

10 nm 이하의 탄소나노튜브 트랜지스터

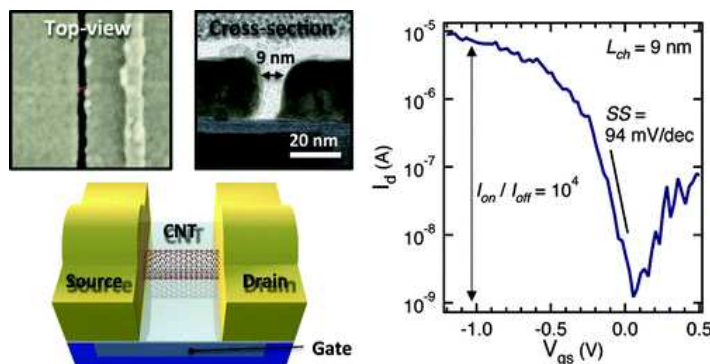
이화성 | 한밭대학교 공과대학 화학생명공학과 (E-mail: hlee@hanbat.ac.kr)

실리콘 반도체를 대체할 전자소재로 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT)는 많은 주목을 받고 있다. 그러나 아직 CNT는 여러 면에서 실리콘을 대체하기에는 아직 해결해야만 하는 과제들이 많이 남아있다. 최근에 IBM과 스위스연방공과대학(ETH Zurich's Integrated Systems Laboratory), 퍼듀대학(Purdue University)의 공동 연구진이 실리콘을 대체하는 물질로 CNT의 현실적인 성공 가능성을 앞당기는 연구결과를 내놓았다. 연구진은 그동안 불가능하다고 여겨져 왔던 10 nm 이하의 채널 길이를 가진 CNT 트랜지스터를 세계최초로 만드는데 성공했으며, 기존의 실리콘 트랜지스터에 비해 그 성능이 떨어지지 않는다는 것을 실험으로 입증하였다.

지금까지 CNT 트랜지스터는 15 nm 이하의 채널 길이를 가진 경우 터널링 현상(tunneling phenom)으로 인한 채널 브레이크다운(breakdown)이 발생하여 소자구동에 무리가 있다고 알려져 왔다. 그러나 이 연구팀은 단일벽(single-walled) CNT를 활용하여 그 동안의 논쟁을 잠재울 놀라운 연구결과를 발표했다. 연구진은 10 nm 이하의 크기를 가진 여러 개의 CNT 트랜지스터를 만들어 그 스위칭 특성을 평가하여 기존의 실리콘 소자에 비해 그 특성이 떨어지지 않는다는 것을 입증하였다. 또한 채널 길이에 따른 소자의 특성을 비교평가하기 위해서 동일한 CNT에 320 nm에서 9 nm에 이르는 채널을 가진 소자를 제작하였다. 연구진은 특별

히 동일한 나노튜브를 활용하여 지름에 따라 달라지는 CNT 밴드갭 에너지의 편차를 최소화하여 실험의 신뢰성을 높였다. 또한 기존 이론적 계산과 상반되는 결과로써, 9 nm 채널 길이를 가진 소자가 오프 상태(off-state)와 온 상태(on-state)에서 대략 250 mV의 낮은 드레인-소스 바이어스에서 포화 전류를 완전히 제거하는 스위칭 특성을 보이는 것을 발견하였다.

이번 연구에 참여한 IBM의 Aaron D. Franklin 박사는 “10 nm 이하의 크기를 가진 CNT 트랜지스터는 매우 낮은 구동전압을 가지고 있으며, 이는 현재까지 연구된 다른 어떤 소자보다 그 특성이 뛰어난 것”이며, “CNT 트랜지스터가 미래의 최적화된 전자소자가 될 유망한 가능성을 보여주는 것”이라고 밝혔다. 또한 연구진은 측정된 결과가 소자특성이 기존 이론과 대치되는 이유를 정확히 밝혀내지 못했지만, 매우 짧은 채널을 가진 소자에서는 계면이 매우 중요한 역할을 수행하는 증거라고 밝혔다. 이 연구결과는 “Sub-10 nm Carbon Nanotube Transistor”라는 제목으로 최근 1월 18일 Nano Letters지에 온라인으로 게재됐다.



[본 내용은 NDSL의 글로벌동향브리핑(CTB) 및 ACS Publications 홈페이지에서 발췌, 정리하였습니다.]