

반응을 사용하여 공중합체를 만든 후에 카르보닐 리간드를 증발시켜 코발트 입자만 남도록 했다.

Tew 교수는 블록 공중합체는 자성을 보인 반면에 코발트 리간드를 가진 단량체만으로 이루어진 단일중합체는 자성을 보이지 않았다고 밝혔다. 공중합체의 두 가지 블록은 서로 섞이지 않고 떨어지려고 하지만, 공유 결합되어 있어서 분리될 수는 없으며, 이 상호작용에 의해서 코발트를 가지는 나노원통(cylinder)이 만들어진다. Tew 교수는 코발트가 이 원통내부에 갇혀있기 때문에 공중합체가 자성을 띠는 것이라고 생각한다. 반대로, 단일중합체는 나노구조가 만들어지지 않고 비결정성을 띠기 때문에 자성을 나타내지 못한다는 것이다.

투과 전자 현미경 사진에서, 코발트 원통은 검은 점처럼 보이는데, 정보 저장 매체로 사용될 수도 있을 것으로 보인다. 아주 작은 데이터 기록 헤드가 만들어 질 수 있다면 각각의 점에 데이터를 기록하는 것이다. Tew 교수는 이것이 가능하다면 1제곱 인치당 수 테라바이트의 데이터를 저장하는 것도 가능할 것이라고 한다.

이 기술의 장점 중 하나는 단량체가 제한되어 있지 않다는 것이다. Tew 교수는 나노구조만 잘 형성할 수 있다면 다른 단량체에도 같은 원리를 적용하는 것이 가능하다고 밝혔다.

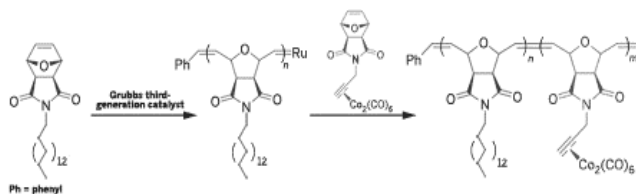


그림 6. 코발트 포함 단량체를 가지는 옥사노보르넨(oxanorbornene) 단량체들을 중합하여 만들어진 자성 블록 공중합체.

(<http://pubs.acs.org/cen/news/87/i34/8734news6.html>)

역광전도성을 보이는 나노입자 최초 개발

미국의 화학자들이 최초로 역광전도성(inverse photoconductance)을 보이는 물질을 개발했다. 이 물질은 가시광선에 노출되면 전도성이 감소하는 것이 특징이다. 이 효과는 기존과는 다른 스펙트럼 성질을 나타내는 새로운 센서의 개발에 응용되거나 플라스틱 기질에 직접적으로 프린트될 수 있다는 점에서 나노과학자들의 기대를 모으고 있다.

빛에 노출되면 전도성이 높아지는 기존의 광전도체들은 높은 저항을 가진 반도체로 만들어진다. 광자가 반도체의 표면을 때리면 최외각 전자층이나 전도대의 전자들에 에너지를 공급하게 된다. 이러한 전자들은 전도대에 뛰어올라 양극의 정공과 결합한다. 즉 반도체의 전도성을 향상시킨다. 미국 Northwestern 대학의 연구진은 최초로 이러한 결과와는 상반되는 효과를 보이는 물질을 개발했다고 발표했다. 기존의 광전도체들과는 상이하게 이 물질은 나노입자에 기반을 두고 있다. 그리고, 전도성이 표면 plasmon 공명(surface plasmon resonance)이라고 하는 현상에 의해 지배된다.

“흡수된 빛의 파장이 나노입자 크기에 의해 조절되기 때문에 우리는 유연하게 이들 물질들의 스펙트럼 성질들을 가공할 수 있었습니다. 이들 물질들은 나노입자로 만들어져 있어서 유연할 뿐만 아니라 플라스틱 기질에 프린트될 수도 있습니다.” (Grzybowski)

이들 연구진은 금 나노입자와 은 나노입자를 여러 alkane계 화합

물들과 함께 섞어서 이 물질을 개발했다. 연구진들은 이들 혼합물들을 기질에 적용한 후 잉여 용매를 날려버렸다. 이들이 전류 측정을 통해 직접적으로 관측한 이 역광전도성 효과는 나노입자수준에서 일어나는 두 기작간의 상호작용에 따라 생긴다. 중성 thiol기를 이용하여 제조한 나노입자를 사용할 때에는 입사된 가시광선이 나노입자 안에서 plasma 진동을 일으켜서 들뜬 전자에 의하여 광전도성을 증가시킨다. 그러나, 연구진이 전하를 띤 thiol기를 이용할 때는 이 전하들이 들뜬 전자들과 결합하여 전도성이 감소하였다.

영국 Cambridge 대학의 한 나노광학 전문가인 Jeremy Baumberg는 나노입자 내부의 전하이동은 보통 조절하기가 어렵다는 점에서 이번 연구가 가치있다고 견해를 밝혔다. 게다가 나노입자의 크기에 따라 조절된다는 점이 광전도 센서분야에 새로운 바람을 일으킬 것으로 내다봤다. 하지만, 이들 효과들이 분자층 주변에 갇힌 전하에 의해 생산된다는 점에서 결과적으로 이 기기가 몇 초의 시간을 요할 정도로 느리다는 점은 극복해야 할 것이라고 지적했다.

미국 Rochester 대학의 한 나노물질 전문가는 이 역광전도성은 아주 흥미로운 발견이라 호평했다. 실용적인 응용 측면에서 이 효과가 크기나 방향(sign) 측면에서 조절 가능하다는 것이다. 이러한 조절은 열을 이루고 있는 나노입자들의 단층(monolayer)을 조절함으로써 가능하다. 이 조절 가능한 특성을 저렴한 수용액 처리과정과 합친다면 또 다른 응용분야가 생길 것으로 전망하였다.

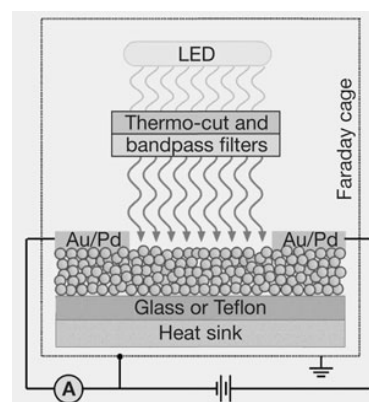


그림 7. 실험기구 모습. 나노입자층의 두께는 120~300 나노미터이다.

(<http://www.rsc.org/chemistryworld/News/2009/July/16070901.asp>)

광색성(Photochromic) 화합물과 결합된 유기젤(Organogel)

광색성 화합물과 함께 혼합된 유기젤의 형광 성질이 온도가 올라가거나, UV에 노출됨에 따라 변환될 수 있어 OR 논리 게이트(OR binary logic gate)를 형성할 수 있음이 최근에 밝혀졌다.

외부적인 신호에 대응하여 그들의 구조나 특성들을 변화시킬 수 있는 ‘똑똑한(smart)’ 젤들은 다양한 분야로의 응용을 위해 많은 연구가 진행되어 왔다. 예를 들어, 형광 스위칭(fluorescence switching)은 광학적 기억 장치들에 이용될 수 있다. 이러한 젤들은 낮은 분자 질량을 가진 유기젤(low-molecular-mass organogelators)에 자극-반응성을 지닌 분자들을 결합시킴으로써 생산될 수 있지만, 지금까지는 단일 요소들에 대해서만 반응할 수 있었다.

이러한 상황에서 서울대학교의 박수영 교수 연구팀은 열과 UV에

노출되는 두 개의 입력 정보에 반응하는 형광 스위치를 개발했다 (J. W. Chung, S.-J. Yoon, S.-J. Lim, B.-K. An, & S. Y. Park, Dual-mode switching in highly fluorescent organogels: binary logic gates with optical/thermal inputs, *Angew. Chem. Int. Ed.*, doi:10.1002/anie.200902777 (2009)). 연구진은 오직 겔 상태에서만 형광을 나타내는 것으로 알려진 낮은 분자 질량을 가진 유기겔을 광색성 화합물과 혼합시켰다. 이 화합물은 하나의 링을 가지고 있는데, UV나 자외선에 노출시켜 각각 닫혀진 구조(형광을 나타내지 않음)와 열린 구조(형광을 나타냄)를 가역적으로 변할 수 있다. 액체 상태에서 어떤 이성질체와 반응하여도 형광을 나타내지 않은 반면, 겔 상태에서는 액체 상태와는 다르게 반응한다. 즉, 닫혀진 링과 낮은 분자 질량을 가진 유기겔 사이의 에너지 전달이 형광을 유발시킨다.

이 시스템은 이러한 성질을 이용하여 열이나 UV에 노출되어 유발되는 신호(형광이 발생하는 것)를 가지는 OR 논리 게이트에 이용될 수 있을 것으로 보인다. 연구자들은 형광 이미지를 기록하고 지우기 위해 이 물질을 사용했으며 이를 이용하여 지울 수 있는 광학적 데이터 저장이 가능함을 보여주었다.



그림 8. 광색성(Photochromic) 화합물과 결합된 유기겔(Organogel).

(<http://www.nature.com/nchem/reshigh/2009/0809/full/nchem.391.html>)

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

<포항공과대학교 박태호, e-mail: taihopark@postech.ac.kr>