

# 나노유체를 활용한 단일 자성나노입자의 자기특성 판별

이은주<sup>1</sup>, 황리라<sup>1,2</sup>, 권윤미<sup>3</sup>, 이보화<sup>3</sup>, 박유근<sup>1</sup>, 박상윤<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>차세대융합기술연구원, 서울대학교

<sup>2</sup>Department of Chemistry, Stony Brook University, Stony Brook, NY

<sup>3</sup>전자물리학과, 한국외국어대학교

## 1. 서론

자성나노입자는 양자점나노입자, 형광나노입자등의 기타 나노입자들에 비해 제조의 용이성, 형질 변형의 다양성, 가격경쟁력, 친환경적 특성이 우수하므로 다양한 분야(에너지, 환경, 조기질병진단 및 치료 등)에 응용 가치가 매우 높다. 자성나노입자는 응용목적에 따라 크기, 자화특성의 정밀한 평가를 통한 특성의 제어가 필요하다. 기존의 SQUID와 VSM으로 나노입자의 평균자화값을 측정하였으나 단일 나노입자의 자화값을 평가할 수 없으므로, 정확한 평가가 어렵다. 이에 본 연구에서는 MEMS기술로 제작된 나노유체제어기술을 활용하여 단일 나노입자의 자화값을 평가할 수 있는지 여부를 알고자 한다.

## 2. 실험방법

양면 연마된 Si(100)wafer에 50nm의 SiO<sub>2</sub>와 30nm의 Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>를 각각 PE-CVD와 LP-CVD를 이용하여 제작한 박막에 KOH용액을 사용하여 뒷면식각을 하여 membrane을 그림과 같이 제작하였다. 제작된 membrane에 FIB를 사용하여 80nm의 직경을 가진 nanopore를 만들어 완성하였다.

제작된 나노포어소자는 헬름홀츠코일 중앙에 위치하고 그 위에 자성나노입자가 들어있는 0.1M의 KCl용액이 담긴 마이크로 챔버를 sealing하고, AgCl음극과 Ag/Ni/AgCl 양극사이에 전압을 인가하고 헬름홀츠코일로부터 자기장을 전기장의 방향과 평행하게 인가하면서 이온전류를 측정한다.

## 3. 실험결과

5분동안 이온전류의 변화를 측정하였다. 약 8nA의 이온전류가 나노포어를 통해 흐르는 동안 pulse형태의 전류강하가 다량발생한다. 이는 자성나노입자가 나노포어를 통과시 흐르는 전해질의 이온전류를 순간적으로 방해하는 것으로, 전류강하의 크기로부터 나노포어를 통과하는 단일 자성나노입자의 크기를 판별하였다. 나노유체내에서 전기장과 자기장하의 전하를 가진 자성나노입자의 속도는 Navier-stokes방정식, Poisson-Nerst-Plank 방정식, magnetic dipolar force를 통해 이론값을 계산하고 전류강하의 dwell time을 측정하여 속도의 실험값을 얻었다. 이로부터 단일 자성나노입자의 자화값을 판별하여 그 분포도를 외부자기장의 세기에 따라 확인하였다.

## 4. 결론

본 연구를 통해 자성나노입자의 크기를 정밀하게 측정할 수 있는 기술을 확보하여 기존의 기술에 비해 향상된 해상도를 가짐을 확인하였고, 기존의 측정기술로 알 수 없었던 단일 자성나노입자의 자화값을 나노유체 기술을 활용하여 판별할 수 있음을 확인하였다.