

## 음파를 이용한 모세관 안에서의 나노입자 조작

### Nano-particle manipulation in a capillary tube by flexural acoustic wave

김은선, 김영호, 전병천, 황인각

전남대학교 물리학과

nagobuk@hanmail.net

물질의 acoustic 이동은 다양한 부분에 적용할 수 있는 흥미로운 물리적 현상이다. acoustic wave에 의한 조작은 마이크로 크기 물질의 levitation과 trapping에 널리 사용되어져 왔다. acoustic wave에 의한 입자의 이동은 후에 의학이나 생물학 분야에서 미세 입자의 이동에 널리 이용될 수 있으며 새로운 microdevices, modern medicine, molecular biology의 도구, programmable biochip 개발에 이용될 수 있다. 이 연구에서는 광섬유 굽기의 모세관 내부에 은 나노 입자를 넣고, 광섬유를 따라 흐르는 음파에 의해 나노 입자들이 수송, 또는 포획되는 현상을 조사하였다. 본 연구는 광섬유 굽기의 모세관에서 이루어졌으나 후에 이를 Hollow core fiber로 대체하여 입자와 빛을 동시에 도파할 수 있는 집적 센서로 개발할 예정이다.



그림 1. (a) 음파 발생기의 구조 (b) 제작된 음파 발생기의 사진

음파를 발생시키는 소자를 대략적으로 보면 음파를 발생시키는 원뿔모양의 PZT가 원뿔모양의 혼과 부착되어 있으며 모세관이 이를 뚫고 지나가게 되어있다. PZT에 함수발생기를 이용하여 수MHz의 전기신호를 가하면 PZT가 진동하여 PZT면에 붙어있는 원뿔모양의 혼을 진동하게 한다. 이 진동 즉, 음향에너지가 모세관에 전달되어 음파가 모세관을 타고 진행하면서 모세관 안의 나노입자의 운동을 일으키게 한다. 적당한 길이 후에는 damper를 두어 음향에너지를 흡수하도록 하였다. 전기신호의 진폭이 10V 일 때 광섬유를 지나가는 음파의 진폭은 약 100 nm로 추정된다. 모세관 내부에는 직경 100nm크기의 구형에 가까운 고체 상태의 Ag입자를 삽입하고, 현미경으로 Ag입자의 이동 상태를 관찰하였다.

그림 2 (a)의 경우에는 damper를 설치하여 음파의 반사를 차단하고 진행파를 형성시켰을 경우 얻은 결과이다. 입자들이 음파의 진행방향과 같은 방향으로 이동하는 것을 관찰할 수 있다. 입자의 이동방향은 여러 가지 변수에 의해서 결정되는 것으로 알려져 있는데, 여기서는 중력과 모세관 윗면과 아래 면이 입자에 가하는 마찰력의 복합효과로 나타난다. 그림 2 (b)는 damper를 제거하고 광섬유의 절단면에서 생기는 반사를 이용해 정상파를 형성한 경우이다. 서로 다른 주파수에서 정상파의 주기가 달라지고 각 입

자들은 정상파의 마디에 분포함을 알 수 있다. 이러한 특성을 이용하면 주파수 조절을 통하여 모세관 내부에서 입자들을 원하는 위치까지 정확하게 이동하는 것이 가능해진다.

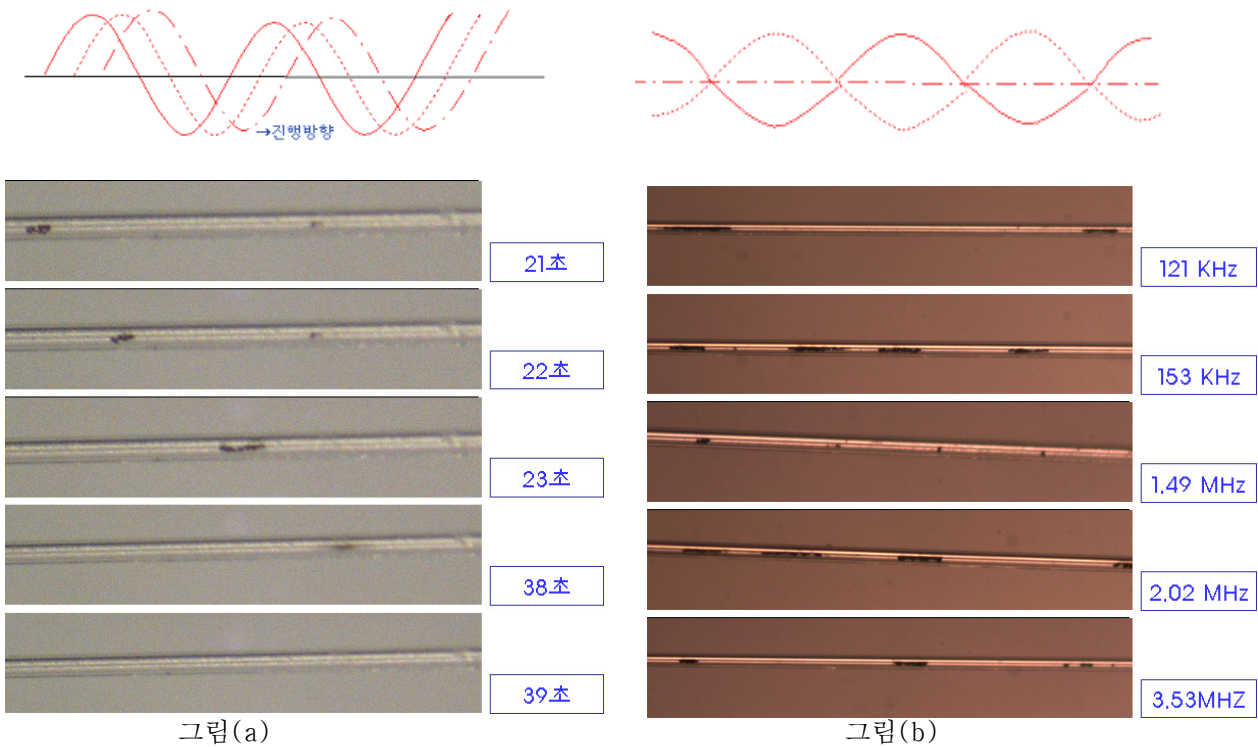


그림 2. (a) 주파수 30KHz에서 진행파가 형성되었을 경우 시간에 따른 나노입자의 이동 모습 (b) 서로 다른 주파수에서 정상파가 형성되었을 경우의 나노입자의 분포

위 연구에서는 PZT를 이용해 광섬유 굽기의 모세관에 음파를 형성하고, 그 음파에 의한 입자의 운동을 관찰해 보았다. 그 결과 음파의 정상파에 의한 입자의 포획과 진행파에 의한 입자의 이동을 관찰할 수 있었다. 앞으로는 이 실험을 hollow core fiber안에서 실행하여 여러 가지 입자에 의한 광학적 반응 등을 조사하고자 한다.

본 연구는 학술진흥재단의 젊은과학자연구지원사업(R08-2004-000-10503-0)의 지원을 받아 수행되었습니다.

Reference

1. V.G.Mozhaev and A.V.Zyrianova, "Analysis of Bidirectional Vibrational Transport of Small Objects by Periodic Wave Trains of Pulses", IEEE Ultrasonics Symposium, 1169-1172 (2004)
2. M.Wiklund, S. Nilsson, H. M. Hertz, "Ultrasonic trapping in capillaries for trace-amount biomedical analysis", Journal of applied physics vol 90. number 1, 421-426 (2001)
3. Muhammet Kursad Araz, Chung-Hoon Lee and Amit Lal, "Ultrasonic separation in microfluidic capillaries", IEEE ultrasonics symposium, 1111-1114 (2003)