

이제, 액체도 원자 단위에서 전자현미경으로 실시간 관찰이 가능하다.

신소재공학과 이정용

그래핀 액상셀을 이용한 이 기술을 적용하면 액체 내에서의 나노재료 제조, 각종 촉매반응, 전지 내에서 전해질과 전극 사이의 반응, 인체나 동식물의 세포내에서 일어나는 여러 반응을 원자 단위로 관찰하고 그 반응 기구를 규명하여 인류의 생활을 더 윤택하게 할 수 있다.

지금까지 나노결정 즉, 나노고체가 많이 연구되어 왔는데, 이 연구에서 나노 크기의 액체(또는 기체)를 그래핀으로 밀봉하여, 나노액체(또는 기체)를 제작하는 새로운 방법을 제시하여 이들을 전자현미경으로 분석할 수 있는 길을 열었기 때문에 나노액체(또는 나노기체)라는 새로운 학문 분야를 개척하였다. 이러한 성과는 액체나 기체 내에서의 반응을 규명하는데 큰 기여를 할 수 있을 것으로 전망된다.

세상에 존재하는 물질은 크게 고체, 액체, 기체로 나눌 수 있다. 그런데 이제까지 전자현미경 속에서 관찰할 수 있었던 것은 고체뿐이었고, 액체 그 자체는 물론이고 액체를 포함하는 시료들을 관찰하는 것이 불가능하였다. 그러나 고체에서도 반응이 일어나지만, 수많은 반응들은 액체 속에서 일어나거나 액체를 포함하는 반응들이다. 따라서 액체 내에서 일어나는 여러 과정을 원자 규모로 관찰할 수 있으면 그 수많은 반응을 규명하는 데 큰 기여를 하게 된다.

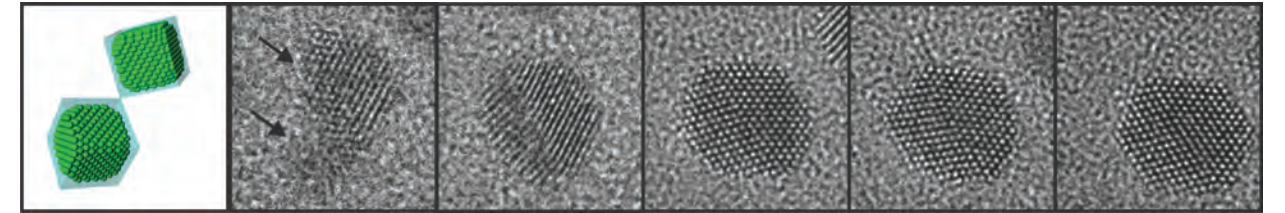


그림 1. 원자 단위에서 관찰 된 백금 나노입자 성장의 실시간 투과전자현미경사진(Science, 336, 61 (2012))

본 연구에 앞서 선행 연구로 금 입자를 그래핀을 이용해서 여러 가지 구조를 만드는 연구(나중에 Nano Letters (NanoLett., 11, 3290 (2011))에 게재된 연구)를 하는 중에 진공 중에 그래핀 막 속에 밀봉된 금 나노입자가 액체로 바뀌었지만 증발하지 못하고 그대로 액체로 존재한다는 사실을 투과전자현미경으로 최초로 발견하였고, 이러한 발견에 착안하여 그래핀 막 안에 금 나노입자 대신에 전자현미경 관찰을 위한 액체 시료를 넣어 투과전자현미경으로 관찰하고자 하는 실험을 시작하였다.

그래핀 두 장을 마주보게 겹쳐놓은 후 관찰하고자 하는 액체 시료를 적신 후 여분의 액체를 피펫으로 빨아내는 비교적 쉬운 방법을 사용하여 액체 시료인 백금 전구체가 담긴 콜로이드 용액을 그래핀과 그래핀 층 사이에 밀봉하는 데 세계 최초로 성공하였다. 이렇게 제작된 수십 nm 크기의 그래핀 액상 셀을 이용하여 세계 최초로 백금 나노입자의 초기 형성 및 성장 과정을 원자 단위에서 실시간으로 관찰하였다.

그림 1은 그래핀 액상 셀에 가두어진 백금 성장 용액에 전자 빔을 조사함으로써 백금 나노입자의 초기 형성 과정을 원자단위에서 실시간으로 관찰한 투과전자현미경 사진이다. 그림에서와 같이 액체 내에서 결정화가 일어나는 나노 결정들을 실시간으로 선명하게 관찰할 수 있었다.

그림에서 보면 하얀 점들이 보이는데 이들은 백금 원자의 배열을 나타내는 것이다. 즉, 액체 시편 내에서 원자의 배열을 세계 최초로 관찰했다는 것을 보여 주는 것이다. 액체 내에 나노 결정들이 활발히 움직이고 있는 모습을 관찰할 수 있었고, 나노 결정들이 두 개의 나노 입자의 {111} 면이 서로 평행할 때만 서로 결합을 하여 큰 입자로 성장하고 일치하지 않을 때는 성장하지 못하였다.

□ 연구비 지원

- 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 대학중점 연구소 지원사업으로 수행된 연구임(2011-0031407).

□ 연구실적

- 본 연구 내용은 2012년 4월 Science 저널에 게재되었고, Nature 지에서 우수 연구 업적을 소개하는 Research highlights에, Science지에서 우수 연구를 소개하는 This week란의 톱기사에, Science지의 Perspectives란에 기사로 각각 소개되었음. 또한 BBC News의 Science & Environment의 톱기사로 보도되었으며 KBS, MBC, SBS등 국내 TV 방송사 8곳과 조선일보, 중앙일보, 동아일보 등을 비롯한 국내 신문사 및 통신사 37곳에서도 보도되었음.