

| 식물성 폴리페놀을 이용한 항균코팅 기술

미국 노스웨스턴대학(Northwestern University in Evanston) 필립 메서스미스(Phillip Messersmith) 교수 연구진이 녹차나 적포도주 등에서 쉽게 얻을 수 있는 식물성 폴리페놀 화합물(polyphenols)로 항균력(antibacterial)과 항산화력(antioxidation)이 우수한 코팅을 손쉽게 만들 수 있는 기술을 개발했다. 이 기술은 박테리아, 자외선 산화성 물질의 공격으로부터 표면을 보호하는 코팅을 저렴한 비용으로 만들 수 있어 의료기기, 식품 포장기, 수처리막(water purification membranes) 등에 폭넓게 활용될 수 있을 것으로 전망된다.

폴리페놀은 동식물에서 흔히 발견되는 물질로 점착성이 강한 것이 특징이다. 홍합처럼 고착 생활을 하는 생물들이 사용하는 천연 접착제 성분에서 폴리페놀 성분을 쉽게 찾아볼 수 있으며, 식물의 형태를 지탱하고 박테리아나 자외선의 공격에서 식물을 보호하는 데도 중요한 역할을 담당하는 물

질도 바로 폴리페놀이다.

식물성 폴리페놀을 코팅기술에 이용한 것은 이번이 처음은 아니다. 기존 식물성 폴리페놀 코팅기술은 코팅 절차가 복잡하고 고가의 특수 성분을 함께 사용해야 하고, 무엇보다 큰 문제는 코팅을 적용한 표면의 색상에 부정적 영향이 나타날 수 있다는 점이다.

메서스미스 연구진의 코팅 기술은 기존 기술과 마찬가지로 원재료로 식물성 폴리페놀을 사용하지만 값비싼 특수 성분을 사용하지 않아도 된다. 코팅 과정도 매우 단순하고 무색의 투명코팅을 형성하기 때문에 코팅을 적용할 표면에 변색 걱정도 없다. 가장 큰 특징은 얇고 항균력과 항산화력이 우수할 뿐만 아니라 테플론(teflon) 같은 소수성 표면에도 적용할 수 있어 다양한 소재에 응용할 수 있다는 점이다.

메서스미스 교수는 홍합의 천연 접착제에서 영감을 얻어 새로운 코팅기술 개발에 성공했다고 한다. 처음에는 녹차, 카카오, 다크 초콜릿, 적포도주 등에서 부산물로 얻어지는 수용액을 코팅에 활용했다고 한다. 이후 연구진은 화학적 방법으로 수용액을 정제해서 얻은 피로가롤(pyrogallol)과 탄닌산(tannic acid) 성분에 초점을 맞췄다고 한다. 이 성분들은 쉽게 얻을 수 있고 가격도 저렴하며 무엇보다도 저렴한 비용으로 우수한 코팅을 만들 수 있었다.

연구진의 코팅 방법은 매우 단순하다. 탄닌산을 물에 녹여 용액으로 만든 다음, 무기염(salt)을 가하고 용액의 pH를 중성 보다 조금 높게 조절한 후 용액에 코팅할 물건을 한 시간 넣어 두었다가 꺼내서 물로 헹궈주면 된다. 코팅에서 가장 중요한 성분은 코팅용액을 제조할 때 넣어주는 무기염이다. 무기염이 코팅과정에서 정확히 어떤 역할을 하는지 아직 밝혀지지 않았지만, 코팅용액에 무기염을 넣지 않으면 코팅막이 형성되지 않는다.

<T. S. Sileika et al., *Angew. Chem. Int. Ed.*, **52**, 1 (2013), DOI: 10.1002/anie.201304922>

| 입자 크기와 나노결정 상변환 간의 상관관계

미국 연구진은 입자 크기가 나노결정 상변환 시에 어떤

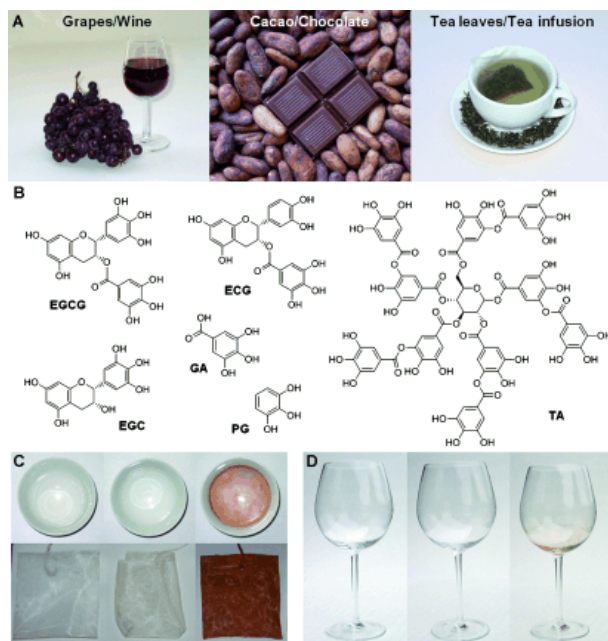


그림 1. 폴리페놀이 함유된 식품과(A) 폴리페놀의 화학구조(B). 본 연구진들이 개발한 폴리페놀을 코팅한 다양한 소재들(C, D).

영향을 끼치는지를 조사했다.

이전에 알고 있었던 것보다 입자 크기는 나노결정에서 더 중요하였다. 이것은 나노결정 상변환이 일어날 때 더 중요한 역할을 하였다. 이 새로운 연구결과는 로렌스 버클리 국립 연구소(Lawrence Berkeley National Laboratory)와 캘리포니아 대학의 버클리 캠퍼스(University of California at Berkeley)의 연구진에 의해서 수행되었다. 이 연구결과는 차세대 수소 저장 시스템, 촉매, 연료전지, 배터리 등을 디자인하는데 중요하게 적용될 수 있을 것이다.

이번 연구진은 연구실에서 개발한 독특한 광학적 탐침 덕분에 이런 결과를 얻을 수 있었다. 수소 가스와의 반응 동안에 다양한 상변환을 일어날 때, 금속 나노결정의 이미지 관찰을 직접 할 수 있었다. 이런 나노결정의 상변환은 이런 방법으로 관찰되었던 첫 번째 연구결과이다.

나노물질의 상변환은 나노결정이 큰 표면적을 가지고 입자 핵생성의 동역학과 열역학에 영향을 받기 때문에 벌크 재료에서 생성되는 것과는 다른 특성을 가진다. 이번 연구진의 광학적 탐침은 광학창(optical window)과 발열체를 가진 스테인리스 스틸의 밀폐된 셀로 구성되는데, 이것은 진공 펌프와 연결된다. 광학적 탐침이 수소 가스와 상호작용하기 때문에, 약 10 nm와 120 nm 사이에서 측정되는 팔라듐 나노결정의 발광 스펙트럼을 공초점 라만 현미경으로 측정할 수 있었다. 이 장치는 수소가 흡수될 때, 매우 작은 발광 변화를 관찰할 수 있다. 이것은 상변환의 수소화와 수소방출반응이 열역학과 동역학에 어떤 영향을 끼치는지를 측정할 수 있게 한다.

이번 연구진은 서로 다른 크기의 팔라듐 나노결정에 대한 실험적 관찰을 정량화하기 위해서 통계적인 모델을 이용했다. 이 연구결과는 나노결정 크기와 광발광 사이의 분명하고 직접적인 상관관계를 보여준다.

금속 나노결정은 빛을 방출하지만, 금속 수소화물은 그렇지 않다. 이번 연구진은 방출된 빛과 수소 가스 첨가와 온도

와 압력의 변화를 이용해서 상전이의 진전을 직접적으로 관찰할 수 있었다. 이것은 서로 다른 크기의 나노결정의 상전이를 볼 수 있게 한다. 예를 들어, 작은 나노결정은 매우 빠르게 광발광하는 반면에 더 큰 나노결정은 더 느리게 변한다. 이 연구결과는 수소 저장을 최적화하는데 이러한 나노시스템을 사용할 수 있게 한다.

이번 연구팀은 금속 나노결정 속의 상변환에 대한 도펀트의 영향을 조사할 계획을 가지고 있고, 수소뿐만 아니라 다른 가스들이 이런 구조와 어떤 상호작용을 하는지를 조사하고 있다. 이 연구결과는 저널 *Nature Materials*에 "Uncovering the intrinsic size dependence of hydriding phase transformations in nanocrystals"라는 제목으로 게재되었다.

<R. Bardhan et al., *Nat. Mater.*, Published online (2013),

DOI: 10.1038/nmat3716>

놀라운 특성을 가진 새로운 나노구조

미국 연구진은 가벼우면서 뛰어난 강도를 가진 새로운 재료를 만드는데 성공했다.

바다 수세미(sea sponge)와 같이 가벼운 골격을 가진 유기체는 동일한 재료로 구성된 인공 제품에 비해서 매우 큰 강도를 가졌다. 과학자들은 이런 차이가 생물학적 재료의 계층적 구조와 관계가 있다고 오래 전부터 예측했다. 실리콘 기반의 골격은 서로 다른 구성 요소로 만들어진다. 캘리포니아 공과대학(California Institute of Technology)의 연구진은 공동 세라믹 구조를 나노구조로 생성시키으로써 이러한 구조를 만드는데 성공했고, 작은 빌딩 블록의 85%가 공기인데도 불구하고 뛰어난 강도와 파괴에 대한 저항을 가진다는 것을 발견했다.

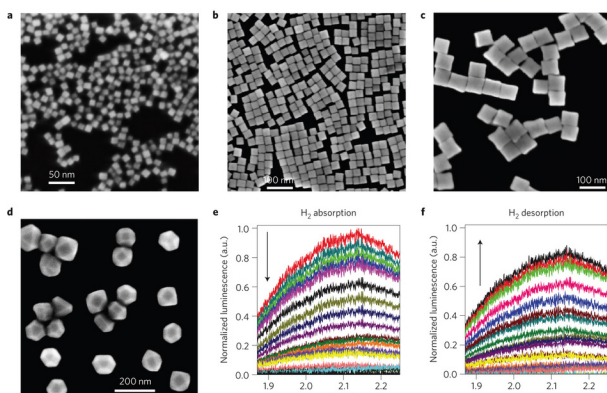


그림 2. Pd 나노큐브의 SEM 이미지와 발광 스펙트라의 변화.

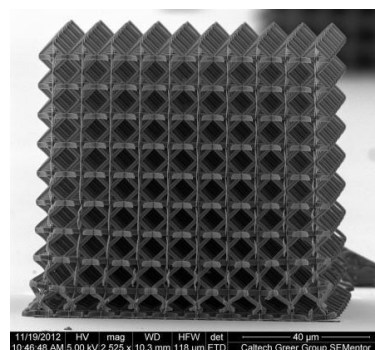


그림 3. 8면체 단위셀로 구성된 미세구조를 가진 고강도 큐브, 각 단위셀은 10 마이크로미터의 간격으로 구성되고, 단위 셀 내의 각각의 스트럿 길이(strut length)는 3 마이크로미터에서 5 마이크로미터 정도이다.

이번 연구팀은 단단한 생물학적 재료와 이전 연구를 통해서 매우 가벼운 미세조직을 제조하는데 성공했다. 연구진은 5 마이크로 이하의 길이를 가진 빌딩 블록을 디자인했는데, 이것은 사람의 육안으로는 관찰할 수 없다는 것을 의미한다. 나노미터 크기를 가진 재료를 이용해서 이런 구조를 만드는 것은 매우 단단하면서 지극히 가벼운 메타물질을 제조할 수 있게 했다.

나노미터 크기에서, 고체는 더 큰 크기의 동일한 재료와는 다른 기계적 성질을 가지는 것으로 증명되었다. 예를 들어, 이번 연구진은 몇몇 금속이 나노크기일 경우에 더 큰 크기일 때보다 약 50배 더 강하다는 것을 이전에 증명했다. 또한 몇몇 비정질 재료들은 더 높은 연성을 가진다는 것이 증명되었다. 이번 연구진은 이런 크기 효과에 대한 조사를 위해서 3차원 구조를 사용하였다.

저널 Nature Materials에 게재된 최근 연구에서, 이번 연구진은 새로운 구조가 어떻게 만들어지고 인가된 힘에 어떻게 반응하는지를 설명했다. 연구진이 새로운 방법을 이용해서 제조된 가장 큰 구조는 1 밀리미터의 큐브이다. 전체 구조의 압축 시험으로 이 재료가 높은 강도를 가질 수 있다는 것을 알 수 있었다. 이것은 배터리, 계면, 촉매, 이식 가능한 생의학 장치와 같은 소형 장치에 유용하게 적용될 수 있을 것이다.

이번 연구팀은 반복되는 8면체 단위 셀을 가진 격자 구조를 최초로 디자인했다. 이 디자인은 구조류에서 관찰되는 주기적인 격자 구조와 닮았다. 이 후에 이번 연구진은 3차원 폴리머 격자를 디자인하기 위해서 두-광자 석판인쇄(two-photon lithography)라고 불리는 기술을 이용했다. 연구진은 세라믹 물질인 티타늄 질화물(TiN)로 이런 폴리머 격자를 균일하게 코팅했고, 그 후에 세라믹 나노격자만을 남긴 채 폴리머 코어를 제거했다. 이 격자는 75 나노미터보다 더 얇은 벽을 가진 공동 스트럿으로 구성되었다.

이번 연구진은 금속, 세라믹, 반도체 등과 같은 모든 종류의 재료가 이런 프로세스를 이용해서 반복적인 구조를 만들 수 있을 것이라고 믿고 있다. 이 연구결과는 저널 Nature Materials에 "Fabrication and deformation of three-dimensional hollow ceramic nanostructures"라는 제목으로 게재되었다.

<D. Jang et al., Nat. Mater., Published online, (2013), DOI: 10.1038/nmat3738>

열팽창계수 조절이 가능한 물질

영국 더럼대학(University of Durham) 존 에반스(John

Evans) 교수 연구진이 핵심 성분의 비율을 조절하면 물질의 열팽창 거동이 자유자재로 변화하는 세라믹 소재를 발견해 다양한 분야에 응용될 전망이다.

물질에 열을 가하면 온도가 상승하면서 부피가 변한다. 물질은 온도가 상승하면 부피가 늘어난다. 이는 온도 상승으로 물질을 구성하는 분자의 운동 에너지가 증가하면서 분자 간 거리가 넓어지기 때문에 열에 의해 나타나는 물질의 이러한 거동을 '열팽창(thermal expansion)'이라고 한다. 온도가 상승하면 물질의 부피가 증가(positive expansion)하는 것이 일반적이다. 온도가 상승해도 부피의 변화가 전혀 없거나(zero expansion) 오히려 줄어들어 수축이 일어나는 물질(negative expansion)도 드물지만 있다. 온도 변화에 따른 부피변화 정도를 수치로 표현한 것을 '열팽창 계수(coefficient of thermal expansion)'라고 하는데, 팽창하는 물질은 양의 값을 나타내고, 수축하는 물질은 음의 값을 나타내며, 변화가 없는 물질은 값이 '영(zero)'이다.

특히 넓은 온도 범위에 걸쳐서 열팽창이 전혀 없는 물질은 고정밀 공학분야 핵심 소재로 가치가 매우 높지만 만들기 매우 어렵다. 지금까지 과학자들은 열을 가하면 수축이 일어나는 소재와 팽창하는 소재를 조합(two phase)하는 방식으로 열팽창이 전혀 없는 소재를 만들었다. 하지만 열에 대한 물질의 반응(열거동; thermal behavior)이 서로 다른 물질을 조합했기 때문에 두 물질의 경계면에 열스트레스(thermal stresses)가 집중되어 내구성 문제가 나타났다.

에반스 교수 연구진이 개발한 신소재는 열에 대한 물질의 반응이 서로 다른 물질을 조합한 물질이 아니라 단일 물질(single-phase material)이다. 신소재는 핵심 성분의 비율을 변화시켜 열팽창 반응을 마음대로 조절할 수 있는 것이 특징이다. 에반스 연구진은 세라믹 산화물의 일종인 $ZrMo_2O_8$ 을 연구하는 과정에서 동일한 결정구조를 가지고 있지만 정반대 열거동을 나타내는 신소재 $SnMo_2O_8$ 을 우연히 발견했다. 지르코늄(Zr) 위치에 아연 원자가 위치하고 있다는 것을 제외하면 $ZrMo_2O_8$ 과 $SnMo_2O_8$ 의 결정구조는 동일하다. $ZrMo_2O_8$ 에 열을 가하면 수축하는데, $SnMo_2O_8$ 은 팽창한다.

연구진은 이 발견을 기초로 $ZrMo_2O_8$ 을 구성하는 지르코늄 원자를 일부분만 아연 원자로 대체하면 온도가 변해도 열팽창이 나타나지 않는 물질을 만들 수 있을 것으로 생각했다. 하지만 그런 물질은 단순히 두 물질을 혼합해서 열을 가하는 기존 방식으로는 만들기 어려웠다. 그래서 연구진은 두 물질이 결합된 하이브리드 물질($Zr_{1-x}Sn_xMo_2O_8$ ($0 < x < 1$))이 만들어지는 조건을 최적화하기 위해 엑스선회절장치(X-ray diffractometer)로 화학반응 과정에서 발생하는 결정구조의 변화를 추적했다.

이러한 과정을 통해 연구진은 지르코늄과 아연의 비율을

세밀하게 조절함과 동시에 안정한 결정구조를 만들 수 있는 합성법을 확립했다. 신소재($Zr_{1-x}Sn_x Mo_2O_8$)의 열팽창 계수는 지르코늄 함량에 따라 변화하는 양상이 나타났다. 지르코늄의 비율이 증가하면 열을 가했을 때 팽창하는 아연의 성질을 상쇄시켜서 점차 열팽창계수 값이 감소했다. 즉, 이는 지르코늄 비율 조절을 통해 소재의 열팽창계수를 조절할 수 있다는 것을 의미하는 것으로 이를 이용하면 고정밀 광학거울이나 마이크로칩처럼 고도의 정밀성이 요구되는 장치 설계에 의미 있는 파급효과가 기대된다.

<S. E. Tallentire *et al.*, *J. Am. Chem. Soc.*, **135**, 34, 12849 (2013), DOI: 10.1021/ja4060564>

나비에서 영감을 얻은 새로운 나노구조

호주와 독일 연구진은 나비의 날개에서 영감을 얻어 새로운 나노구조를 만드는데 성공했다. 나비 날개의 미세적인 구조를 모방함으로써, 이번 연구팀은 머리카락 폭보다 더 작은 장치를 개발했는데, 이것은 광학 통신을 더 빠르고 더 안전하게 할 수 있게 할 것이다.

호주 스윈번 공과대학(Swinburne University of Technology)과 독일 에를랑겐 뉘른베르 대학(Friedrich-Alexander Universität Erlangen-Nürnberg)의 연구진은 왼쪽 및 오른쪽 방향으로 원형 편광된 빛을 분리할 수 있는 포토닉 결정을 제조했다.

이 결정의 디자인은 Green Hairstreak라고 알려진 *Callophrys Rubi* 나비에 의해서 영감을 얻었다. 이 나비는 선명한 녹색 날개에서 3차원 나노구조를 가졌다. 다른 곤충들도 색상을 가진 나노구조를 가지지만, *Callophrys Rubi* 나비는 이런 곤충과는 다른 중요한 차이점을 가진다. 이 나비 날개는 독특한 광학적 재료로 구성된 나노크기 코일 스프링(coiled spring) 어레이를 가진다. 이번 연구진은 이 개념을 포토닉 결정 장치를 개발하는데 사용했다.

3차원 레이저 나노-기술을 사용함으로써, 이번 연구진은 새로운 포토닉 결정을 제조했는데, 이것은 자연적으로 생성되는 결정에서는 존재하지 않는 성질을 가진다. 이 포토닉 결정은 원형 편광 특성을 가진다. 이 소형 장치는 750,000개의 매우 작은 폴리머 나노막대로 구성되어 있다.

포토닉 결정은 1828년에 William Nicol에 의해서 발명된 장치와 유사한 소형 폴라리스 빔 분할기(polarising beamsplitter)로서 작동한다. 통신, 현미경, 멀티미디어 등과 같은 현대 기술에서 사용된 폴라리스 빔 분할기는 자연적으로 발생하는 결정으로 만들어지는데, 이것은 원형 편광이 아니라 선형 편광으로 작동한다.

연구진은 나노크기 포토닉 결정의 키랄성 빔 분할기를 최초로 만들었다. 이것은 광학 통신, 이미징, 계산 및 감지에서 중요한 역할을 하는 포토닉 회로를 개발하는데 매우 유용한 구성요소가 될 수 있을 것이다. 이 기술은 나노-포토닉 장치의 빛을 조종할 수 있는 새로운 가능성을 제공하고, 초고속 광학 네트워크를 위한 대역폭 병목을 극복할 수 있는 광학적 칩을 개발하는데 큰 역할을 할 수 있을 것이다.

이번 연구진은 새로운 포토닉 기술을 상용화하기 위해서 노력하고 있다. 이 프로젝트는 CUDOS(centre for excellence for ultrahigh-bandwidth devices for optical systems)의 일부이고, centres of excellence program 하의 호주 연구 협의회(australian research council)에서 자금이 지원되었다. 이 연구결과는 저널 *Nature Photonics*에 "Miniature chiral beamsplitter based on gyroid photonic crystals"라는 제목으로 게재되었다.

<M. D. Turner *et al.*, *Nat. Photonics*, published online (2013), DOI: 10.1038/nphoton.2013.233>

온전히 탄소로만 이루어진 플렉시블 전자회로

최근 플렉시블 전자회로(flexible electronics) 분야에 많은 연구가 진행되어 왔지만, 지금까지 대부분 탄소로 만들어진 이런 기기는 여전히 금속 전극 및 산화물 절연체를 사용하고 있다. 이런 단단한 물질이 사용됨으로써 기기의 유연성에 제약을 가하여 왔다. 일부 고분자 및 이온성 액체(ionic liquid)가 플렉시블 대체물질로 소개되어 왔지만, 고압의 작동전압 및 낮은 작동속도 등의 관점에서 낮은 성능이 문제가 되어왔다.

본 연구에서, 연구팀은 처음으로 온전히 탄소 물질로 이루어진 플렉시블 집적회로를 개발하는데 성공하였다. 플라스틱 제품을 만드는데 사용되는 몰딩 기술과 동일한 방법을

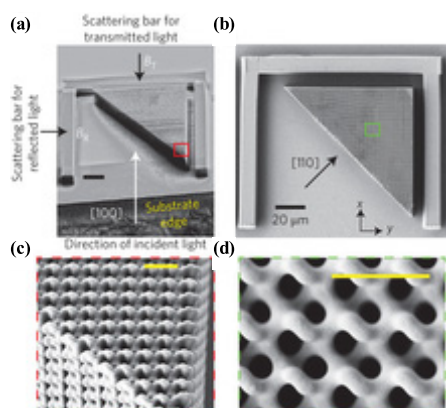


그림 4. 64,000 개의 셀로 구성된 CBS의 SEM 이미지.

사용하여 다양한 형태로 만들어낼 수도 있다. 이로써 의학 기기에서 가정용 플라스틱 제품에 이르기까지, 각종 플라스틱 제품에 손쉽게 결합시킬 수 있는 전자회로를 만들 수 있다.

단지 내부의 전자기기 보호를 위해 사용되는 스마트폰 및 태블릿 PC의 플라스틱 케이스는 디스플레이, 터치 센서 등과 같은 전자 기능을 갖게 되어, 스마트폰에 더 많은 기능과 편리함을 제공하게 될 것이라고 일본 나고야 대학(Nagoya University)의 Yutaka Ohno와 핀란드 알토대학(Yutaka Ohno)은 밝혔다. 디스플레이와 센서를 플라스틱 디바이스에 결합시킴으로써, 3D 쌍방향 정보통신(interactive information communication) 기기를 개발하여 의료용으로도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

나고야 대학의 Ohno 및 Dong-Ming Sun 등은 주형 가능한 탄소 집적회로(moldable all-carbon integrated circuits)에 대한 연구를 *Nature Communications*지에 게재하였다.

연구팀 설계의 핵심은, 탄소로만 이루어진 기기가 탄소 나노튜브와 고분자로 이루어져 있다는 것이며, 견고한 금속과 산화물 절연체로 만들어진 기기에 비해 더 뛰어난 유연성과 신장능력(stretchability)을 보여줌으로써 훨씬 더 유연하고 탄성특성을 갖는 기기를 만들 수 있다는 점이다. 본 연구 결과에 따르면, 플라스틱 제품에 전자기기를 융합시킴으로써 설계성과 기능성을 갖춘 플라스틱 전자기기의 탄성을 선도할 것으로 보인다.

이 새로운 회로는 서로 다른 종류의 탄소 물질로 구성되어 있으며, 탄소 나노튜브로 구성된 능동채널(active channels)과 수동소자(passive elements)를 갖추고 있다. 또한 각각 poly(methyl methacrylate)(PMMA) 및 polyethylene naphthalate(PEN)로 구성된 절연층(dielectric layers)과 기질로 이루어져 있다.

이전에 플렉시블 유전체(dielectrics) 물질로 시도되던 고분자 및 이온성 액체와는 달리, 연구팀이 사용한 PMMA는 저압 및 고속에서 구동되는 집적회로 및 트랜지스터를 가능하게 한다. 낮은 구동전압은 네트워크 같은 탄소 나노튜브 박막(thin film)을 채널로 사용함으로써 가능해지는데, 기존

에 사용하던 두꺼운 고분자 채널과 비교해 볼 때 채널과 게이트 전극 사이의 커플링을 향상시키는 역할을 한다.

이전에 연구팀은 길고 순수한 탄소 나노튜브 필름을 플라스틱 표면에 형성하는 기술을 개발함으로써, $600 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ 보다 큰 이동도를 갖는 박막 트랜지스터(thin-film transistor)를 개발한 바 있다. 본 연구에서 연구팀은 필름 형성 기술을 최적화할 수 있는 추가적인 진전을 이루어 냄으로써, $1,027 \text{ cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ 의 이동도를 달성하였다. 이 정도의 이동도는 단결정 실리콘을 사용하는 MOSFET의 경우보다 높은 값이며, 플라스틱 기질 상에 제조된 박막 트랜지스터에서 기대를 뛰어넘는 결과라고 연구팀은 밝히고 있다.

이와 같이 탄소로만 제작된 전자소재(all-carbon device)는 탄소 나노튜브 및 고분자로 구성되어 있으며, 금속이나 산화물 절연체를 사용하는 경우보다 뛰어난 유연성과 신장능력을 제공해 주고 있다. 아마도 탄소로만 제작된 회로의 가장 유용한 특징은 주형성(moldability)으로 평면 기질을 가열하고 바람을 이용해 돔 형태의 구조를 만들 수도 있다. 3D 돔은 이런 몰딩 과정 동안 균열 없이 신장된다. 전자기기의 능동소자 및 수동소자의 극적인 신장능력은, 오늘날 플라스틱 제품을 제조할 때 사용되는 몰딩 기술과 동일한 기술을 이용할 수 있음을 의미한다.

이런 종류의 전자기기의 크기를 키우기 위해, 탄소 나노튜브를 균일한 길이와 지름으로 성장시킴으로써 전류의 변동성을 최소화하는 것이 중요하다고 연구팀은 강조한다. 금속성 나노튜브를 제거하는 것은 추가적인 성능의 향상을 가져온다. 연구팀은 연구에 사용한 석판기술(lithographic method) 이외의 제조법을 사용하고자 하고 있다. 현재의 석판기술보다 고속 인쇄기술에 의한 저온 및 대기압에서의 배선 및 탄소 나노튜브 채널을 형성하는 것이 바람직하다고 저자는 밝혔다.

<D.-M. Sun et al., *Nat. Commun.*, published online (2013),

DOI: 10.1038/ncomms3302>

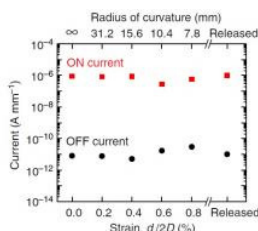
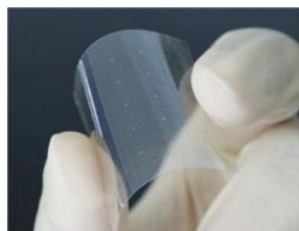


그림 5. (좌) 탄소로만 구성된 전자기기가 플렉시블 고분자 기질 상에 만들어졌다. (우) 서로 다른 굽힘 정도에서 탄소로만 구성된 트랜지스터의 On/OFF 전류.

본 기술뉴스는 KISTI 미리안의
글로벌동향브리핑(<http://mirian.kisti.re.kr>)에서 발췌,
정리하였습니다.
(정현민, e-mail: hmjung@kumoh.ac.kr)