

탄소나노튜브 이용 양자소자 개발

서울대 국양 교수팀 특허 등록 ... 영국 네이처지 논문 게재

서울대학교 국양교수 연구팀이 탄소나노튜브 소자 개념을 획기적으로 개선해 집적도를 1만배 이상 키우고 광소자, 양자소자로 쓰일 수 있는 개념을 제시했다.

실험적 이론적으로 증명함에 따라 영국의 저명 저널지인 네이처지는 국양 교수의 논문을 2002년 2월28일자에 게재했다. 국양 교수팀은 신개념을 특허화하고, 향후 나노튜브 소자의 원천 기술 중 하나로 제시했다.

서울대 국양 교수는 1997년 과학기술부의 창의적연구진흥사업 중 하나인 나노기억매체연구단장으로 선발돼 나노기억매체에 대한 연구를 진행해 왔다. 창의적 연구진흥사업 제안서에서 분자소자 및 기억매체의 연구를 위해 선형 분자의 연구를 제시했고 연구를 진행해오던 중 탄소 나노튜브의 소자화에 관심을 가지게 돼 2000년 양자소자 개념을 도출했다.

실험을 위해 초저온, 초고진공 주사형 터널링 현미경이 필요했으며 특히 시편의 전기적 성질 측정 등의 연구에는 상업용 장비를 사용할 수 없어 1997년 이후 5대의 주사형 터널링 현미경을 연구팀에서 직접 제작했다.

연구에 사용된 초저온, 초고진공 주사형 터널링 현미경은 현재 코넬대학의 연구원으로 있는 박지용 박사와 현재 숭실대학교에 재직하고 있는 강세종 교수가 박사과정 시절에 제작했고, 실험에 사용된 모든 소프트웨어와 자동 전기회로는 이진환 박사가 제작한 것이다.

실험은 액체 헬륨 온도인 4K에서 수행됐으며 실험에는 국양 교수와 이진환 박사, 김하진 박사과정학생, 숭대학교의 강세종 교수가 참여했다.

국양 교수 연구팀이 개발한 연구가 가지는 과학 기술적·경제적 의미는 큰 것으로 평가받고 있다.

대부분의 전자소자에서 쓰이는 실리콘을 이용한 반도체 단위 소자 (FET:전계효과트랜지스터)는 지난 30년간 고집적화돼 현재는 그 크기가 0.15 마이크로미터(100만분의 1미터)에 이르고 있으나 현대 사회는 정보 통신 기술의 발달과 함께 더욱 소형화 된 단위소자의 개발을 요구하고 있다.

이를 이루기 위해 소형화를 위한 반도체 공정 기술의 박차를 가하고 있으나 많은 기술적 한계에 봉착하고 있으며, 고집적 소자 공장 (Fab)을 건설하는 비용이 약 2조원에서 2010년경에는 50조-100조원 정도가 소요될 것으로 예측돼 반도체 산업계의 큰 장애 요인으로 여겨지고 있다.

미래의 문제점을 해결하기 위해 지난 5년간 세계의 많은 연구진에 의해 실리콘이 아닌, 분자를 사용한 분자소자의 개발이 이루어져 왔다. 분자소자 중 탄소나노 튜브를 이용한 소자는 순도가 높고, 결함이 적으며 그 중 일부는 반도체 성질을 가지고 있다. 또 튜브의 굵기가 1나노미터(10억분의 1미터) 정도로 작아 미국, 일본, 유럽의 각국의 많은 연구진은 실리콘 소자를 대체할 소자로 생각하고 있다.

현재까지 제작된 탄소나노튜브 전계효과트랜지스터 굵기가 1나노미터 크기여도, 길이는 수십 나노미터의 크기를 가지고 있으므로, 현재의 실리콘소자보다 그 집적도를 높힐 수 없었다.

그러나 국양 교수 연구팀은 탄소나노 튜브의 안 쪽이 비어 있어 튜브 안 쪽에 이물질을 삽입할 수 있다는 점에 착안하고 튜브 안에 튜브 굵기 정도의 금속 탄소 풀러린이라는 분자를 삽입했다. 이로써 탄소 나노튜브의 튜브 형태가 변형돼 튜브의 반도체 성질을 인위적으로 변화할 수 있다는 개념을 제시했다.

새 이론은 1.4나노미터 굵기의 1차원 선형 반도체인 튜브에 분자를 삽입해, 매 3-10나노미터 간격으로 반도체 성질인 에너지 갭을 바꿀 수 있으며, 그 간격만큼 무한히 많은 단위 소자를 만들 수 있다는 것이다.

따라서 분자소자는 집적도가 현재의 분자소자보다 1만배 이상으로 증가되며, 단위 소자를 나노미터 간격으로 배열할 수 있어 광소자, 양자소자로 사용할 수 있게 했다.

국양 교수 연구팀은 이 개념과 제작과정을 특허화해 앞으로 제시되는 많은 분자·양자소자에 대한 원천 특허로 추진하고 있다. 특허는 2010년 정도에 오게 될 분자소자 시대에 한국이 원천기술을 가질 수 있는 초석이

될 것으로 평가되고 있다.

분자소자의 개념은 1990년대 초반에 제시돼 1996년 첫 트랜지스터가 실험적으로 제작됐으나 1번째 난관인 고집적화와 2번째 관문인 양자소자 제작을 하지 못했으나 국양 교수 연구팀 연구에서는 분자소자에서 봉착한 2가지 장벽을 해소할 길을 제시하고 있다.

국양 교수팀은 연구를 통해 탄소나노튜브의 양자소자화를 제시하고 증명했으나 현상을 정확히 판단하기 위해서는 다른 분자를 탄소 나노튜브에 삽입했을 때 일어나는 반도체 성질의 변화를 측정하해야 현상에 대한 이해가 명확해진다.

<Chemical Daily News 2002/ 03/ 05>