



GIST(광주과학기술원) 보도자료

<http://www.gist.ac.kr>

보도 일시	배포 즉시 보도 부탁드립니다.	
보도자료 담당	홍보팀 김효정 팀장	062-715-2061 / 010-3644-0356
	홍보팀 이나영 선임행정원	062-715-2062 / 010-2008-2809
자료 문의	신소재공학부 김봉중 교수	062-715-2341

실시간 액상 투과전자현미경 활용한 뾰족한 금 나노입자의 성장 운동학 규명

- 액상내에서 생성된 뾰족한 금 나노입자의 크기와 모폴로지를 제어할 수 있는 원리를 실시간 투과전자현미경 기법을 이용하여 규명... 생물학 센서와 제약, 재생에너지, 촉매, 광학 등에 응용 기대
- GIST 김봉중 교수 연구팀, 화학분야 최고 권위지인 미국화학회지 Journal of the American Chemical Society에 표지 논문으로 선정

□ GIST(지스트, 총장 김기선) 신소재공학부 김봉중 교수 연구팀이 액상에서 전자빔의 방사선 분해 원리를 통해 생성되는 뾰족한(spiky) 금 나노입자의 성장 메카니즘, 운동학적 특성, 그리고 모폴로지* 변화를 액상 셀이 장착된 투과전자현미경**내에서 실시간 관찰을 통해 최초로 규명하였다.

*모폴로지(morphology): 형태학

**투과전자현미경(transmission electron microscope): 고전압의 전자 빔(beam)을 쏘아 얇은 물질을 투과하게 함으로써 수십만 배 이상 확대해 관찰할 수 있는 현미경

- 이번 연구결과는 금 나노입자의 물성을 결정하는 크기와 모폴로지 제어 원리를 규명함으로써 표면 플라즈몬 공명 센서, 생물학 센서와 제약, 약물 전달, 재생에너지, 촉매 등의 분야에 활력을 불어 넣을 것으로 기대된다.
- 뾰족한 금 나노입자는 입자 표면에 위치한 가시의 뾰족한 정도에 따라 가시 광선에서부터 자외선 영역의 광범위한 광 파장을 조율할 수 있는 플라즈몬 공명 특성을 가지고 있어 다양한 융합연구를 가능케 해왔다. 더불어, 가시의 성장과 함께 증가하는 금 입자의 크기도 광 파장에 영향을 미치므로 액상 내에서 생성되는 금 나노입자의 성장과정 전반을 실시간으로 관찰하는 것이 시급하게 요구되어 왔다.

- 이를 위해 액상내의 나노크기의 입자를 나노 해상도에서 실시간으로 관찰할 수 있는 실시간 액상 투과전자현미경법이 개발되어 활용되어 왔으나, 현미경 내의 액상 셀에 존재하는 기포 제거와 단일 입자 생성이 불가능하고, 연속적인 전자빔을 투여하지 않는 이미징 기법의 문제로 인해 부족한 금 나노입자의 생성원리와 과정을 규명하는데 어려움이 있었다.
- 본 연구팀은 실시간 액상 셀 투과전자현미경 기법을 사용함에 있어 충분히 물을 순환시켜 기포를 완전히 제거하였고, 전자빔의 크기와 도즈*, HAuCl₄ 용액의 농도를 조절하여 단일 금 나노입자의 성장 환경을 만들었으며, 명시야상 이미징**을 이용하여 액상에 연속적인 전자빔을 투여할 수 있게 하였다.
- 연구 결과, 금 입자는 성장시에 반듯한 면으로 둘러싸인 상태(faceted)에서 가시가 면에서 나와 고슴도치 모양(roughened)의 입자로 변함을 밝혔고, 자외선-가시광선 분광법을 통해 광범위한 파장대(530-1120 나노미터)에서 변화함을 확인했다. 또한, 이론적 모델링을 통해 시간에 따라 입자 표면의 금 원자 농도를 정량적으로 구할 수 있었다. 더 나아가, 금 입자의 모폴로지가 완전히 부족한 형태로 변하는 시간이 입자의 밀도에 반비례한다는 것을 밝혔고, 입자의 밀도는 빔 도즈에는 비례하나 액상 농도에는 크게 의존적이지 않음을 규명했다.

*전자빔 도즈(Electron beam dose rate): 1초 동안, 단위면적 (예: 1 nm²)에 도달하는 전자의 수

**명시야상 이미징(Bright field imaging): 회절 이미징의 하나로 투과되는 빔을 조리개로 선택하여 이미징하는 기법

- 김봉중 교수는 “이번 연구 성과는 광학, 에너지, 촉매, 생명공학 등 광범위한 분야에 활용되는 부족한 금 나노입자의 생성, 성장, 그리고 모폴로지 변화를 균질 핵생성(Homogeneous nucleation)*을 통해 정량화 한 최초의 결과로써, 해당 응용분야의 발전과 함께 핵생성을 통한 물질의 근본적인 생성 원리를 밝혔다는데 큰 의미가 있다”고 말했다.

*균질 핵생성(Homogeneous nucleation): 표면이나 물질의 결함(예: 공공, 탈골, 공동 등)을 이용하지 않고 물질내의 해당 원자의 과농축만을 이용해 물질을 생성시키는 방법

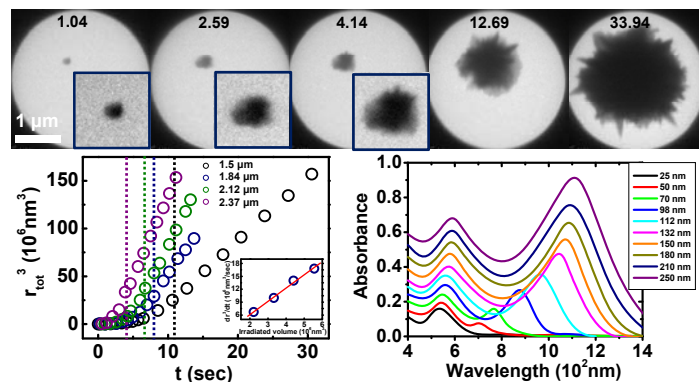
- GIST 신소재공학부 김봉중 교수(교신저자)가 주도하고 GIST 신소재공학부 정완길 박사과정 학생이 참여한 이번 연구는 삼성미래기술육성 과제와 연구재단의 중견연구자과제 지원을 받아 수행되었으며, 연구 결과는 화학분야 최고 권위지인 미국화학회지 Journal of the American Chemical Society에 2019년 7월 10일자 온라인 게재 및 표지 논문으로 선정되었다. <끝>

논문의 주요 내용

1. 논문명, 저자정보

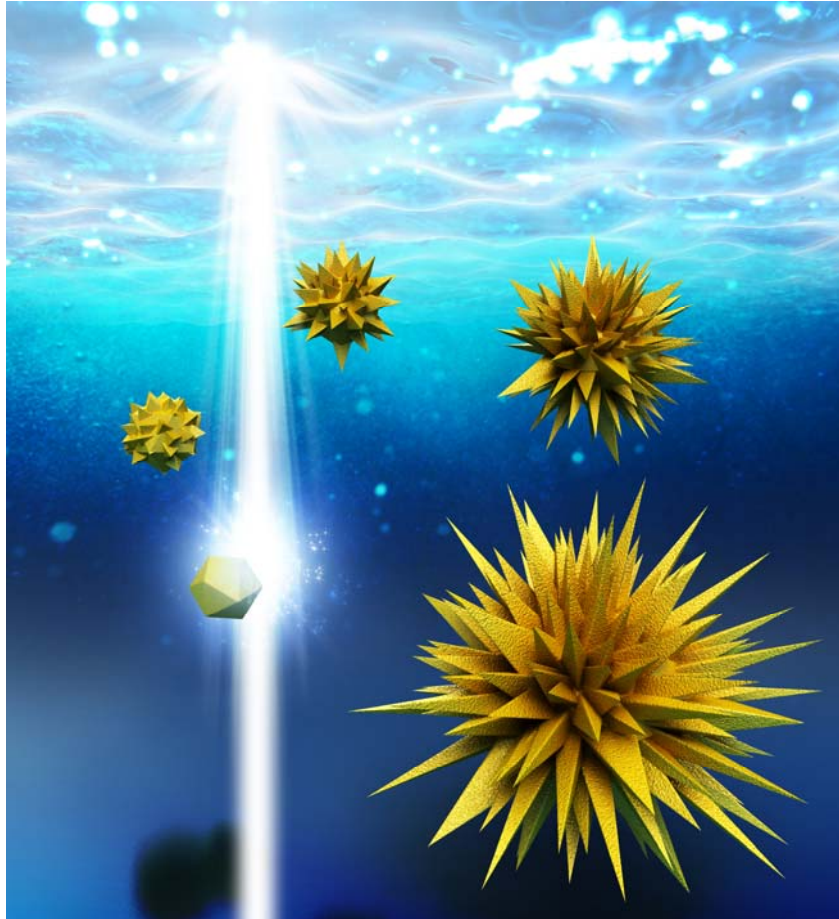
- 저널명 : Journal of the American Chemical Society (2018 JCR Impact Factor: 14.695)
- 논문명 : Growth kinetics of individual Au spiky nanoparticles using liquid-cell transmission electron microscopy
- 저자 정보 : 정완길(GIST 박사과정, 제1저자), 박정훈(프린스턴대 연구소 연구원, 공동저자), 조용륜(GIST 박사과정, 공동저자), 김봉중 교수(GIST, 교신저자)

그림 설명



[그림 1] 뾰족한 금 나노입자의 성장과정 및 모폴로지 변화

- (1) 균질 핵생성에 의한 뾰족한 단일 금 나노입자의 생성 및 성장과정을 실시간 액상 셀 투과전자현미경법으로 관찰한 시간에 따른 이미지들
- (2) 전자빔 크기가 다를 때의 시간에 따른 전체 금 입자 부피 변화 그래프
- (3) 금 입자 성장에 따른 광 파장의 변화를 보여주는 자외선-가시광선 분광 스펙트럼



[그림 2] 논문표지 그림

전자빔의 크기, 도즈 그리고 HAuCl_4 용액 농도에 대한 다양한 조건에서 생성된 뾰족한 금 나노입자 성장의 실시간 액상 셀 투과전자현미경 연구는 반듯한 표면에서 울퉁불퉁한 표면으로의 모폴로지 변화에 기인한 금 입자의 성장 메카니즘과 운동학적 특성을 설명