

 한국과학기술정보연구원 <small>Korea Institute of Science and Technology Information</small>	<h1>보도자료</h1>	http://www.kisti.re.kr
대전(본원): 대외협력실 이석 042 - 869 - 0960 / 강동기 0967 서울(분원): 대외협력팀 이승혜 02 - 3299 - 6185 문의: 류훈 슈퍼컴퓨팅응용실 선임연구원(042-869-0610)		
배포번호 : 2015-3 배포일자 : 2015.01.05.(월)	매수 : 보도자료 3매	배포처 : 대외협력팀

초박형 실리콘 나노 전선 개발의 이론적 배경 세계 최초 제시

- 류훈 KISTI 선임연구원, 반도체 내 실리콘 나노선을 전선으로 활용할 수 있게 -
 - 나노과학 분야 세계적인 권위지 나노 레터스에 게재 -

- 반도체 집적도를 보다 높일 수 있는 초박형 실리콘 나노 전선 개발의 길이 열렸다.
- 류훈 한국과학기술정보연구원(원장 한선화, 이하 KISTI) 슈퍼컴퓨팅본부 슈퍼컴퓨팅 응용실 선임연구원이 슈퍼컴퓨터를 활용한 계산을 통해 불순물 반도체 기반의 초박형 전선 공정을 위한 이론적 배경을 세계 최초로 제시했다.
- 류훈 박사는 불순물인 ‘인(Phosphorus, 燐)’ 원자의 분포 경향과 실리콘 나노선 크기 사이에 상관관계를 이론적으로 규명해냈다.
 - 제한된 면적에 반도체의 집적도를 높이기 위해서는 소자와 소자를 연결하는 전선의 굵기를 얇게 할수록 유리하다. 그래서 최근 많은 실험 연구자들에 의해 반도체의 실리콘 나노선에 다수의 불순물을 섞어 전기전도도가 높은 초박형 전선으로 만들려는 시도가 진행되고 있다.
 - 그러나 전선의 전도도에 중요한 영향을 미치는 불순물 원자분포 경향에 대한 이론적 배경이 제시되지 않은 상황이었다.
 - 류 박사는 10^{19}cm^{-3} 이상의 고농도로 인이 포함된(실리콘 1cm^{-3} 당 약 10^{19} 개의 인 원자가 섞임을 의미) 실리콘 나노선을 원자 수준으로 묘사해 슈퍼딩거 방정식을 구성한 후 KISTI의 슈퍼컴퓨터로 계산해 전자구조를 밝혀냈다.

- 이번 연구를 통해 안정적인 전기전도도를 지니는 불순물 반도체 전선 개발을 위해 공정과정에서 겪게 되는 시행착오를 크게 줄일 수 있을 것으로 기대된다.
- 이번 연구는 인텔 초병렬 컴퓨팅 지원사업(IPCC, Intel Parallel Programing Center)의 일환으로 수행 중인 “파이 코프로세서(Phi coprocessor) 기반의 고성능 슈퍼딩거 방정식 병렬계산 SW 개발 및 이의 반도체 소자 설계 활용연구”로 진행되었다.
 - 해당 연구결과는 지난 1월 3일(한국시간) 나노과학 분야에서 세계적인 영향력을 지닌 나노 레터스(Nano Letters) 온라인판에 게재되었다.
 - 논문명은 “인이 고농도로 포함된 실제적 크기의 실리콘 나노선 내에서 발생하는 불순물 원자분포에 대한 원자수준 연구(Atomistic Study on Dopant-Distributions in Realistically Sized, Highly P-Doped Si Nanowires)”이다.(끝)

연구결과 개요

Atomistic Study on Dopant-Distributions in Realistically Sized, Highly P-Doped Si Nanowires

(Nano Letters, 게재일: 한국시간 2015. 1. 3., DOI: 10.1021/nl503770z)

□ 연구의 차별성

제한된 면적에 보다 많은 반도체 논리소자를 집적하는 데 있어서, 소자 자체의 소형화도 중요하지만 소자와 소자를 연결하는 인터커넥터 (전선)의 굵기를 줄이는 것 또한 집적회로의 사용전력을 줄이고 집적도를 높이는 데 매우 중요한 문제가 된다. 실리콘 나노선에 다수의 불순물(인)을 섞어 전도도 높은 초박형 전선을 만들고자 하는 시도는 최근 많은 실험 연구자들에 의해 관심있게 진행되고 있지만, 효율적 공정을 위해 제공되어야 하는 이론적 배경은 그 존재 자체를 찾아보기가 쉽지 않은 상황이다.

본 논문에서는 10^{19}cm^{-3} 이상의 고농도 (실리콘 1cm^3 당 약 10^{19} 개의 인 원자가 섞임을 의미)로 도핑된 실리콘 나노선을 원자수준으로 묘사해 슈퍼컴퓨터를 이용한 슈뢰딩거 방정식을 구성한 후 그 전자구조를 슈퍼컴퓨터를 이용해 계산하여, (1) 상온에서 인 원자의 분포 경향이 나노선 지름에 따라 명백히 달라진다는 사실을 보이고 (2) 그 이론적 원인을 밝혀냄으로써, 불순물 반도체 기반의 전선 공정을 위한 이론적 배경을 최초로 제시했다는 점에 큰 의미가 있다.

□ 연구의 활용성

본 연구를 통해 인(불순물) 원자의 분포 경향과 실리콘 나노선 크기 사이에 상관관계를 이론적으로 규명해 냄으로써, (1) 안정적인 전도도를 지니는 불순물 반도체 전선 공정과정에서 발생하는 시행착오를 크게 줄일 수 있을 것으로 기대되며 (2) 그렇기 때문에, 알루미늄이나 구리 등 금속으로 만들어진 기존의 인터커넥터를 불순물 반도체 기반의 전선으로 대체하는 데에도 기여할 수 있을 것으로 예상된다. (3) 불순물 도핑 농도는 나노선의 전도도를 조절하는 factor가 되기 때문에, 하나의 고

정된 전도도를 가지는 금속과 달리 Application에서 요구하는 전도도에 맞춘 전선의 설계 가능성 등 후속 연구를 위한 이론적 근거를 제공했다는 점에서도 본 연구의 활용성을 찾을 수 있다.

양자역학을 기반으로 한 반도체 재료 및 소자의 특성 계산은, 필요한 계산량이 매우 커 슈퍼컴퓨터 기반의 병렬화가 필요하다. VASP이나 Gaussian과 같은 상용 계산 도구의 경우, 계산할 수 있는 도메인의 크기가 너무 작아 실제 실험으로 만들어진 소자의 특성을 직접 계산 하거나 sub-10nm 크기를 가지는 차세대 소자의 설계를 위한 계산을 수행하는 데 어려움이 있다. 본 연구에 쓰인 실증적 타이트 바인딩 방법론(empirical tight-binding approach)에 기반한 전자구조 계산 도구는 원자 수준으로 해석할 수 있는 도메인 크기가 최대 100nm^3 에 달해 차세대 소자 설계를 위한 계산연구를 수행하는 데 적합하다.

□ 실용화를 위한 과제

상용화를 위해서는 아직 공정상에서의 안정성이 보장되어야 한다. 이를 위해 공정과정에서 불가피하게 발생할 수밖에 없는 불순물 원자 분포의 불균일성이 전도도에 큰 영향을 미치지 않는다는 사실을 “보다 큰 실리콘 나노선”에 대해 계산해 규명할 필요가 있다.

□ 기 타

1. 인텔 초병렬 컴퓨팅 지원사업(Intel Parallel Programming Center) 의 지원으로 수행중인 “Phi coprocessor 기반의 고성능 슈뢰딩거 방정식 병렬계산 SW 개발 및 이의 반도체 소자 설계 활용연구” 로 진행된 연구결과이다.

2. 불순물 반도체 기반의 차세대 소자 특성 계산연구에 선도적 위치를 점유하고 있음: (1) “실리콘 기반의 양자 컴퓨터 구현 가능성 최초로 규명” (네이처지, 2014), (2) 인 원자 하나로 만들어진 “단원자 논리소자의 동작 안정성 최초로 규명 (네이처지, 2012) 등.

3. Nano Letters: 나노분야의 세계적 최고의 영향력을 지닌 논문집. 나노기술과 관

런던 획기적인 결과만을 발표하며, 미국 화학회 (American Chemical Society)에서 발행한다. 2013년 현재 Impact Factor 12.9.

류 훈 박사 이력사항



1. 인적사항

- 소 속 : 한국과학기술정보연구원 슈퍼컴퓨팅본부

2. 학력

- 1996 ~ 2003 : 서울대학교 전기공학부 (학사)
- 2003 ~ 2005 : Stanford 대학교 전기공학부 (석사)
- 2006 ~ 2011 : Purdue 대학교 전기 및 컴퓨터 공학부 (박사)

3. 경력사항

- 2011 ~ 현재 : 한국과학기술정보연구원 국가슈퍼컴퓨팅연구소 선임연구원
- 2005 ~ 2011 : 삼성전자 DS부문 System LSI 사업부

4. 전문분야정보

- 반도체 소자/소재 특성 모델링, 대용량 편미분 계산의 병렬화 및 최적화

5. 연구지원정보

- 2011년 ~ 현재 : 미래창조과학부 · 한국연구재단 첨단융합기술개발 사업
- 2014년 ~ 현재 : PI, Intel Parallel Computing Center at KISTI