

## 적외선에서 자외선까지를 동시에 전기로 변환시키는 광전지

가시광선, 적외선, 자외선의 빛으로부터 전기를 발생시키는 새로운 형태의 광기전력셀(photovoltaic cell, PV cell)의 프로토타입이 일본의 연구진들에 의해 개발되었다. 이번 성과를 통해 다중접합셀을 필요로 하지 않는 고효율의 광기전력셀 개발이 가능하게 되었다.

태양전지가 여러 파장대의 빛을 탐지하기 위해서는 다양한 밴드 갭을 가진 반도체가 필요하다. 따라서, 넓은 영역의 밴드 갭을 가진 반도체를 만듦으로 여러 파장대의 빛을 이용할 수 있다. 현재까지 만들어 지거나 자연적으로 생긴 반도체는 단지 특정한 밴드 갭을 가지는 단점을 가지고 있다. 밴드 갭의 영역을 확장시키기 위한 일반적인 방법은 두 개 또는 그 이상의 반도체를 합금화시키는 것이다. 합금을 이루는 반도체의 상대적인 조성을 조절하여 두 반도체 사이에서 새로운 밴드 갭을 만드는 것이 가능하다. 그러나, 이렇게 만들기 위해서는 격자구조의 일치 등 여러 해결해야 할 어려움이 있다. 이번 연구는 기존의 일반적인 다중접합셀 방식이 아니라 단일 셀 방식을 통해 다중접합셀이 가지는 여러 파장대의 넓은 영역의 빛을 흡수할 수 있는 최초의 결과라는 것에 그 의의가 크다.

새로운 방식의 광기전력셀에 대한 연구 발표는 3월 19일 제 57차 Applied Physics 일본학회에서 90분 동안 비중 있는 강의로 진행되었다. 이번 연구는 교토공과대학교(Kyoto Institute of Technology)의 Saki Sonoda 교수와 그의 연구팀에 의해 이루어졌다. 이번 프로토타입 광기전력셀은 다소 에너지 변환효율은 낮은 편이지만 높은 개방전압(open voltage, Voc)을 가진다. Sonoda 교수는 추가적인 연구를 통해 변환율을 높일 수 있기를 바란다고 말했다. 광기전력 재료는 원자단위에서 빛을 흡수하여 전자를 방출하면서 전류를 생성시키는 방식으로 빛을 전기로 변화시킨다.

연구팀은 투명한 반도체 물질인 질화갈륨(gallium nitride, GaN)에다 망간(Mn)이나 코발트(Co) 같은 원소를 추가하여 10 mm<sup>2</sup> 크기의 PV셀을 만들었다. 원소가 추가되었을 때 한층 더 높아진 GaN의 흡수율은 적외선을 포함하여 가시광선이나 자외선 같은 훨씬 더 넓은 빛의 스펙트럼을 흡수할 수 있게 하였다. Mn이나 Co가 더해진 P형의 GaN으로 이루어진 셀은 투명하거나 검은색을 띄게 되는 반면에 첨가물을 넣지 않은 GaN은 그와 다른 양상을 보였다. Mn이나 Co는 3d 전이금속들이다. 이들은 핵에 있는 양성자의 수가 증가함에 따라 3d 궤도에 있는 전자들의 수가 증가하는 원자들이다. 잘 알려진 바와 같이 3d 전이금속은 티타늄(Ti), 철(Fe), 구리(Cu), 니켈(Ni), 아연(Zn) 등이 있다.



**그림.** 교토공과대학교(Kyoto Institute of Technology)가 만든 프로토타입 PV 셀. P형의 GaN 박막에 코발트를 추가하고 N형 재료를 접합시켰다(오른쪽). Co가 없는 P형의 GaN 박막(왼쪽) 전지의 크기는 10×10 mm이며 둘레를 이루는 사각형 패턴은 전극이다.

연구진은 GaN에 여러 개의 3d 전이금속을 추가하는 실험을 계속하였으며 Mn이나 Co 같은 전이금속에서 좋은 결과를 얻게 되었다. 추가 연구에서 GaN 광기전력셀에다 인듐(In)을 추가하려고 여러 실험을 진행하고 있으며 이를 통해 가시광선의 더 넓은 파장영역을 흡수 가능토록 밴드갭을 조절하고자 한다.

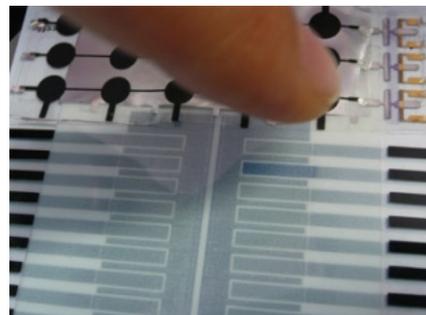
<출처 : <http://www.physorg.com/news188637189.html>>

## 만지지 않고도 손가락을 감지하는 인쇄용 센서

프라운호퍼 연구소의 연구자들은 EU 3 Plast 연구컨소시엄에 소속되어 연구하고 있는데 그 연구 주제는 플라스틱 필름에 인쇄될 수 있는 센서를 개발하여, 그것을 사물에 부착시키는 것이다. 예를 들어, 전자기기들이 손가락을 가리키는 것만으로도 제어될 수 있는 것을 말한다. 직접적으로 가해진 힘이나 가속에 반응하는 것이 아니라, 이 센서는 온도의 작은 변화나 압력의 차이에 반응하게 된다. 그래서, 가까이 다가오는 손가락을 인식하게 되는 것이다. 3 Plast는 프린트할 수 있는 초전기(焦電氣)적이고, 압전기(壓電氣)적인 대규모 센서기술을 대표하는 컨소시엄이다. 이 컨소시엄에는 기업 및 산업계, 연구기관이 속해 있으며, 이들은 플라스틱 필름에 저렴하게 프린트될 수 있고, 모든 일상적인 물건에 부착될 수 있는 압력센서와 온도센서의 대량 생산을 목표로 하고 있다. 220만 유로 규모의 이 프로젝트는 독일 뷔어쯔버거에 있는 프라운호퍼 규산연구소(Fraunhofer Institute for Silicate Research (ISC))에서 진행되고 있다. 이 프로젝트를 이끌고 있는 Gerhard Domann는 “이 센서는 스크린 프린팅에 의해 대량으로 만들어질 수 있는 초전 및 압전 폴리머로 구성되어졌다. 그리고 이 센서는 유기트랜지스터와 결합할 수 있기 때문에, 센서 신호를 강화시킬 수 있다. 그러므로, 손가락이 있는 곳에서 가장 강해지는 것이다. 우리가 개발한 센서의 특별한 점은 트랜지스터가 프린트될 수 있다는 것이다.”라고 말했다.

폴리머센서의 생산에는 여전히 많은 해결해야 할 산재들이 남아있다. 프린트할 수 있는 트랜지스터를 생산하기 위해서는, 절연체료가 매우 얇아야 한다. ISC의 전문가들은 100 nm 두께를 가진 절연체를 생산하는데 성공했으며, 첫 번째 센서는 이미 필름에 프린트되었다. 현재 연구자들은 온도나 압력의 빠른 변화를 증폭시킬 수 있는 최적화된 트랜지스터를 연구하고 있다.

Domann은 “압력과 온도센서를 사용하여 일상적인 물건에 자신의 환경에 대한 정보를 제공함으로써, 우리는 손가락으로 조절될 수 있는 새로운 기기를 만들 수 있고 시장에서 볼 수 있게 된다.”라고 말했다. 연구자들은 이 기술이 로봇분야 뿐만 아니라 자동차 및 건설 산업분야에서도 더 많이 응용되어 사용될 수 있기를 바라고 있다. “이 프로젝트는 2011년 1월에 종료되지만, 센서가 큰 표면에 프린트될 수



있기까지는 몇 년이 더 걸릴 것으로 생각된다.”

<출처 : [http://www.engineerlive.com/Electronics-Engineer/Electronics\\_Design/Printable\\_sensors\\_to\\_detect\\_fingers\\_without\\_touching/22432/](http://www.engineerlive.com/Electronics-Engineer/Electronics_Design/Printable_sensors_to_detect_fingers_without_touching/22432/)>

## 자기조립 방법으로 만들어진 2차원 폴리머 결정

버클리 연구소(Berkeley Lab)는 물속에서 자기조립하는 가장 큰 2차원 폴리머 결정인 “분자 종이(molecular paper)”를 제조했다. 이 완전히 새로운 시트 물질(sheet material)은 합성 물질의 견고함을 유지하면서 단백질과 같이 구부리거나 접을 수 있는 기능성 폴리머인 펩토이드(peptoid)로 만들어졌다. 2차원 “시트와 같은” 나노구조는 세포 막과 같은 생물학적 시스템에 일반적으로 사용되고 그들의 독특한 성질은 그래핀 같은 물질에서 영감을 얻었다. 현재 버클리 연구소의 연구진은 물속에서 자기조립하는 가장 큰 2차원 폴리머 결정을 만들었다. 이것은 기능성 장치 속에 통합될 수 있고 강한 구조를 가지면서 구조적 복잡성을 가져야 하는 막과 같은 생물학적 시스템에 사용될 수 있다. 이 자기조립 시트는 펩토이드로 만들어졌다. 각 시트는 두 개의 분자 두께로 되어 있지만 육안으로 충분히 볼 수 있는 ‘분자 종이’라고 불릴 수 있는 수백 제곱 센티미터의 면적을 가지고 있다. 또한, 기존의 폴리머와는 달리, 펩토이드 나노시트의 각 빌딩 블록은 적용 분야에 따라 이것의 성질을 정확하게 조절할 수 있는 구조로 되어 있다. 예를 들어, 이 나노시트는 분자의 흐름을 제어하는데 사용되거나 화학적 및 생물학적 검출을 위한 플랫폼으로 사용될 수 있다. 형광 현미경(fluorescence microscope)을 사용해서 액체 속에서 자유롭게 부유하는 펩토이드 나노시트를 관찰했다. 각 펩토이드 시트는 단지 두 개의 분자 두께를 가지고 있지만 수백 제곱 센티미터의 면적을 가지고 있었다.

이 연구결과는 천연 생물 고분자 물질과 중합 상대물 사이의 격차(나노과학의 기본적인 문제)를 줄일 수 있는 가교 역할을 할 것이라고 Ronald Zuckermann 박사가 말했다. 연구진은 단백질에서 비천원 폴리머까지 기본적인 시퀀스 정보를 번역할 수 있었고, 이것이 원자적으로 조절할 수 있는 구조를 가진 강한 합성 나노물질을 생성시켰다. 펩토이드 폴리머를 위한 빌딩 블록은 저렴하고 쉽게 사용할 수 있으며 다른 중합 기술에 비해서 많은 장점을 제공하면서 생성물의 수율을 높일 수 있었다. 연구진은 많은 실험을 거친 후에, 펩토이드 나노시트가 물속에서 자발적으로 결합된다는 것을 발견할 수 있었다. Zuckermann와 Christian Kisielowski는 펩토이드 물질 속의 각각의 폴리머 사슬을 관찰하기 위해서 국립 전자 현미경 센터(National Center for Electron Microscopy, NCEM)의 TEAM 0.5 현미경을

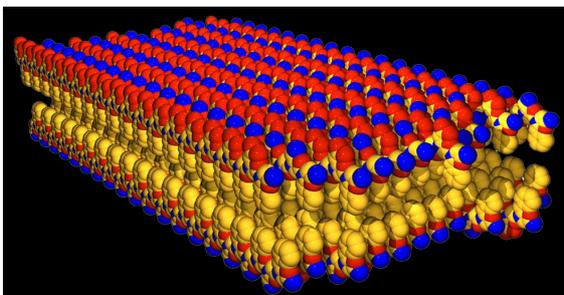


그림. 가장 큰 2차원 폴리머 결정인 “분자 종이”의 모형도.

사용했다. 이 현미경으로 시트 속의 폴리머 사슬이 정확하게 정렬되어 있다는 것을 확인했고 놀라운 정도의 안정성을 가졌다는 것을 알 수 있었다.

자연에서 영감을 얻은 자기조립 기능성 폴리머는 합성 물질 분야에서 새로운 장을 여는데 기여할 것이라고 연구진은 말했다. 또한, 전자 현미경의 소프트 물질 직접 이미지 관찰에 도움을 줄 수 있을 것이라고 연구진은 덧붙였다. 이 새로운 물질은 분자 생체 모방의 놀라운 예이고 장치 제조, 나노크기 중합, 이미지 관찰 등에서 많은 적용을 이끌 것이라고 연구진은 말했다. 이 연구결과는 저널 Nature Materials에 “Free floating ultra-thin two-dimensional crystals from sequence-specific peptoid polymers”이라는 제목으로 게재되었다.

<출처 : <http://www.physorg.com/news190319825.html>>

## 수소 저장의 전망을 밝힌 GOF(Graphene-Oxide Framework)

미국 국립 표준 기술원(NIST; National Institute of Standards and Technology) 및 펜실베이니아 대학(University of Pennsylvania)이 수행한 연구는 하나의 탄소 층에 원자들이 철망처럼 얽혀 있는 얇은 막 형태의 그래핀(graphene)이 수소를 포획하는 전도 유망한 기본 재료로 각광을 받게 될 것이라고 밝혔다. 동 연구는 그래핀 층으로 이루어진 스택(stack)이 연료 전지 및 다른 응용 분야에서 이용되는 수소를 안전하게 저장할 수 있다고 제안했다. 그래핀은 최근 몇 년 동안 전도성, 열 및 광학 특성 등으로 인하여 광범위한 센서 및 반도체 장치를 만드는 유용한 재료가 됐다. 그러나, 이 재료는 본래의 형태로는 수소를 저장하지 못한다고 NIST 산하 중성자 연구센터(Center for Neutron Research) 소속의 연구진은 밝혔다. 하지만 산화된 그래핀 시트(graphene sheet)를 다른 층 맨 위에 쌓아 만들어지는 GOF(graphene-oxide framework)는 훨씬 더 많은 양의 수소를 축적할 수 있다고 연구진은 제안했다. GOF는 한 층과 다른 층을 분자가 연결하고 있으며, 층간 사이에 공간을 유지하는 형태이다. 수소 저장(hydrogen storage)을 구현하기 위한 면밀한 조사 하에 금속-유기 프레임워크에 의한 GOF의 생성을 촉진하기 위하여 연구진은 새로운 구조적 특성을 밝혀내기 시작했다. NIST 소속의 이론가인 Taner Yildirim은 이제까지 GOFs를 만든 사람은 없었으며, 모든 지식을 동원했다고 밝혔다. GOFs는 일반적인 그래핀 산화물이 수소를 저장하는 것보다 약 100배 이상 더 많은 수소 분자를 포획할 수 있다. 또 GOF는 합성이 용이하여 제조가 쉽고, 비용이 저렴할 뿐 아니라 그래핀이 비독성 특성을 갖기 때문에, 기체 저장에 매우 전도유망한 후보 물질이 될 것이라고 Yildirim은 지적했다. GOFs 일상적인 대기압과 77 켈빈 온도(-196 °C)에서 중량당 1%의 수소를 보유하고, 이러한 수치는 치밀하게 연구된 금속-유기 프레임워크가 보유하는 1.2%에 상응하는 수준이라고 Yildirim은 밝혔다. 연구진의 의미 있는 발견의 또 다른 가능성은 GOFs가 온도와 수소 흡수(hydrogen absorption) 사이에 나타내는 비정상적인 관계이다. 대부분의 저장 물질에서 일반적으로 더 낮은 온도는 더 많은 수소를 흡수한다. 그러나, 연구진은 GOFs의 행동 양식이 아주 다르다는 사실을 발견했다. 비록 GOF가 수소를 흡수한다고 하더라도, 50 켈빈 온도 9(-223 °C)에서 상당한 양을 흡수하지는 못했다. 게다가 추가적인 연구를 통해 제안될 필요가 있는 이러한 방해 온도(blocking