

필립스의 두루마리형 디스플레이 'READIUS'

필립스 계열사인 Polymer Vision NV이 2005년 9월 2일부터 7일까지 독일 베를린에서 열린 Internationale Funkausstellung consumer electronics show에서 저온가공기술을 이용하여 폴리머 기판에 유기/폴리머 박막 트랜지스터(organic/polymer thin film transistors)를 제작하여 두루마리형 디스플레이(rollable display), "READIUS"를 선보였다. Readius는 프로토타입의 제품으로 지난 3월에 발표했던 PV-QML5 디스플레이를 기반으로 하고 있다. PV-QML5는 100-micron의 두께를 가진 5인치 디스플레이로 QVGA(320×240 pixels)급 해상도를 가지고 있다. 4가지 단계의 회색으로 구성된 모노크롬 디스플레이로 명암비는 10:1이다. 사용자가 읽기를 끝마치면 이 디스플레이는 안으로 말려 들어가며, 이 때 사이즈는 100×60×20 mm가 된다. 문자, 그래프, 전자맵 등 읽기 중심의 기기에 적합하고, 전력소비가 낮으면서도 낮에도 밝은 화면을 제공한다. 필립스 관계자는 "LCD 만큼 크게 만들 수 있으며, 2~3년내에 풀 컬러를 제공할 것"이라고 말했다.

(Physorg News, September, 2005)

실리카 나노입자를 이용한
김서림 방지용 코팅제의 개발

매사추세츠공대(MIT) 대학의 루브너 연구팀은 실리카 나노입자를 이용하여 표면에서 빛을 0.2%만 반사하는 나노입자 코팅 기술을 개발했다. 이 코팅은 2~3% 반사하는 기존의 반사방지 코팅보다 더 효과적이며 표면의 작은 물방울을 흡수해 김 서림을 막는다. 유리에 polyallylamine hydrochloride과 실리카 나노입자를 교대로 딥(dip)코팅(layer-by-layer)하여 다층구조(10~20회)의 박막을 제조하고 400~500도에서 열처리함으로써 고분자를 제거하고 견고한 실리카 나노입자 코팅 층을 형성한다. 이들은 그물 구조를 형성하는데 그 사이의 작은 틈으로 물이 스핀지처럼 흡수된다. 그 결과 물방울 대신 얇은 물의 층이 만들어지는데, 이렇게 되면 빛을 산란하거나 김이 서린 것처럼 유리 표면을 흐리게 하지 않는다. 연구팀은 물에 잘 젖지 않는 성질의 코팅 기술도 개발했다.

이 물질은 연꽃잎 표면을 모방한 왁스 같은 폴리머 층을 추가로 덮은 것이다. 연꽃잎은 물에 잘 젖지 않기 때문에 물방울이 굴러 떨어지며 꽃잎에 묻은 진흙까지 씻어간다. 연구팀은 이 두 가지 기술의 혼합도 가능할 것이라고 밝혔다. 연구팀은 앞으로 이 기술을 안경, 고글, 욕실 거울 등에 적용할 수 있다고 밝혔다.

(Nanotech. news, September 1, 2005)

폭발물을 감지할 수 있는 고분자의 발견

MIT 화학과의 스웨거 연구팀은 공액성 폴리페닐렌(polyphenylene)이 DMNB(2,3-dimethyl-2,3-dinitrobutane)를 검출할 수 있는 핵심 물질이 될 것이라고 말했다. DMNB는 상업적으로 제조되는 플라스틱 폭발물에 꼬리표 첨가물(taggant additive)로 사용되는데 폭발물에서 나오는 DMNB 신호는 매우 낮은 증기압을 갖기 때문에 현재의 기술로는 충분한 감도를 가지고 검출하지 못한다. 폭발물 센서를 개발하고 있는 스웨그 연구팀은 TNT를 감지하기 위해서 개발된 공액성 고분자는 노마딕스(Nomadics)에 의해서 상업화되었다. TNT에는 폴리페닐렌 에티닐렌(poly(phenylene ethynylene))이 사용되지만 DMNB의 경우는 그렇지 않다. DMNB와 TNT는 상당히 다른데, 가장 큰 차이는 TNT가 폴리페닐렌 에티닐렌으로 부터 여기 상태의 전자를 쉽게 받는다. 이러한 전이 현상에 의해 고분자 자체의 형광이 나타나면서 TNT를 검출하는 것이라고 연구팀은 설명하였다. 반면 DMNB는 고분자로부터 여기 전자를 받아들이지 못한다. 왜냐하면 DMNB의 에너지 준위가 매우 높아서 고분자의 여기 전자가 전이하기 어렵기 때문이다. 대학원생인 토마스는 폴리페닐렌으로 고분자를 바꾸었으며 방향족 고리를 서로 꼬아놓았다. 이 고분자의 여기 전자는 에너지 준위가 TNT에 비해 매우 높아서 DMNB로의 전이가 가능하다. 폴리페닐렌은 유기 광발광 다이오드로 잘 알려진 물질이지만 폭발물의 센서로는 폭넓게 연구되어오지 않았다. DMNB가 형광을 발하는 몇 개의 폴리페닐렌으로부터 전자를 받아들일 수 있지만 폴리페닐렌 에티닐렌에서는 그렇지 않다는 것이 용액상태의 실험에서 입증되었다. 연구팀은 용액상태의 실험에서 꼬여진 주쇄가 DMNB를 검출하는데 좋다는 것을 밝혔다. 그러나 고체상태에서는 어떻게 될지 모른다. 토마스는 TNT 감지를 위해

노메딕스의 디바이스를 사용했고 거기서 폴리페닐렌 에티닐렌 대신 폴리페닐렌 필름을 설치했다. “우리는 공액성 고분자를 다양한 응용성 있는 물질로 만드는 방법을 알게 되었다. 또한 앞으로 더 중요하고 감지하기 어려운 물질에 적용하기를 바라고 있다”라고 토마스는 말한다.

(C&EN, August 29, 2005)

플라스틱의 탄성을 유발하는 작은 고무공

폴리프로필렌, 나일론, 폴리카보네이트, 에폭시 레진 같은 플라스틱은 쉽게 부스러지거나 균열된다. 이러한 물성을 보완하기 위하여 일반적으로 고무 화합물을 플라스틱에 혼합하지만 이와 같은 방법은 두 성분의 혼합 및 플라스틱과 고무의 접착 조절에 어려움이 있다. 펜실베이니아 주립대학교(Pennsylvania State University)의 Chung과 박사 후 연구원인 Kandil은 플라스틱 매트릭스에 고무 입자를 끼워 넣기 위해 새로운 방법을 개발하였다. 연구진은 자외선에 견딜 수 있는 매우 저렴하고 안전한 고무인 폴리올레핀 에틸렌 (polyolefin ethylene) 계열의 탄성체를 사용하였다. 이 고무는 자동차 타이어의 측벽재료로서 사용되는데 연구진은 단순히 폴리올레핀 미소 입자의 생산보다는 털처럼 관능성기들이 표면에 달려 있는 공모양의 코어-셀 입자구조의 탄성체를 제조하였다. 이들 표면 관능성기는 플라스틱과 결합하여 고무의 접착력을 증가시킬 수 있다. 다른 플라스틱에 혼합된 고무 입자들은 충격 에너지를 흡수할 수도 있다. 충격이 가해졌을 때 플라스틱의 부서짐 없이 고무입자가 충격 에너지를 흡수하여 변형된다. 세라믹 같은 물질에 고무 입자가 도입된다면 탄성 세라믹의 제조가 가능할 것으로 연구진은 기대하고 있다. 즉, 고무 입자의 외부에 달려있는 관능기는 어떠한 플라스틱 혹은 세라믹과의 결합도 가능케 하며 단순 고무입자의 혼합에서 발생하는 접착력의 문제들을 해결할 수 있다. 코어-셀 입자의 크기는 30 nm에서 10 mm로 다양하게 제조할 수 있다. 고무입자의 관능성기들을 부분 가교 결합하는 원-팟(one-pot) 공정으로 다양한 크기의 작은 고무공을 제조할 수 있다.

(Eurekalert, August, 29, 2005)

고온작동 고분자 연료전지의 개발

연료전지에서 열은 항상 문젯거리이다. 자동차 혹은

전자제품처럼 너무 많이 발생하거나(세라믹 연료전지) 너무 작아(고분자 연료전지) 효율적이지 못하다. 고분자 전해질 막 연료전지(polymer electrolyte membrane, PEM)가 휴대용 사용에 있어 가장 촉망받지만 낮은 작동 온도 및 이에 따른 낮은 효율은 촉망 받는 기술에서 실제 기술로의 도약을 저해하고 있다. 그러나 조지아 텍(Georgia Institute of Technology)의 Liu 연구팀은 PEM 연료전지를 수분 없이 보다 높은 온도에서 작동시킬 수 있는 화학약품을 보고하였다(JACS, 127, 10824(2005)). 이는 고분자 연료전지가 기존의 것보다 훨씬 저렴할 수 있다는 것을 의미하여 자동차 및 소형 전자제품에 실제 사용될 가능성을 배가시켰다. 연구팀은 트리아아졸(triazole)이라 불리는 화학 약품이 고분자막에서 습기 의존도 감소 혹은 전도성 증가에 의한 방법보다 효과적이라는 것을 발견하였다. “트리아아졸은 고분자 연료전지의 자동차, 휴대 전화 및 노트북 같은 사용에 직면한 많은 문제를 감소시킬 것”이라고 Liu는 말했다. 연료전지는 수소와 산소를 물로 변환시킴으로써 전기를 생산한다. 이를 수행하기 위해 연료전지는 수소 이온은 전도하지만 전자는 막은 수소이온 교환 막을 필요로 한다. 막은 우수한 연료전지 제작에 있어 주요 인자이다. 현재 연료전지에서 사용되는 PEM은 범용적 사용에 제한을 두는 몇 가지 문제를 안고 있다. 첫째, 작동온도가 너무 낮아 수소연료에 있는 미량의 일산화탄소가 연료전지의 백금 촉매를 피독시킨다. 이러한 오염을 줄이기 위해 수소 연료는 값비싼 정제 과정을 거쳐야 한다. 트리아아졸을 갖는 막에 의한 보다 높은 온도에선 연료전지는 일산화탄소의 보다 높은 수치를 견디어낼 수 있다. 트리아아졸의 사용은 연료전지의 가장 고질적인 문제 중 하나인 열을 해결할 수 있다. 현재 시장에 나와 있는 세라믹 연료전지는 너무 높은 온도(섭씨 800도)에서 작동하여 소형 전자제품에 사용되기에는 적절하지 못하다. 기존의 PEM 연료전지가 보다 낮은 온도에서 작동되는 반면에 세라믹 연료전지보다는 효율적이지 못하다. 고분자 연료전지 막은 수소이온을 전도하는데 필요한 습도를 유지하도록 냉각된 상태를 유지해야 한다. 이를 위해 고분자 연료전지는 섭씨 100도 이하의 온도에서 강제적으로 구동된다. 따라서 열이 제거되어야 하고, PEM의 수화 상태는 유지되어야 한다. 이는 연료전지 시스템을 복잡하게 하여 전체적인 효율성을 감소시킨다. 그러나 트리아아졸 PEM을 사용함으로써 Liu 연구진은 PEM 연료전지의 작동온도를 섭씨 120도로 증가시

켜 수분 유지 시스템을 제거할 수 있었다. 이는 냉각 시스템의 간소화를 의미한다. 트라이아졸로 물을 대체하여 온도를 끌어올릴 수 있었다고 Liu는 말했다. 트라이아졸은 안정한 화합물이어서 연료전지의 작동 조건에서도 적절하다. 트라이아졸로 고분자 연료전지의 작동온도를 섭씨 120도로 끌어올렸지만 Liu 연구진은 보다 높은 작동 온도를 위해 보다 우수한 고분자를 찾기 위해 연구 중이다.

(*Innovations-report*, August 24, 2005)

하이드로젤을 이용한 2단계 약물방출시스템

약물방출에 있어서 주된 문제 중의 하나는 약물의 독성과 약효의 적절한 조절에 있다. 표적지향성을 높이면 비 표적에 대한 독성을 줄이면서 약효를 높일 수 있다. 네덜란드 바이오메이드과학재단의 Bommel 연구팀은 모델 약물이 공유 결합된 저분자량의 cyclohexane triamide 젤레이터 화합물을 이용하여 약물의 표적 지향성을 높인 시스템을 발표하였다(*Org. Biomol. Chem.*, **3**, 2917 (2005)). 온도를 높이거나 pH를 낮춤으로서 젤 파이버로부터 저분자량의 젤레이터 분자들이 나와 용액 속으로 들어간다. 용액 속에서 효소에 의해 사슬절단으로 약물이 방출된다. 기존의 고분자 젤레이트 시스템에 비해 이 시스템의 다양한 장점을 가지고 있다. 고분자 젤레이트 시스템에서는 볼 수 없는 젤의 빠른 응답속도(수초이내)와 더불어 젤레이터와 약물의 결합을 효소로서 절단함으로써 인체 내의 특정 부위에만 존재하는 효소를 이용하여 특정 부위에 선택적으로 약물을 방출할 수 있는 약물 방출 시스템의 설계에 유용하게 이용될 수 있는 잠재성을 갖고 있다.

(*C&EN*, August 22, 2005)

얇고 투명한 나노튜브 시트의 제조

카본 나노튜브 시트는 일반적으로 고대의 종이 제과와 유사한 방법으로 제조할 수 있다. 즉 물에 분산된 나노튜브를 장시간 펄핑한 후 건조하여 등방성의 시트를 제조할 수 있으며 기계적 러빙이나 고자장 하에서 부분적으로 배향을 시킬 수 있다. 최근, University of Texas at Dallas의 Baughman연구팀은 수직으로 배열된 나노튜브 어레이(forest)를 이용하여 강하고 박막의 투명한 카본 나노튜브 시트의 고상 제조 공정을 발표하였다(*Science*, **309**, 1215 (2005)). 끈적한 나노튜브 forest의 끝을 집착 테이프를 잡아 당김으로서 분당 7미터 이상의 속도로 폭 5 cm의 투명

한 카본나노튜브 시트를 제조하였다. 시트는 다공성 에어로겔이며 압축에 의해 동일중량의 고장력 강판보다 강한 특성을 나타낸다. 또한 나노튜브 시트를 플라스틱이나 실리콘고무 시트에 부착함으로써 투명하고 유연한 전기회로를 제작할 수 있다고 연구팀은 밝혔다. 투명전극으로 널리 사용되는 ITO와는 달리 전도성의 상실없이 변형 가능하여 유연성을 가지는 전기회로의 제작 등에도 응용 가능하다고 밝혔다. 아울러, 나노튜브 시트의 마이크로웨이브흡수 특성을 이용하여 차량 및 항공기에 사용되는 플렉시 유리사이에 삽입하여 접합 함으로서 창문에 투명 열선재료 및 안테나로도 응용 가능하다고 밝혔다.

(*C&EN*, August 22, 2005)

온도센서로서의 수용성 전도성 고분자의 합성

루지아나 주립 대학교(Louisiana State University)의 연구진은 전기전도성 폴리티오펜(polythiophene) 주쇄에 수용성이며 온도감응성의 폴리아크릴아마이드(poly(*N*-isopropylacrylamide), NIPAAm)를 결합시켜 한 브러쉬형 고분자 재료를 합성하였다(*Angew. Chem. Int. Ed.*, **44**, 4872 (2005)). ATRP(atom transfer radical polymerization)법을 이용하여 폴리티오펜의 세 지점에 NIPAAm을 성장시켜 poly(thiophene-*g*-NIPAAm)을 합성하였다. ATRP 조건하에서 각각의 폴리티오펜 분자의 반복단위에 폴리아크릴아마이드 사슬을 성장시킴으로써, 폴리아크릴아마이드 사슬이 결합지로 촘촘하게 붙은 폴리티오펜이 합성할 수 있었다. “이 고분자는 물에 매우 잘 녹기 때문에 스포레이드와 물을 매체로 하는 각종 센서를 포함한 청정 화학제품을 이룰 수 있을 것으로 기대한다.”라고 연구팀은 말한다. 또한 가역적인 색상변화를 보이며 임계온도(30~32 °C) 이상에서는 물에 불용성이 되며 색상변화는 폴리티오펜 주쇄의 공액분자의 길이와 관련된다. 임계온도 이하에서는 폴리아크릴아마이드 결합 사슬은 완전히 코일형태로 수화되어 팽창되며 임계온도 이상에서는 폴리티오펜의 공액결합 길이를 짧게 하여 구형의 형태로 오그라든다. 이 물질은 바이오센서, 액추에이터 등에 응용될 수 있다고 밝혔다. “이 연구는 전기 전도성을 가지는 폴리티오펜이 NIPAAm과 결합하면서 어떻게 효과적인 열 감응 센서가 될 수 있는지 잘 설명해주고 있다.”라고 카네기 멜론 대학의 교수인 크리스토프 메티자스체프스키는 말한다.

(*C&EN*, August 1, 2005)

<부경대학교 이원기>