

생명의 기본분자 탐지 멀지 않다

스탠퍼드대학의 나노튜브 전문가가 올해 말께 평판 디스플레이를 만드는 개량형 나노 튜브기술은 물론 약품발견에서 테러감시에 이르기까지 온갖 용도에 쓰일 초민감 나노 튜브 화학 및 생물학 탐지기의 시제품을 선보일 것이라고 했다. 10년 내에 수백을 헤아리는 세계의 나노 튜브연구소의 야심적인 연구들이 열매를 맺게 되면 전자공학의 세계를 바꾸기 시작할 것이다.



玄 源 福

(과학저널리스트/본지 편집위원)

2015년에는 1조달러의 시장규모를 갖게 될 것으로 추정되고 있는 나노기술을 개발하기 위해 세계 주요 국가들은 막대한 인력과 예산을 투입하기 시작했다. <표 1>

불꽃 튀는 개발경쟁

미국은 10월 1일부터 시작되는 2003년 회계연도 예산에서 기초적인 나노기술 연구에 대해 전년도 보다 17% 증액한 6억7천9백만달러를 투자하는 한편 미국의 나노기술 창업회사의 비즈니스 투자는 1999년의 1억달러에서 2003년에는 10억달러로 급증할 것으로 추정되고 있다.

유럽 각국은 독자적인 개발계획을 추진하는 외에도 유럽연합(EU)이 제6차 EU 연구 프레임워크 프로그램

(FP6)의 일부로서 2003~2006년 중 약 12억달러를 투입하는 한편 2003년에 나노기술산업 플랫폼을 발족시킨다. 이 플랫폼은 EU 수준의 모든 나노기술 지주들의 모임이다.

나노기술을 제2차 과학기술 기초계획의 4대 전략의 하나로 선정한 일본은 2002년에 나노기술 개발에 7억5천만달러를 투자함으로써 투자수준에서는 미국을 앞선 것으로 알려져 있다. 일본은 특히 IT 전자와 나노구조 재료 분야에 연구노력을 집중하고 있다.

중국을 지난 5년간 나노기술개발사업에 대해 중앙정부에서 약 2억4천만달러 그리고 지방정부에서 약 3억6천만달러의 예산을 지원했으며 나노기술

개발에 착수한 기관은 50개 대학, 20개 연구소 및 1백개 기업에 이르고 있다. 2002년 베이징에 설립한 중국나노기술센터(CNC)는 중국 과학원 산하 화학연구소와 미국의 비코 인스트루먼트사가 공동으로 운용한다.

우리나라는 앞으로 10년간 나노기술 개발에 해마다 1억달러 수준을 투자할 것으로 알려져 있다. 정부는 2002년 7월 한국과학기술원을 나노종합센터의 유치기관으로 선정하고 2005년경부터 서비스를 개시할 계획이다.

오늘날 전 세계에서 운용되고 있는 나노기술 창업회사는 약 1천여개에 이르고 있는데 그 중의 약 반은 미국에 자리하고 있다.

<표 1> 세계 주요 국가의 나노테크 연구개발투자 추세

(단위 : 백만달러)

국가/지역	1997	2002	2003
미국	432	604	679
서유럽	126	350~400	
일본	120	750	
한국	0	100	
대만	0	70	
호주	0	40	
중국	0	270	

<자료 : MIT Technology Review>

다가 온 나노 전자시대

2002년 6월 IBM은 오늘날의 가장 밀도가 높은 자기저장장치보다 20배나 높은 평방인치 당 1조비트의 데이터저장밀도를 가진 나노저장시스템을 제작했다고 밝히는가 하면 7월에는 휴렛-패커드사가 종래의 실리콘 칩보다 비트의 밀도가 10배나 많은 초고밀도의 전자 메모리를 만들었다고 발표했다.

나노기술은 생물공학과 보건의료에서 에너지에 이르는 광범위한 분야에

영향을 줄 것으로 전망되나 가장 큰 영향은 나노 전자공학에서 올 것이라고 보고 있다. 오늘날 실리콘 마이크로 칩은 회로를 1백30나노미터까지 축소할 수 있게 되었으나 실리콘 칩을 계속 축소하는 일은 많은 비용이 들고 어려울 뿐 아니라 언젠가는 벽에 부딪치게 될 것이다. 과학자들은 실리콘 대신 분자 크기의 트랜지스터를 찾기 시작했다. 이런 트랜지스터를 사용하여 만든 칩은 상용화하자면 적어도 10여년을 더 기다려야 하겠지만 이런 칩은 더 빠르고 값이 싼 컴퓨터를 만들 수 있다는 데 큰 기대를 걸고 있다.

휴렛-패커드의 컴퓨터 설계자인 필립 웨크스는 “손목시계나 셔츠의 단추 속에 들어갈 수 있는 컴퓨터 뿐만 아니라 셔츠의 섬유 한 올 속에 들어갈 수 있는 컴퓨터도 만들 생각이다”고 말하고 있다. 그의 팀은 분자 트랜지스터로 연결된 작은 와이어 배열의 회로를 설계하고 있다. 휴렛-패커드사는 2005년까지 분자생산 공정을 통해 1969년에 만든 실리콘 회로 정도의 논리회로를 보여 줄 계획이다.

그러나 섬유에 내장할 최초의 컴퓨터가 등장하기에 앞서 기업들은 작은 와이어와 초밀도 컴퓨터 메모리를 포함한 나노 전자부품을 재래식 실리콘 전자제품 속에 넣기 시작할 것이다. 예컨대 휴렛-패커드와 몰레쿨러 일렉트로닉스는 2004년에 분자 메모리 장치의 원형을 제작할 계획이다. 한개의 분자 속에 한비트의 데이터를 저장할 수 있는 이런 장치는 현재 컴퓨터에서 사용되는 전자 메모리보다 수천배나 더 많은 밀도의 용량을 제공할 수 있다.

그러나 나노 전자공학의 이런 가능성을 실현하려면 연구자들은 먼저 여러 가지의 큰 걸림돌을 해결해야 한다. 우선 실리콘처럼 신뢰성을 가지고 효율적으로 작동할 수 있는 탄탄한 나노 전자부품을 만들어야 한다. 50년 전 반도체가 출발할 때를 회상하면 이것은 쉬운 일이 아니다. 벨연구소의 헨드릭 손은 트랜지스터를 통해 전류를 증폭시키는 실리콘과 맞먹는 특성을 가진 분자트랜지스터를 제작함으로써 이런 목표를 향해 중요한 첫 발을 내디뎠다. 그래서 분자 트랜지스터를 가지고 전류를 스위치만 아니라 증폭까지 할 수 있어 보다 큰 회로블록의 구성을 기대할 수 있게 되었다.

나노 튜브는 적어도 이론상으로는 내일의 트랜지스터를 만드는 이상적인 소재라고 할 수 있다. 나노 튜브가 발견된 이래 10년 남짓한 세월이 흐른 오늘날 충전연색 평판 TV 스크린에서 초강도의 야외용 조명과 소형 X선 기계에 이르기까지 다양한 나노 튜브 장치 시제품들을 시험하고 있어 소비자들은 늦어도 2003년 크리스마스에는 나노 튜브를 사용한 평판 스크린 TV를 구입할 수 있을 것 같다.

그런데 전문가들은 나노 튜브가 가장 큰 영향을 미칠 분야는 컴퓨터 메모리와 논리 칩으로 보고 있다. 현재 인텔은 폭 1백30나노미터의 실리콘 트랜지스터를 사용하고 있는데 펜티엄 4 칩을 만들자면 4천2백만개의 이런 트랜지스터를 다져넣어야 한다. 실리콘 장치를 계속하여 축소하는 일은 어렵고 비용도 많이 든다. 대신 나노 튜브나 나노 와이어를 전자스위치로 사용하면 컴퓨터 설계자들은 한개의 칩에

수십억개의 소자를 넣을 수 있다.

현재 삼성전자와 모토롤라를 포함하여 20여개의 기업들이 나노 튜브를 사용하는 평판 디스플레이 개발에 열을 올리고 있다. TV 스크린과 대부분의 데스크탑 컴퓨터 디스플레이는 진공관 시대의 유물들이다. 깨끗하고 비교적 값이 헐한 이 디스플레이는 브라운관을 사용하는데 전기로 가열된 와이어가 전자 빔을 인으로 코팅한 스크린에 조사하여 발광시킨다. 문제는 많은 전력을 소비할 뿐 아니라 전자총이 스크린 전체에 투사할 수 있게 충분한 깊이를 가져야 하기 때문에 대부분의 TV는 등이 불룩 나와 있다. 이외는 대조적으로 나노 튜브를 사용하는 스크린은 화소 마다 뒤에 작은 전자 방사체를 붙일 수 있어 훨씬 얇팍하게 만들 수 있다.

삼성전자는 올 겨울에 고품질 TV용의 해상도를 가진 충전연색 시작품을 그리고 2003년 후반이나 2004년 초에 81cm TV를 제작할 것으로 알려졌다. 그런데 1천억달러의 세계 디스플레이 시장에서 성공하기 위해서는 나노 튜브 TV의 생산 단가를 브라운관 모델과 경쟁할 수 있을 정도로 끌어내려야 한다. 한편 스탠퍼드대학의 나노 튜브 전문가인 홍지에 다이는 그가 설립한 창업회사 몰레쿨러 나노시스템이 올해 말경 평판 디스플레이를 만드는 개량형 나노 튜브기술은 물론 약품발전에서 테라감시에 이르기까지 온갖 용도에 쓰일 초민감 나노 튜브 화학 및 생물학 탐지기의 시제품을 선보일 것이라고 밝혔다. 앞으로 10년 내에 수백을 헤아리는 세계의 나노 튜브연구소의 야심적인 연구들이 열매를 맺게 되

면 전자공학의 세계를 바꾸기 시작할 것으로 보인다.

새 지평을 열 나노 생물공학

한편 세계의 여러 연구소들이 집중적인 연구개발 노력을 기울이고 있는 새로운 분야인 나노 생물공학은 각종의 새로운 틀(연장)을 생산하여 의학과 생물공학에 새로운 지평을 제공하기 시작했다. 이런 장치는 복잡한 질병을 보다 빨리 그리고 쉽게 진단하는 길을 열어 줄 수 있다. 예컨대 수십종의 단백질의 혼합에서 사소한 변화를 탐지하여 심장병을 일찍 경고해 줄 수 있다. 또 한개의 마이크로 칩을 통해 한방울의 피에서 종합적인 진단을 제공할 수 있다. 의약연구자들은 이런 장치를 이용하여 한번에 수백종의 서로 다른 약품 후보물질을 심사하여 보다 신속하게 잠재적인 약품을 발견 및 평가할 수 있다. 나노 생물공학은 2년 내에 싸고 정확한 마이크로 칩을 사용하여 성가신 연구철차를 대체할 장치를 제공하게 될 것으로 기대하고 있다.

현재 10여개 나노 생물공학 창업회사들(표 2 참조)은 최초의 제품이 될 특정 질병이나 일련의 유전자 질병을 탐지할 마이크로 칩을 개발하고 있다. 예컨대 나노시스사는 먼저 잠재적인 약품을 신속하게 심사할 연구보조기구로 사용하고 이어 가정에서 전립선암과 다른 종류의 암을 테스트할 일회용 도구로 사용할 센서를 3년 내에 시판할 것으로 기대된다. 사람들은 이런 나노 생물공학의 기적이 20년 내에는 일어나지 못할 것이라고 말하고 있으나 진단용 센서는 앞으로 2년 내에 시

〈표 2〉 주요 나노 생물공학기업과 비즈니스 전략

기업 이름	기술원	개발 전략
애질런트 테크놀로지(미 캘리포니아 팔로알토)	하버드대학	DNA 분석용 나노크기 포아를 가진 물질
엔진OS(미 매서추세츠 월삼)	MIT	생물분자의 원격제어용 금(金)나노입자
몰레클러 나노시스템(미 캘리포니아 팔로알토)	스탠퍼드대학	생물분자 선별용 탄소 나노 튜브
나노플루딕스(뉴욕 이타카)	코넬대학	DNA 분석용 나노크기 채널을 가진 칩
나노잉크(일리노이 시카고)	노스웨스턴대학	생물분자 및 구조 설계용 딥펜 나노 석판술
나노스피어(일리노이 노스브룩)	노스웨스턴대학	DNA 및 병원균 감별용 전극/금 나노입자 탐지기
나노시스(캘리포니아 팔로알토)	하버드대학	생물분자 감별용 나노 와이어
서로메드(캘리포니아 마운틴뷰)	펜실베이니아 주립대학	생물분자 라벨용 나노 바코드
U. S. 지노믹스(매서추세츠 워번)	U. S. 지노믹스	DNA 분석용 나노결정격자

〈자료 : MIT Technology Review〉

장에 선보일 것이라고 노스웨스턴대학 나노테크연구소장 처드 마킨은 전망하고 있다. 연구자들은 또 재래식 기술로서는 불가능한 새로운 생물 및 화학 센서를 만들 나노 전자기술을 개발하고 있다. 실리콘 나노 와이어로 이런 센서를 개발하고 있는 연구자의 한사람인 캘리포니아대학(버클리)의 화학자 페이동 양은 한개의 분자만 가지고도 와이어의 전자상태를 변화시킬 수 있다고 주장하고 있다. 연구자들은 진단이나 병원체를 탐지할 목적으로 이런 변화를 측정하여 미지의 분자를 가려낼 수 있다.

미국 매서추세츠공대(MIT) 미디어 연구소의 물리학자 조셉 제이콥슨과 생물의학 엔지니어 슈광 장팀은 한개의 지름이 불과 1.4나노미터인 황금 입자를 DNA에 첨부하는 데 성공했다. 이 황금입자는 작은 안테나 역할을 한다. 연구자들은 이 DNA를 고주

파 자기마당에 노출시켜 입자를 가열하면서 이중으로 꼬인 DNA를 두 가닥으로 풀었다. 자기마당을 제거할 때 풀렸던 DNA 타래는 금방 원상으로 되돌아왔다. 이로써 과학자들은 결국 분자수준에서 사물을 제어할 수 있는 강력하고 쓸모있는 툴을 얻게 되었으며 분자들 무리에서 한개의 분자를 제어할 수 있게 된 사실과 그 응용가치를 높이 평가하고 있다. 이런 툴은 의약품 연구자들이 잠재적인 의약품의 효과를 시뮬레이션(모의)할 수 있는 방법을 제공할 것으로 기대되고 있다. 나노 전자기술이 의학에 혁명을 가져올 수 있을까 하는 것은 아직은 알 수 없지만 전자공학과 생물학 사이의 겹은 빠른 걸음으로 메워지고 생물의학 연구자와 의사들까지도 머지않아 2~3년 전에는 상상할 수도 없었던 방법으로 생명의 기본분자를 탐지하는 툴을 갖게 될 것으로 보인다. ①7