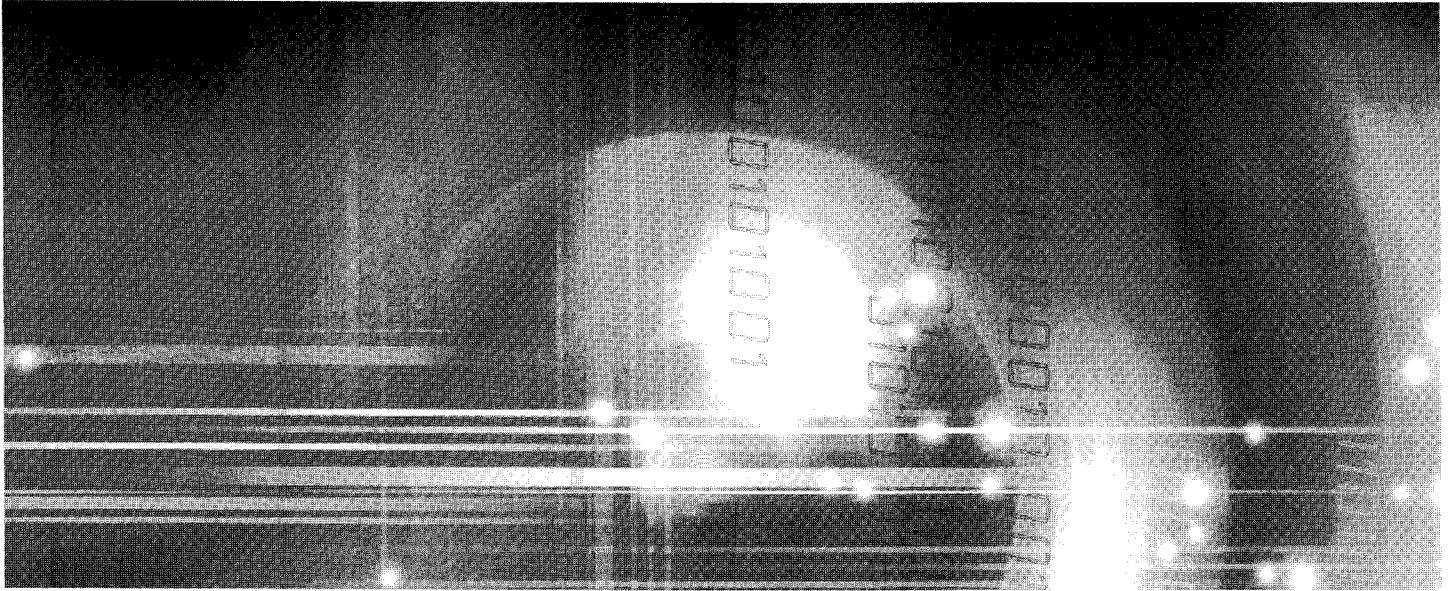


복합나노소자의 대량생산 기술 개발에 독보적 영역 구축



서울대학교 융합나노소자연구실

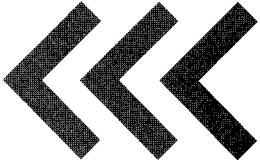


최근 나노기술이 발전을 거듭하면서 새로운 소자들에 대한 연구개발이 활발히 전개되고 있다. 서울대학교 융합나노소자연구실은 탄소 나노튜브와 실리콘 나노선 등 반도체 및 디스플레이의 첨단산업분야에서 많이 쓰이고 있는 소자들을 결합시켜 새로운 소자를 만들어내는 연구를 진행하고 있다. 특히 나노소자의 대량생산 기술에 관심을 갖고 세계적인 연구개발 업적을 꾸준히 내놓으면서 이 분야에서 독보적인 영역을 구축해 나가고 있다.

취재 | 박지연 기자 |

서울대학교 융합나노소자연구실(지도교수: 물리학부 홍승훈 교수)에서는 나노입자나 나노프리즘을 결합시켜 새로운 종류의 소자를 만들어내고 그러한 소자를 이용한 기기들을 상품화로 성공시키면서 국내는 물론 세계적으로 주목받고 있다.

이 연구실만의 특화된 기술노하우인 '조립공정기술'을 바탕으로 탄소 나노튜브와 나노선 소자의 대량생산 기술을 세계 최초로 상용화했으며, 첨단 전자소자용 재료로 이용되고 있는 실리콘 나노선을 대량으로 정렬하는 기술개발에 성공한 바 있다. 또한 최근에는 광학현미경으로 보기 어려운 나노 수준의 작은 물질 구조를 광학적으로 관찰할 수 있는 '나노프리즘'을 대량으로 생산하는 기술을 개발하여 세계적인 과학전문학술지에 소개되며 크게 주목받고 있다.



대량조립기술을 기반으로 한 나노기술 상품화 쾌거

“최근 첨단산업분야에 활용하기 위해 나노기술을 이용한 새로운 재료들이 개발되고 있으나 상품화로 이어지지 못하는 이유가 조립공정에 문제가 있다고 보고 대량조립공정 개발에 매진한 결과 다양한 나노소자를 배출하게 됐습니다.”

홍승훈 교수는 조립공정 개발에 매진하게 된 최초 동기를 나노기술의 상품화 필요성에서 찾았다고 한다. 2003년부터 2006년까지 3년여간 조립공정 확립에 매달린 결과 탄탄한 조립공정 기반 위에서 다양한 나노소자들의 상품화가 이어졌으며 결과물이 탄생할 때마다 관련 국내외 특허출원도 늘어갔다.

조립공정이 어느 정도 안정화가 된 시점인 2006년 10월 탄소 나노튜브와 각종 나노선을 이용한 초고집적도의 분자·양자 소자를 기존의 반도체 시설로 대량 생산하는데 성공하며 주목을 받기 시작했다. 이것은 반도체 기관의 특정 위치에 비흡착성 분자막을 입힌 뒤 탄소 나노튜브와 나노선이 포함된 용액을 뿌리면 나노튜브와 소자가 깨끗한 기관 표면에 자동적으로 결합되는 원리를 이용한 것이다. 이 기술을 활용해 의료용 초소형 센서, 유해물질 진단용 환경 센서 등 바이오 센서 개발의 물꼬를 트게 했다.

이후 실리콘 나노선을 대량으로 정렬하는 기술을 개발하고 이를 이용, 고체기관 위에 트랜지스터와 복잡한 형태의 패턴을 제작하는데 성공했다.

홍승훈 교수는 “실리콘 나노선을 고체기관의 원하는 위치에 정렬해 직접소자를 만드는 기술을 처음 개발했다는 데 의의가 있다”며 “이 방법을 통해 실리콘 나노선을 전자소자와 센서, 광학소자, 고성능 유연성 회로나 디스플레이 제작 등에 활용할 수 있게 됐다”고 말했다.

그런가하면 미세한 냄새까지 식별 가능한 ‘바이오 전자코(Bioelectric Nose)’를 개발하며 큰 관심을 모았다. 이것은 사람 후각세포에서 냄새 맡는 역할을 하는 후각 수용체 단백질을 대장균에서 대량 복제한 뒤, 이 단백질을 탄소 나노튜브 트랜지스터 표면에 흡착시켜 사람이나 동물의 코

와 반응성이 같은 바이오전자코를 만든 것이다. 바이오전자코는 마약검지 등 경찰견 사용 분야나 신약개발, 향수물질 개발 등 다양한 분야에서 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대되고 있다.

이 모든 결과물들이 반도체 칩에 나노공정을 붙여서 탄생한 것들이고, 대량조립공정의 기반 위에서 탄생한 성과들이다. 지금까지 탄소 나노튜브 도선이나 투명전극 등 다양한 나노재료들이 소자로 개발됐어도 대량생산으로 이어지지 못했지만 서울대학교 융합나노소자연구실을 통해 최근 다양한 분야로 확장되고 있는 상황이다.

탐침현미경용 나노프리즘 대량생산 기술 개발

올해 2월 연구실에서는 광학현미경으로 보기 어려운 나노 수준의 작은 물질 구조를 광학적으로 관찰할 수 있게 해주는 ‘나노프리즘’을 대량으로 생산하는 기술 개발에 성공하며 또다시 주목을 받았다.

보통 광학현미경으로도 보기 힘든 미세한 파장대를 관찰할 때에는 원자탐침현미경의 하나인 근접장현미경이 사용된다. 근접장현미경에서는 뾰족한 탐침을 관찰 대상 물체 근처에 놓고 이미지 처리를 하는데, 이때 탐침이 피뢰침이나 안테나 처럼 근처 나노수준 영역의 전자기장을 강화시켜 나노소자나 바이오분자 같은 작은 구조의 광학적 이미징과 특성 연구를 가능하게 해준다. 근접장현미경용 탐침으로 가장 유용한 구조 중 하나가 삼각형의 프리즘 구조로 삼각형의 뾰족한 꼭지점이 전자기장을 강화시키는 역할을 하게 된다.

홍승훈 교수는 “이 기술을 통해 나노 프리즘 탐침을 대량으로 생산할 수 있어 산업적 활용이 기대된다”고 말했다.

현재 연구실에서는 나노 프리즘 자체의 광학적 이미징과 특성을 활용하여 다양한 모드의 나노스케일 옵티컬 이미징에 적용하는 연구를 진행하고 있어 기대를 모으고 있다.

홍승훈 교수는 “2006년까지는 나노입자, 나노프리즘 등을 원하는 위치에 조립하여 소자를 만드는 조립공정에 주력했다면 최근에는 나노스케일 쪽으로 바이오 물질을 이미징하는 ‘물’ 이라든

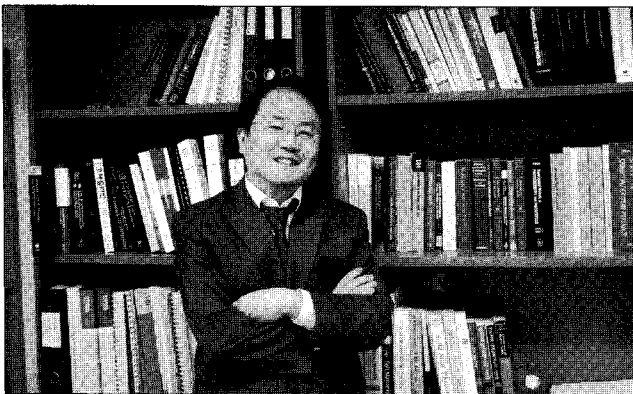
지 실제 전자칩을 결합시키는 등의 바이오 인터페이스 쪽으로 확장하여 연구를 진행하고 있다고 말했다.

바이오 인터페이스 분야로 연구영역 확장, 상용화도 활발히 진행

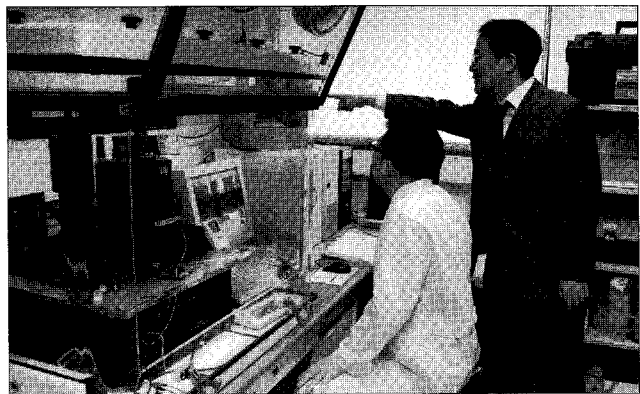
지금까지 연구실의 성과들을 살펴보면 조립공정이 눈에 많이 띈다. 이러한 조립공정 연구성과는 하나하나 발표될 때마다 해외 학술지를 장식하고 특허출원으로 이어진다. 홍승훈 교수가 2003년 9월부터 연구실을 통해 발표한 연구논문만 49편인데 논문 수와 특허 출원수가 비슷하다. 특허의 경우 국내보다는 해외 특허출원수가 더 많다.

연구실에서는 이러한 연구 성과들이 연구로만 끝나지 않고 산업적 활용을 위해 기술지원 및 사업화 작업도 병행하고 있다. 의료용 초소형 센서, 유해물질 진단용 환경 센서 등과 같은 소형화된 센서를 만들기 위한 기본 부품을 상품화하는 것과 나노프리즘 자체를 부품으로 팔기 위한 준비 과정을 진행 중에 있다.

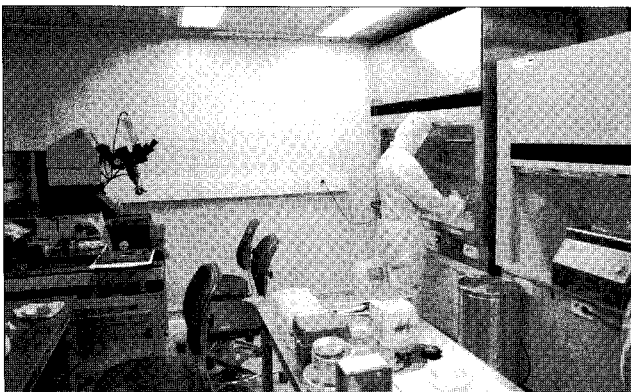
연구실은 나노기술 및 조립공정기술의 기반기술 활성화와 국제 경쟁력 강화를 위해 국제적인 연구소, 대학, 기업 등과의 상호교류를 통해 국내의 융합나노소자 기술을 세계적인 수준으로 향상시켜 나갈 계획이다.



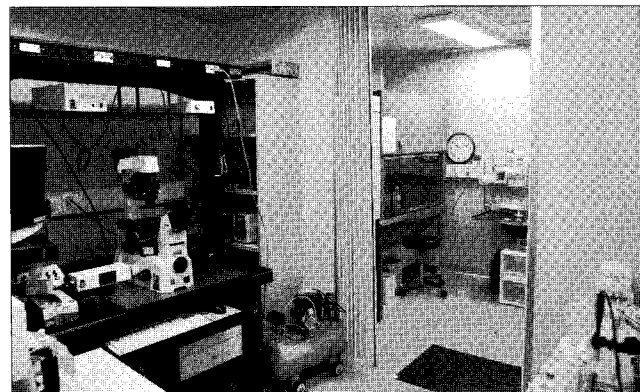
▶홍승훈 교수



▶연구실에서 나노프리즘 탐침현미경으로 관찰한 영상을 모니터를 통해 보고 있다.



▶반도체 공정을 실험하는 클린룸



▶세포 생장 및 바이오 칩 특성을 연구하는 셀룸