

광집계를 이용한 콜로이드 주기 구조의 형성

Generation of colloidal periodic structure by using optical tweezers

§김현익, §임강빈, §주인제, §*오차환, §송석호, §김필수
 §한양대학교 물리학과 비선형광학 연구실
 *한양대학교 양자 광기능 물성 연구센터
 dahmulist@optics.hanyang.ac.kr

수 십 ~ 수 마이크로 크기의 미세 입자에 강하게 집속된 빔을 산란시키게 되면 입자들은 운동량의 변화에 따라 광의 초점부근에서 포획되는 힘을 받게 된다. 이런 힘은 scattering force와 gradient force로 구분할 수 있고, Optical tweezers는 광의 gradient force를 이용하여 미세 입자를 포획하고 조작하는 기술이다.⁽¹⁻³⁾ 광에 의해 물리적인 접촉 없이 입자를 포획할 수 있다는 사실로부터 optical tweezers는 생물학을 비롯한 많은 분야에서 유용한 도구로 사용되어지고 있다. 최근에는 하나의 입자가 아닌 다수의 입자들을 포획하기 위해서 다양한 방법이 제시되고 보고되었다.

본 실험에서는 다수의 입자들을 포획하기 위하여 그림 1과 같이 두 빔을 간섭을 시켜서 입자들을 포획하였다. 실험에 사용된 광원은 1064nm의 Nd-YAG 레이저를 사용하였으며 chamber에 회석된 입자는 3 μ m의 직경을 갖는 polystyrene(폴리스티렌구, 굴절률:1.59)을 사용하였다.

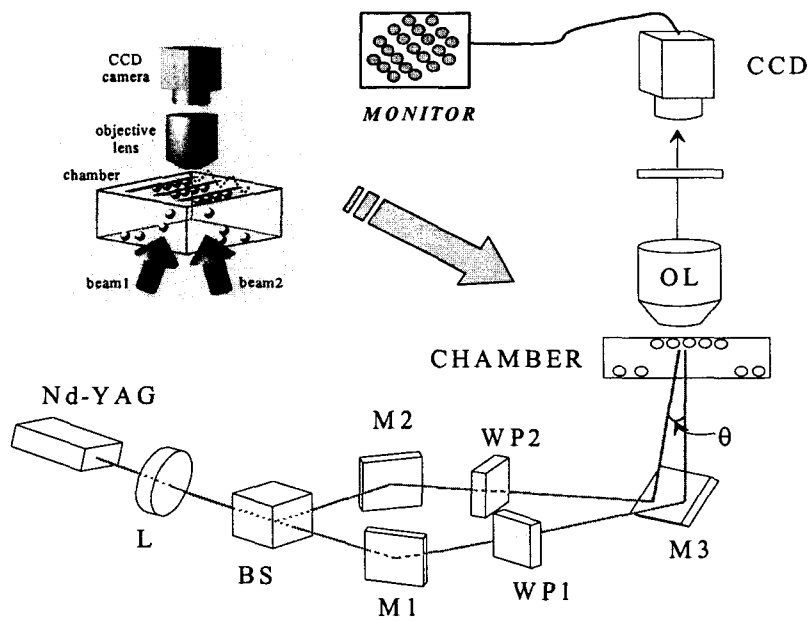


그림. 1

두 빔의 간섭에 의해서 chamber의 윗부분에서는 1차원의 주기적인 간섭 무늬가 형성된다. 간섭 무늬는 약 $5\mu\text{m}$ 의 주기를 갖도록 입사각을 조절하였으며 포획된 이미지는 대물렌즈를 통하여 확대한 후 CCD로 관측하였다. Chamber에 있는 입자들은 광의 scattering force에 의해서 chamber의 윗부분으로 떠오르는 힘을 받게 되고, chamber의 윗부분에서는 gradient force에 의해서 간섭 무늬의 밝은 곳에서 포획된다.

간섭 무늬에 포획되는 입자들에 작용하는 힘은 일반적으로 intensity gradient에 기인한다고 알려져 있다. 그러나 본 실험에서는 포획 양상의 편광에 대한 의존성을 알아보기 위하여 입사 빔의 경로에 wave plate을 사용하여 편광 방향을 조절하였다. 편광 방향을 달리 해준 결과, 입자들이 intensity gradient가 없더라도 간섭 무늬에 따라 포획될 수 있음을 처음으로 관측하였다. Intensity gradient가 없는 경우의 힘은 polarization gradient에 기인하는 것으로 예측되며 이에 대해 논의하고자 한다. 다양한 편광 조합을 만들어서 포획되는 양상을 관측하고 입자에 작용하는 힘을 drag-force방법을 사용하여 측정했다.

아래 그림 2-(a)는 intensity gradient에 의해 형성되는 콜로이드 주기구조를 나타내고, 2-(b)는 intensity gradient가 없는 경우에 형성된 콜로이드 주기구조를 나타낸다.

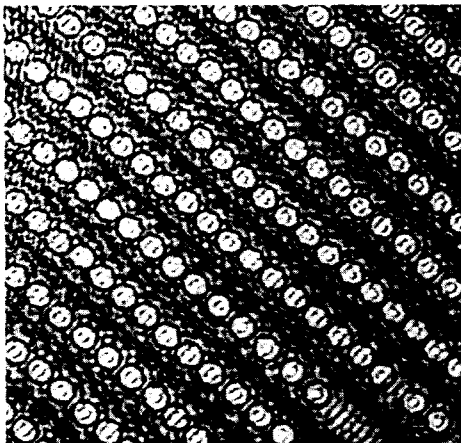


그림. 2-(a)

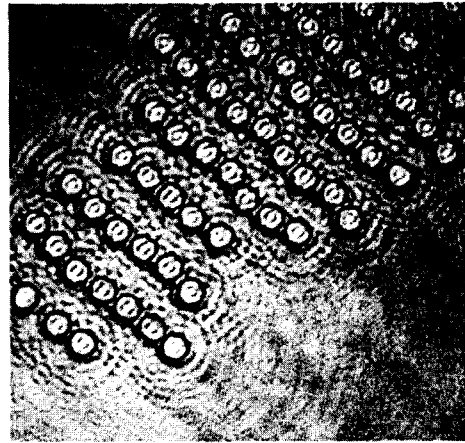


그림. 2-(b)

[References]

1. A. Ashkin, and Dziedzic. J. M, Appl. Phys. Lett. 11, 283(1971).
2. W.H. Wright, G. J. Sonek, and M. W. Berns, Appl. Opt. 33, 1735(1994)
3. Kang-Bin Im, Hyun-Ik, Kim, In-Je Joo, *Cha-Hwan Oh, Seok-Ho Song and Pill-Soo Kim , J. Korean Phys. Soc. 40, 930(2002).