

으로 발견되었다. 그러나 DNA의 경우에 전위는 음으로 대전된 DNA 백본과 음의 전위를 가진 전극 간의 상호작용을 전달하기 위해서 전극 표면 위에 대전된 이온의 빌드-업(build-up)이 가능하도록 더 낮아져야 했다.

접착제는 물리적 또는 화학적 상호작용의 크기에 의해서 고체 물질에 부착된다. 이 연구에서 연구진은 쿨롱 힘(Coulomb force)과 표면의 산화/환원 등이 포함된 수많은 인자들을 기반으로 하여 인가 전위에 따른 표면과 폴리머의 상호작용을 조절할 수 있는 방법을 설명했다. 이런 상호작용은 표면의 인가 전위에 의해서 조절될 수 있기 때문에, 전극 표면에 폴리머의 부착을 외부적으로 조절하는 것이 가능했다.

<Nano Lett., **11**, 1993 (2011), DOI: 10.1021/nl200353h>

블록 공중합체의 새로운 자기 조립 방법

이탈리아 Laboratorio MDM의 연구진은 새로운 종류의 나노전자 장치와 광전자장치의 빌딩 블록으로 사용될 수 있는 블록 공중합체(block copolymer)의 자기 조립 방법을 개발했다. 이번 연구에 사용된 PS-*b*-PMMA (polystyrene-*b*-poly (methyl methacrylate)) 공중합체는 유리전이온도(glass transition temperature) 이상으로 가열되면 폴리스티렌의 기질 속에 삽입된 육각 조밀 PMMA가 잘 정렬된 어레이로 자기 조립되었다. 적절한 처리 조건 하에서, 어레이는 기질과 직각 방향으로 형성되었고 PMMA 실린더의 선택적 제거로 잘 정의된 기공 크기를 가진 나노다공성 폴리스티렌 기질을 얻을 수 있었다(그림 7).

자기 조립된 단일층을 가진 랜덤 공중합체(random copolymer)의 기관 중화(substrate neutralization)는 PMMA 실린더가 직각 방향으로 형성되는데 일반적으로 사용된다. 이번 연구에서는 서로 다른 랜덤 공중합체를 사용했는데, 이로 인해서 폴리머 마스크(polymer mask)가 폴리스티렌 기질에 서로 다른 크기의 나노 기공을 가지게 했다. 결과적으로 랜덤 공중합체는 나노-다공성 템플릿의 크기를 정밀하게 제어하는데 필요했다. 가까운 미래에, 이런 나노 구조가 형성된 폴리스티렌 박막이 새로운 리소그래피 프로세스를 위한 소프트 마스크(soft mask)로서 사용될 수 있을 것이다. 이 나노다공성 템플릿은 새로운 에칭 기술에 의해서 기저의 SiO₂ 기관으로 이동될 수 있다. 실리콘 점(silicon dot)의 정렬된 2차원 어레이는 폴리스티렌 마스크와 연속적인 리프트-오프(lift-off) 프로세스를 통한 전자빔 증착 또는 저에너지 이온빔 합성에 의해서 제조될 수 있을 것이다. 즉, 이것은 실리콘 이온 주입법과 순차적인 고온 열처리를 사용한다.

기존의 리소그래피에 의해서 달성될 수 있는 “상향식(bottom-up)” 패턴 형성 템플릿에 “하향식(top-down)” 자기 조립 방법의 결합은 잘 정의된 위치로 단일 나노점과 나노점 어레이의 평면 내 위치 지정을 정확하게 제어하는데 이용될 수 있을 것이다.

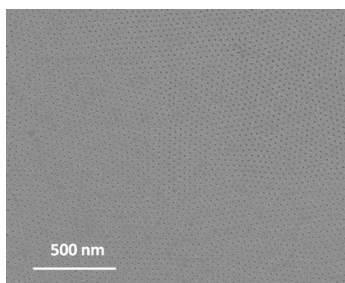


그림 7. PMMA 실린더의 제거 후의 나노다공성 폴리스티렌 마스크.

<Nanotechnology, DOI: 10.1088/0957-4484/22/18/185304>

나노약물을 위한 분무

약물의 용해도 혹은 생체이용률(bioavailability)을 증가시키기 위해 100 nm보다 작은 의약품을 제조하는 분무건조(spray drying) 기술이 미국 및 독일 연구팀에 의해 개발되었다. 지난 10년 동안, 약물 분자의 복잡성은 상당히 증가하여 왔으며 이로 인해 용해도의 감소로 이어졌다. 즉, 이 화합물이 인체 내에서 이용될 수 없는 상황에 직면하게 됨을 의미한다. 새로운 약물의 포몰레이션(formulation)이 성공적으로 약물의 역할을 수행할 수 있는지를 결정하기 위해, 용해도 검사는 개발의 초기 단계에서 이루어지고 있다. 그러나 이런 실험에 사용될 수 있는 약물의 양은 보통 매우 소량이다.

이 문제를 우회하기 위한 한 가지 방법은 화합물의 입자 크기를 줄이는 것이다. 하버드대학의 David Weitz 등은 poly(dimethylsiloxane)로 만든 미세유체 장치를 개발함으로써 이를 실현하였다. 두 개의 flow-focusing stream과 스프레이를 형성하기 위한 압축공기를 함께 사용함으로써 100 nm 이하의 입자 크기를 형성할 수 있다(그림 8) 연구팀은 생체이용률을 증가시키기 위해 약물 나노입자를 제조하는 손쉬운 방법을 찾고 있다. Weitz에 따르면, 빈용매(poor solvent)를 첨가함으로써 용액에서 빠른 침전을 유도하는 것을 자그마한 입자를 만드는 간단한 방법이지만, 원하는 나노미터 크기보다 더 크게 되거나 거칠게 형성되는 경향이 있다고 한다. 이를 방지하기 위해, 가능한 빨리 용매에서 입자를 빨리 분리할 필요성이 있었으며, 용매를 건조시키는 것이 그 방법 중 하나라는 결론에 도달하게 되었다. 연구팀은 약물인 다나졸(danazol)을 이용해 개발한 기기를 실험하였다. 연구팀은 유기 용매에 다나졸을 용해시키고 첫 번째 스트림(stream)에 주입하고 두 번째 스트림에 다른 용매를 주입하였다. 이 두 가지 용매는 십자형 구간에서 두 가지 용매는 압축공기와 합류하면서 분무를 형성하게 된다. 이를 통해 용매는 증발하게 되고 화합물은 미세한 파우더 형태로 형성된다. 제품의 수거영역(collection area)으로부터 분무노즐 간의 거리 및 공기 압력과 같은 조건을 변화시킴으로써, 나노입자의 크기를 조절할 수 있었다.

펜실베이니아 대학 고분자 생체물질 연구소의 Jason Burdick은 본 기술은 오직 소량만 가능한 신약 개발에 큰 영향을 줄 것으로 기대되며, 매우 흥미롭고 상대적으로 저렴한 공정이라고 평가하였다. 나노입자뿐만 아니라 본 디자인은 용해도를 향상시키는 나노서스펜션(nanosuspension) 및 두 가지 물질의 공동분무를 통해 공동 침전약물(drug-co-precipitate)의 생산도 가능하게 한다.

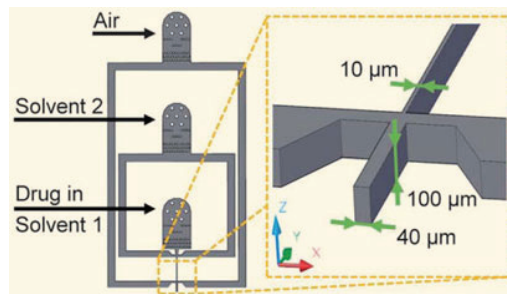


그림 8. 나노약물 입자 형성 모식도.

<Lab Chip, DOI:10.1039/c1lc20298g>

본 기술 뉴스는 KISTI 미래안의 글로벌동향브리핑(GTB)에서 발췌하였습니다.

<아주대학교 김문석, e-mail: moonskim@ajou.ac.kr>