

상태 변화에 따라 늘어나고 줄어드는 거동은 환경에 따라 감응하는 스마트 물질 개발의 관심 대상이며, 따라서, 개발된 근육은 고분자에 도입되어 빛에 따라 늘어나고 줄어드는 시스템으로 용이하게 변형될 수 있을 것이다.

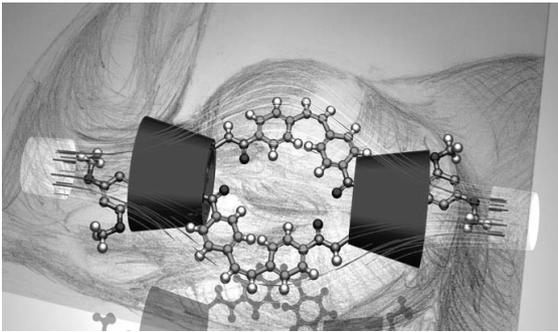


그림 3. 스티렌과 알파-시클로텍스트린에 기초한 광 유도 분자 근육 모식도.

(Chem. Commun., 3980 (2008))

기존 배터리를 대체할 가볍고 강력한 슈퍼 커패시터

우리가 현재 알고 있는 무겁고 부피가 나가는 자동차 배터리가 곧 과거의 유물이 될지도 모른다. 배터리는 자동차의 시동을 걸리게 하고 라디오를 작동시키며 많은 다른 전자 시스템을 작동하는데 사용된다. 자동차의 전자 기능들이 더 다양해지고 부가 기능이 증가됨으로써 더 강력하고 수명이 긴 배터리가 요구되고 있다. 또한 연료 소모를 줄이기 위해서 더 가벼운 배터리도 요구되고 있다. 그러나 현재 사용되고 있는 배터리는 무게를 뿐만 아니라 수명도 그리 만족스럽지 못하다. 따라서 가볍고, 효율적이고, 안전하면서 동시에 안정적인 전력을 공급하는 특성을 가진 배터리를 개발하고자 많은 연구가 진행되고 있다.

텍사스 달라스에 있는 텍사스 대학 나노 기술 연구소의 연구진은 강력한 슈퍼 커패시터로 전력을 전달할 수 있는 가볍고 안정적인 새로운 방법을 고안하였으며, 전도성 폴리머와 분자 전자기술 분야의 중요한 연구 업적을 다루는 저널인 Synthetic Metals 저널 표지에 실렸다. 슈퍼 커패시터는 오랜 기간동안 안정적으로 에너지를 저장하기 위해 충전될 수 있는 강화된 전기 부품이다. 슈퍼 커패시터는 민감한 전자 기기를 안전하고 부드럽게 작동시키기 위해 전력을 공급한다. 무겁고 부피가 나가는 자동차의 납배터리와는 달리 커패시터와 슈퍼 커패시터는 화학 반응이 아닌 축적된 전기 전하를 이용한다.

연구진은 폴리피롤(polypyrrole)이 심어진 단일벽 탄소나노튜브 종이판을 사용한 슈퍼 커패시터를 만들 수 있는 방법을 개발했다. 이 슈퍼 커패시터는 큰 부피를 가진 무거운 자동차 배터리와는 달리 가볍고 강하며 종이처럼 얇고 구부릴 수 있으며 자동차의 특정한 부위의 형태에 맞춰 부착시킬 수 있을 것으로 예상된다. 무겁고 부피가 나가는 배터리 대신에 가볍고 부피가 작은 전력 공급원은 하이브리드 자동차 디자인에서 특히 유용할 것이다. 연구진은 그들이 개발한 디바이스는 100% 탄소 나노튜브의 필름으로 만들어진 전형적인 버키 종이 제조 기술의 연장이라고 말하였다. 또한 이 방법은 산업체에서 요구하는 규모의 디바이스를 쉽게 제작할 수 있을 것이라고 말하였다.

(Syn. Metal, September, 2008)

이번에 발견된 연구 결과로 나노 스케일로 만들어지는 센서와 바코드의 사용에 가속도를 붙일 수 있을 것이다. 노스 캐롤라이나 주립 대학(North Carolina State University) 공학도들은 특정한 타입의 아주 작은 유기체 입자들이 적정 온도로 가열되면 표면 위 얇은 폴리머 박막 내로 나오고, 다시 가열하면 역으로 표면 아래로 내려가게 된다는 사실을 알아내었다. 많은 입자들을 선택적으로 표면 위로 옮긴 다음, 다시 그것들을 아래로 가라앉게 하면 결과적으로 표면의 패턴을 조종가능하게 된다. 이 프로젝트에 연관된 연구진의 말에 따르면, 표면을 패터닝하는 것은 현재 나노테크놀로지 연구의 궁극적인 목적 중의 하나이지만, 특정한 입자로 이렇게 패터닝하는 것은 어렵다고 한다.

“우리는 이 기술을 이용하여 얇은 막의 표면 위, 우리가 원하는 지점에 정확히 파티클을 배치할 수 있다. 예를 들어 재생 바코드나 다른 기능성 폴리머 표면을 만드는데 이용될 수 있다.”라고 화학/생물 분자 공학과 교수인 잔 겐저(Jan Genzer)가 덧붙였다. 연구진은 코어-셸 마이크로 젤(core-shell microgel)이라고 불리는 특별한 형태의 유기체 나노 입자를 사용하였는데, 이 폴리머는 중심부가 가교된 망상구조이고 외피는 다른 폴리머로 둘러싸여 있다.

“대부분의 폴리머는 체인같은 거대분자로 아주 긴 조리된 스파게티 면과 같다. 그러나 이와 같이 특별한 코어-셸 입자는 중심부에 하나의 폴리머가 있고 스펀같은 표면을 가진 다른 종류의 폴리머로 구성되어 있어 스쿼시 공과 아주 흡사하다.”라고 화학/생물분자 공학과/재료과학 공학과 교수인 리차드 스포탁(Richard Spontak)은 전했다.

겐저 교수, 스포탁 교수와 대학원생인 아리프 고젠(Arif Gozen), 빈 웨이(Bin Wei)는 나노 레터(Nano letters) 저널에 그들의 연구 결과를 실었다.

(Nano Lett., September, 2008)

자연 염료와 TiO₂ 나노와이어를 이용한 태양전지

염료감응형 태양전지(dye-sensitized solar cell)는 1991년부터 이론적인 관점에서나 실제적인 관점에서나 큰 관심을 받으며 연구되는 태양에너지 기술로서 개발자의 이름을 따서 “Gratzel Cell”이라고 불리기도 한다. 염료감응형 태양전지는 저가로 높은 효율을 얻을 수 있기 때문에, 단결정인 실리콘이나 나노 결정 구조인 박막 태양 전지에 비해 큰 장점이 있다.

염료감응형 태양전지의 가장 중심적인 아이디어는 빛을 흡수하는 공정을 전하 저장 공정과 분리한다는 것이다. 이는 자연에서의 광합성 과정을 모방한 것이다. 이 때 광 감응염료(dye sensitize)는 반도체와 결합하게 되며, 이러한 응용에 사용될 수 있는 반도체 물질로는 밴드갭이 넓으면서도 값이 싼 산화물 반도체인 TiO₂가 주로 사용된다.

현재 많은 염료감응형 태양전지 설계에 루테튬 착체와 같은 전이 금속 화합물이 염료로 이용되고 있다. 왜냐하면 그들은 가시광선에 대한 흡수율이 매우 높으며, 여기 생존시간이 길고 금속에서 리간드로의 전하 이동 효율이 높기 때문이다. 이러한 물질들은 효율이 11%까지 발표된 바 있지만, 합성 과정에서 단가가 올라가고, 환경에 좋지 않은 영향을 주기 때문에 이를 대체할 다른 물질에 대한 연

구가 필요하다.

클로로필(chlorophyll), 카로틴(carotene), 시아닌(cyanin)과 같은 자연 염료들은 나뭇잎이나 꽃, 과일 등에서 쉽게 구할 수 있다. 실험적으로 이러한 자연 염료를 이용하고, 이를 탐지하는 TiO_2 물질을 이용한 태양 전지가 7.1%의 효율까지 발표된 바 있고, 높은 안정성이 증명되었다. 또한 이와 유사한 유기 염료(organic dye)를 이용한 소자에서는 8%의 효율까지 발표된 바 있다.

최근에는 1차원 나노와이어, 나노튜브 등의 반도체를 이용한 염료 감응형 태양전지에 대한 연구도 박차를 가하고 있다. 하지만 이에 대한 정확한 메커니즘이나 전자 결합 원리에 대한 연구는 구체적으로 수행되지 않았는데, 최근 미국의 Harvard University 연구팀은 TiO_2 나노와이어를 이용하여 염료감응형 태양전지를 구현하고 그 원리를 보다 체계적으로 분석한 연구를 Nano Letter에 발표하였다.

1차원 나노와이어는 중형비가 크기 때문에, 가시광선 빛의 산란과 흡수가 보다 효율적으로 이루어질 수 있으며, 빠르고 확산이 일어나지 않는 전자 이동이 전극에서 가능하다. 연구팀은 TiO_2 나노와이어와 자연 염료 사이의 결합 현상을 규명하였고, 자연 염료에 민감한

나노와이어 태양 전지에서의 전하 주입 메커니즘을 밝혔다. 연구팀은 TDDFT(time-dependent density functional theory)에 기반하여 시아닌 염료에서 TiO_2 나노와이어로 전자가 여기된 후 50 fs 이내에 주입될 수 있음을 밝히기도 했다. TiO_2 에 존재하는 산소 결합이 염료의 흡착을 향상시키는데 도움이 된다는 것도 시뮬레이션 결과 증명되었다. 연구팀은 이번 연구를 통하여 환경과 친화적이며 공정 단가도 낮은 태양 전지가 보다 높은 효율을 가지도록 개발할 수 있을 것이라고 기대하고 있다. 현재는 자연의 광합성과 유사하게 높은 밀도를 가지는 안테나 시스템을 형성하여 나노와이어에 대한 염료 분자의 결합을 더욱 높이는 것에 대한 연구를 수행하고 있다고 연구팀은 소개하고 있다

(*Nano Lett.*, September, 2008)

본 기술 뉴스는 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 글로벌동향브리핑(GTB) 및 나노위클리(Nano Weekly)에서 발췌, 정리하였습니다.

<한국화학연구원 김동욱, e-mail: dongwook@kriect.re.kr>