

고분자의 자기조립에 의한 차세대 칩 기술

IBM은 칩 생산 공정을 단순화시키고 더 강력한 성능의 마이크로 프로세서들을 생산할 것으로 기대되는 분자 스케일의 새로운 기술을 도입했다. IBM이 개발한 자기조립 (self-assembly) 기술은 특정 고분자들이 스스로 정렬하려는 성질을 기초해 종래의 리소그래피 (lithography-미세식각기술)에 의해 제조되는 칩 상의 미세 패턴들보다 더 작고 더 밀도가 높으며 더 정확하고 더 균일한 미세 패턴들을 만드는 것이다. 이 기술의 핵심은 고분자들이 놓여 있는 실리콘 웨이퍼가 가열될 때 고분자가 미세 결정을 형성하는 것이다. 이 기술의 장점들 중의 하나는 이 공정이 기존의 반도체-제조 기술들과 호환되기 때문에 값비싼 식각장비들에 대한 투자가 필요 없다는 점이다. 이 자기조립 기술은 기존의 칩 생산 도구들과도 호환되어 값비싼 장비 교체 비용을 피할 수 있게 해주어 차세대 마이크로 일렉트로닉스 기술들에서의 도입 매력을 더하고 있다. 자기조립 기술의 대량생산에 대해 IBM의 연구자인 Chuck Black은 “연구원들이 아직 이 소재들을 제어하는 방법들을 연구하고 있다.”고 밝혔다. 현재 IBM은 200 mm 웨이퍼 실험실에서 수행된 연구에서 20 nm 폭의 스케일에서 나노 결정들을 만들고 있다고 Black은 말했다. 파일럿 생산은 3~5년 후에 시작될 것으로 예상하였다. 자기조립 공정을 이용해 칩 생산자들은 한 트랜지스터 내의 부유 게이트 (floating gate)를 자기조립하는 나노결정들로 치환할 수 있게 되어, 지속적으로 축소하고 있지만 스케일 면에서 한계에 근접하고 있는 트랜지스터들에 부품들을 제작해 넣는 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

(Newsfactor, December 8, 2003)

고기능성 나노튜브-고분자 복합체의 제조

탄소 나노튜브가 한 방향으로 잘 정렬된 상태로 물질에 끼워지면 그 복합체는 가장 강하게 된다. 그러나 전기전도성과 열전도성은 나노튜브가 무질서하게 놓여질 때 가장 좋다는 것을 펜실베이니아 대학의 한 공학팀이 발견했다. 그들은 물질 내에 보다 정밀하게 나노튜브를 분산시키는 제작 기술을 개발했다. 탄소 나노튜브는 전대미문의 강도와 뛰어난 열전도

성, 그리고 반도체나 금속의 전기적인 특성을 받아들일 수 있는 독특한 능력을 가지고 있다. 그러나 현실에서는 아직 그러한 이론적인 잠재력을 발휘하지 못하고 있다. “이러한 놀라운 특성을 갖게 하기 위해서 나노튜브를 물질 내에 혼합하는 것이 가장 큰 문제이다. 왜냐하면 나노튜브는 다발로 뭉쳐 있으려는 강한 성질을 가지고 있기 때문이다.”라고 재료과학 및 공학과 교수인 카렌 I. 위니는 말했다. “물질 내에 나노튜브를 균일하게 분산시키는 것은 나노튜브의 강도와 전기전도성과 열적 안정성을 통제하는데 절대적으로 중요하다.” 공학팀은 PMMA와 같은 플라스틱이나 고분자 내에 단일벽 탄소 나노튜브를 균일하게 혼합하기 위해 소위 응고법 (coagulation)이라 불리는 기술을 사용했다. 이 방법에서 나노튜브와 PMMA는 먼저 용매 내에서 혼합되어 아주 정밀한 혼합액이 된다. 증류수 안에 그것들을 집어넣으면 혼합물로부터 PMMA가 빠르게 침전되고 그 때 PMMA가 나노튜브를 끌어들이어 나노튜브가 서로 뭉치는 것을 막는다. 그 후에 그것을 여과하고 건조하면 나노튜브/PMMA 화합물을 얻을 수 있다. 그 화합물은 원래의 PMMA보다 더 나은 강도와 전도성을 보였다. 더욱이 그 복합체는 PMMA와 비교했을 때 열적 안정성이 개선되었다. 그것은 결국 불길을 약화시키는 첨가제로서 사용될 가능성을 갖는다. “낮은 농도에서, 나노복합체의 전기전도성은 나노튜브가 잘 분산되었을 때가 그렇지 않을 때보다 거의 10만 배 이상 높았다.”라고 위니는 말했다. 복합체에서 나노튜브를 배열시키는 공정은 새로운 것은 아니다. 어떤 연구원들은 나노튜브로 장식된 고분자에서 강도와 전도성이 극적으로 개선된다는 것을 관찰했다. 그러나 위니가 연구한 화합물은 나노튜브를 2% 정도 사용한 경우이나 다른 연구결과에서는 훨씬 더 많은 양의 나노튜브를 첨가한 경우가 대부분이다. 따라서 나노튜브가 비싸기 때문에 아주 소량의 나노튜브를 사용하여 그것을 분산시킨 연구는 아주 중대한 업적으로 생각된다.

(Brightsurf, December 4, 2003)

상온 플라스틱 성형 및 재활용

두 개의 분말 고분자가 압착됨으로써 만들어지는 특수한 플라스틱이 상온에서 최초로 생산되었다. 이

것은 재활용하기 훨씬 더 쉽고 생산비용이 적게 드는 플라스틱의 개발 가능성을 높인다. 플라스틱이라는 것은 보통 200 °C의 온도에서 열을 주고 성형틀에서 모양을 만든다. 전통적인 플라스틱이 재활용하려면 재가열되어야 하기 때문에 결국 사용하지 못하게 된다. 대신 압력을 사용한다는 것은 플라스틱이 어떠한 열분해도 없이 재형성될 수 있다는 것을 의미한다. 이것은 재활용에 필요한 에너지가 많지 않기 때문에 비용을 줄일 수 있다는 것을 의미한다. 압착 공정이 1998년에 처음 제시되었을 당시만 해도 여전히 열을 필요로 했었다. 그러나 MIT의 Anne Mayes와 그의 동료들은 외부의 열을 필요로 하지 않는 “기압플라스틱 (baroplastic)”을 만들었다. 그들은 서로 다른 특성을 가지는 두 개의 고분자를 신중히 선택하여 처리했고 결국 그 고분자들이 나노 크기의 스케일을 갖는 층들로 서로 가교되었다. 선택된 두 개의 고분자는 단단한 폴리스티렌과 부드러운 폴리부틸 아크릴레이트이다. “만일 당신이 현명하게 물질을 선택한다면 매우 낮은 온도에서 가공될 수 있는 물질을 만들 수 있을 것이다.”라고 Mayes가 말했다. MIT의 팀은 34 MPa (대기압의 약 340배)의 압력을 사용하여 투명한 플라스틱 포장재료를 만들었다. IBM의 알파넨 연구소에 있는 Craig Hawker는 상온 기압플라스틱이 아주 유용도로 사용될 수 있을 것이라고 말한다. “상온에서 가공하고 성형할 수 있는 고분자 물질은 플라스틱의 제조와 재활용에 엄청난 이득이 될 것이다.”라고 Hawker는 말했다. 물론 이러한 가공 방법은 모든 고분자 물질을 성형하는데 적당하지는 않다. 그러나 “그 연구는 열분해로 일어나는 수 많은 문제를 제거할 수 있으며 수 많은 물질에 적용 가능하게 될 것이다.”라고 부연하였다.

(*New Scientist*, November 26, 2003)

뛰어난 강도를 갖는 폴리올레핀 박판 개발

일본의 Sekisui Co. Ltd.의 연구진은 유리강화플라스틱과 기계적 특성이 유사한 신장된 폴리올레핀 박판을 개발했다. 비록 이번에 개발된 폴리머 박판은 별도의 강화섬유가 첨가되지 않았지만 아주 높은 온도에서도 치수 안정성이 뛰어나고 플라스틱 제품이 휘어졌을 경우 그들의 형상을 별도의 장치 없이 그대로 유지할 수 있는 특징을 가지고 있다고 동사의 Naotake Okubo 박사는 말했다. 이들 소재를 제

작하기 위해서, 최초로 혼합물은 용융 성형되고, 그리고 나서 시트는 압출 가공된다. 이렇게 압출 가공된 시트는 압연, 신장된다. 다음 단계에서 중합 가능하고 포화되지 않은 화합물이 신장된 시트와 합체된다. 한편 박판을 만들기 위해서 최초로 폴리올레핀을 분해시킬 수 있는 낮은 분자량을 가지는 화합물이 시트의 표면에 증착된다. 그리고 나서 여러 겹의 시트에 적당한 압력과 열이 가해지며, 그 결과 시트들은 서로 접착된다. 신장된 시트들은 다른 신장된 시트와 서로 결합하거나 다른 폴리올레핀 시트와 결합한다. 이 소재로 만들어진 제품은 별도의 섬유 강화재를 사용하지 않고, 매우 우수한 기계적인 특성을 가질 뿐만 아니라 우수한 치수 안정성을 가지고 있다고 Naotake Okubo 박사는 말했다. 이 기법을 이용한다면, 특히 튜브나 파이프와 같은 분야에 탁월한 효과를 얻을 수 있을 것이라고 연구진은 기대하고 있다.

(*Advanced Materials and Processes*, November 20, 2003)

나노구조의 고분자 혈관

데이크론 (Dacron; 폴리에스테르계 합성 섬유의 일종)과 polytetrafluoroethylene과 같은 현재의 혈관 생체 재료의 경우 천연 혈관조직이 가진 마이크로론에서 나노미터에 이르는 표면 지형도는 무시된 채 마이크로 스케일의 표면 지형도 (topography)로 설계되었다. 이전 연구에서 마이크로론에서부터 나노미터 스케일까지의 범위로 표면 지형도를 변화시킨 결과, 뼈의 세포 기능이 증가하는 것이 확인되었다. 퍼듀대학의 ‘세포 생체역학과 나노구조 생체재료 연구소 (Cell Biomechanics and Nanostructured Biomaterials Lab)’에서는 이러한 설계 파라미터를 사용하여 세포호환성이 보다 높은 나노구조의 고분자 생체재료를 개발했다. 무게비로 50/50% 혼합된 poly(lactic-co-glycolic acid) (PLGA)와 poly(ether urethane) (PU)과 같은 고분자들이 가능성 있는 혈관 생체재료로서 연구되었다. 각각의 고분자들은 마이크로론에서 부터 나노미터에 이르는 다양한 스케일의 표면 지형을 갖추면서 합성되었다. 표면 지형의 변형은 선택한 일정 시간 동안 PLGA를 여러 농도의 수산화나트륨으로 처리하고 PU를 여러 농도의 질산으로 처리함으로써 이루어졌다. 세포 실험의 결과에서 화학적으로 에칭된 PLGA와 PU는 혈관의 매끈한 근육 세포 기능을 강화시켰다. 그러나 내피

세포 기능은 전통적인 PU와 비교할 때 화학적으로
에칭된 나노구조로는 강화되지 않는다. 특히 수산화
나트륨 안에 담가서 제조된 나노구조의 PLGA는
내피 세포의 부착과 증식확산을 감소시킨다. 고분
자/탄성체 캐스팅 방법을 사용함으로써 표면 화학작
용의 효과는 사라진 반면 독특한 나노구조의 표면
지형도는 유지되었다. 실험결과 내피 세포와 매끄러
운 근육 세포 기능 모두 전통적인 PLGA와 PU에 비

해서 나노구조로 이루어진 경우에 증가했음이 입증
되었다. 이러한 결과가 체외의 혈관 이식 조직편에
대해 세포 부착성과 세포 성장성을 높이고 체내의 조
직 융합을 강화시킬 것으로 기대한다.

(*Nanotechweb*, October 1, 2003)

<강원대학교 화공과 이원규>