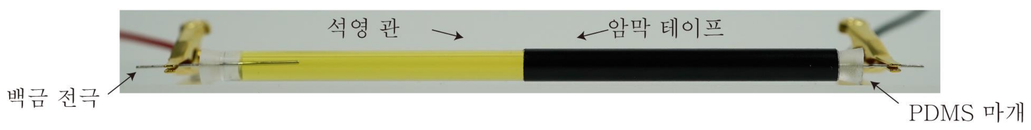
(2-[2-(2-hydroxyphenyl)ethenyl]-3,3-dimethyl-1-(3-sulfonatopropyl)-3H-indolium)





이 광산을 이용하면 이론적으로 한 용액 안에서 가시광 유무에 따라 영역별로 pH 구배를 생성할 수 있으며, 각 영역에 전극을 설치하여 pH 구배를 구조적으로 이용하면 두 전극 사이에 전위차와 전류를 생성할 수 있음.

Photoacid-driven liquid-state photoenergy harvester

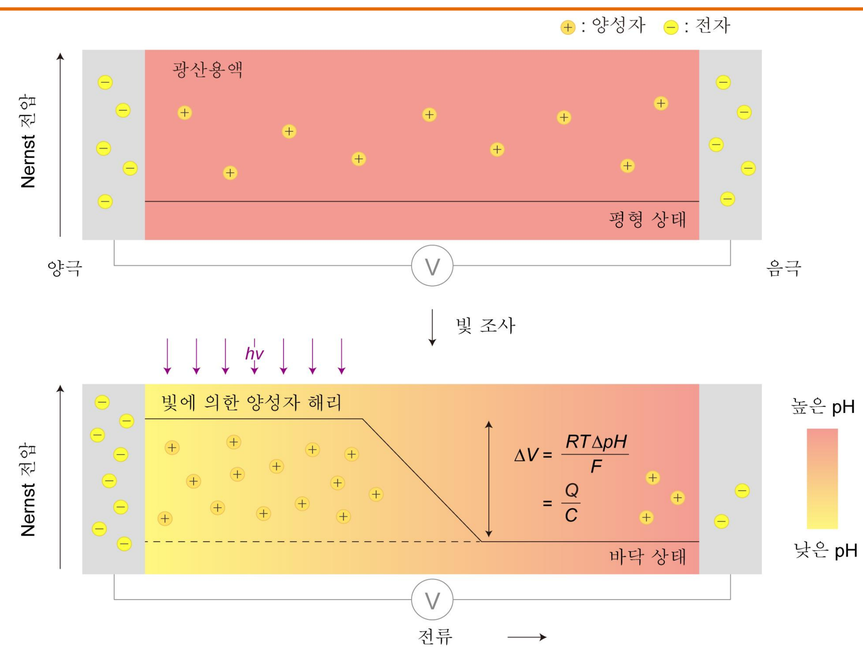


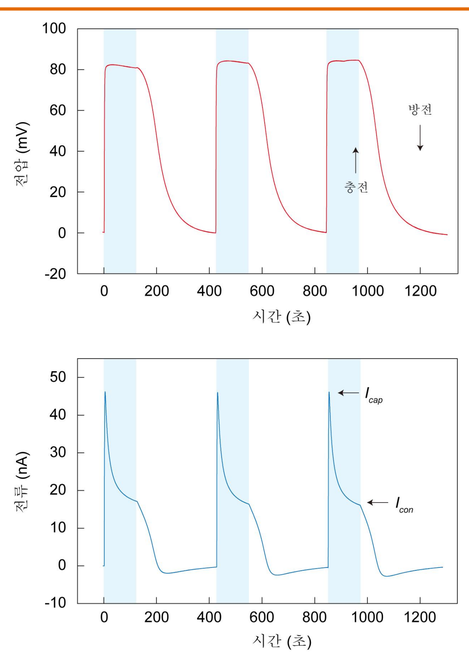
$$\Delta E = E_{양극} - E_{음극} = \frac{2.303RT}{F}(pH_{음극} - pH_{양극})$$

E, R, T, F는 각각 전지전위, 기체상수, 온도, 패러데이상수

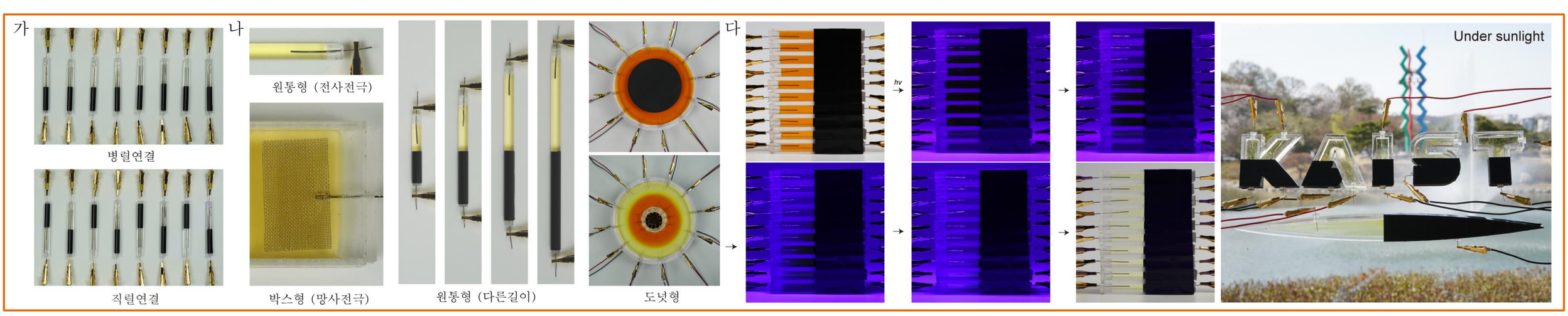
$$I = I_{cap} - I_{con} = C\frac{dV}{dt} + K_L\gamma\pi V$$

t, KL 및 η는 각각 시간, 액체의 전도도(S/m), 기하 계수





액체형 태양광 발전기는 다음과 같은 장점이 있음. 첫째, 직렬/병렬 연결을 통해 생성되는 전압과 전류를 증폭시킬 수 있음. 둘째, 액체 화합물이 담기는 용기의 모양을 1차원 튜브, 도넛 등 다양한 형태로 제작할 수 있어 다양한 장치에 유연하게 적용될 수 있음. 셋째, 본 광산 화합물은 투명하여서 수직으로 여러 개의 장치를 쌓아 놓아도 모두 한 번에 구동할 수 있음. 넷째, 장시간 사용하여 에너지 변환 효율이 낮아졌을 때, 간단하게 액체 화합물만 교체해주면 발전기를 쉽게 재활용할 수 있음. 이러한 특징들은 기존 고체 기반의 태양전지 발전에서는 불가능했던 액체형 기기만의 특징임.



•결론

본 광산을 활용한 액체형 태양광 발전기는 세계 첫 번째로 액체 화합물을 이용하여 태양광 에너지를 전기 에너지로 바꿔준 혁신적인 연구임. 특히, 액체형 발전기이기 때문에 소자 제작과 구동에 들어가는 비용을 효율적으로 낮출 수 있으며, 재활용이 쉽고 간편하여 친환경적인 것이 특징임. 신재생 에너지 기술 분야에서 본 연구와 같은 고체형 장치에서 액체형 장치로의 전환은 효율성, 투자성, 친환경성을 높일 수 있는 큰 잠재력을 보유하고 있어 향후 발전 가능성이 전도유망함. 액체형 발전기와 관련된 연구들이 지속된다면 친환경적으로 태양광 에너지를 활용할 수 있어 우리가 맞이한 에너지 위기를 현명하게 대처할 수 있을 것으로 사료됨.

•참고문헌

J. Bae, H. Lim, J. Ahn, Y. H. Kim, M. S. Kim, I. -D. Kim, 2022, Advanced Materials, 34, 2201734, https://doi.org/10.1002/adma.202201734