

BioMEMS 분야에서의 광학 응용 Application of Optics in BioMEMS

이상훈

단국대학교 의과대학 의공학교실

dbiomed@dankook.ac.kr

1. 서론

근래 20 년간 MEMS 기술의 발전은 과학 기술 전반에 많은 영향을 미치고 있다. 특히 최근 Microfluidic 시스템에 관한 기술의 발전으로 인해 마이크로 분석 및 반응 장치에 관한 연구가 활발하게 진행되어 왔으며, 이들은 생물학, 화학 및 의학 등의 분야에 있어 광범위하게 응용되고 있다⁽¹⁻³⁾. 이러한 장치들은 'Lab on a Chip(LoC)' 이란 이름으로 불리어지고 있으며, 기존의 실험 장치를 대신할 수 있을 것으로 예상하고 있다. 이와 같은 생물이나 의학 분야 등에 활용할 수 있는 마이크로 구조물에 관한 것을 BioMEMS라고 하고 있으며, 오늘날 이러한 BioMEMS 분야에 광학과 관련된 기술들이 다양하게 응용되고 있다. 본 논문은 BioMEMS 및 기타 분야에서 많이 응용되고 있는 대표적인 광학 관련 기술에 관하여 이야기하고자 한다.

2. BioMEMS 및 기타 분야에서의 광학응용

1) Optical Trapping

1970년 이후 레이저의 생명과학 관련 연구에 있어 중요한 응용 중의 하나가 여러 종류의 원자나 초소형 입자를 잡는(trapping) 것 이었다. 광에 의해 trapping 하는 힘은 입자에 가해지는 광자의 모멘텀 이동(transfer)과 입자의 내에서 발생하는 gradient force로부터 나온다. 80년대 이후에는 광 트랩핑 방법은 세포 등의 생물입자를 다루는데 사용되기 시작하였다. 1985년 AT&T Bell Laboratories(by A. Ashkin)에서는 세계 최초로 바이러스와 E-Coli bacteria를 개별적으로 잡는데 성공하였다. 이 후 BioMEMS 기술을 이용한 BioChip(특히 Lab on a Chip) 관련 기술과 광 트래핑 기술의 결합으로 인하여 단일세포의 One Step 분석, DNA 특성 분석 등에 다양하게 응용되고 있으며, 앞으로 biotechnology 분야에 있어 광범위하게 응용될 수 있을 것으로 예상된다. 일본 동경대학의 Wasizu 그룹은 마이크로 전극이 내장된 마이크로 채널 내에 DNA를 둔 다음 Optical Trapping 기술을 이용하여 DNA Surgery 기술의 개발하였으며, Aaron 등은 단일세포를 마이크로 채널 내에 넣은 다음 형광 레이저를 이용하여 분석하는 연구 등을 진행하여 왔다.

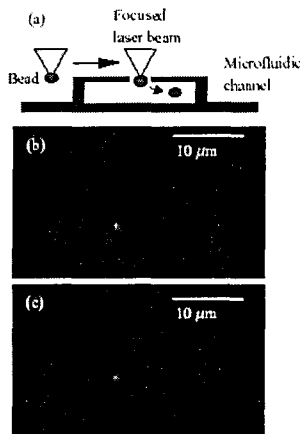


그림 1) 레이저 빔을 이용한 셀 분리(sorting)

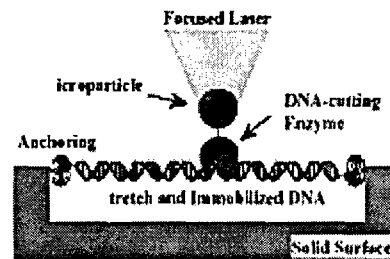


그림 2) Laser 빔을 이용한 DNS Surgery

그림 1)은 레이저 빔을 이용하여 마이크로 채널 내에 submicron 크기의 마이크로 비드를 이송하는 시스템의 개괄도와 사진을 보여주고 있다. 한편 그림 2)는 레이저 빔으로 DNA를 자를 수 있는 효소가 붙어있는 마이크로 비드를 잡고, 원하는 부위를 잘라내는 DNA 수술의 예를 보여주고 있다. 이를 이용하여 DNA의 원하는 부위를 추출해 낼 수 있다.

2) 광을 이용한 측정

BioMEMS 기술을 이용하여 제작된 마이크로 칩의 기능 평가를 위해 광 기술이 많이 사용되고 있다. 우선 유전자 칩이나 단백질 칩과 같은 array 칩의 반응 정도를 파악하기 위하여서는 광 기술을 이용한 scanner를 사용한다. 또한 그림 3)과 같이 마이크로 칩 형태의 면역센서의 반응 정도를 알기 위하여 레이저 광을 이용하며, LoC의 3차원적 분석과 LoC 내에서 반응된 화학물질의 성분 등을 분석하기 위해서는 레이저를 이용한 공초점 형광현미경(confocal microscopy)과 라만 시스템이 많이 사용되고 있다.

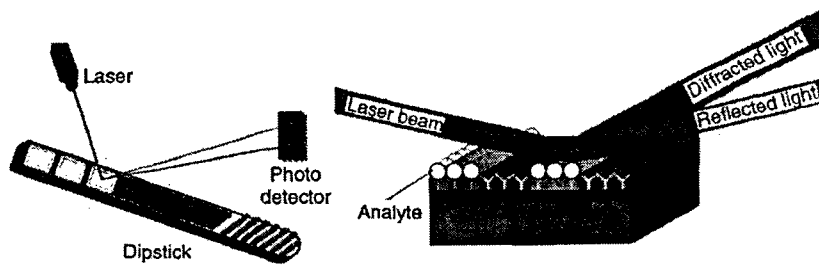


그림 3) Immunosensor based on biological grating

3) 광을 이용한 마이크로 시스템의 제작

레이저 광을 이용하여 마이크로 구조물을 제작하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그림 4)는 연소와 레이저 광 식각 방법을 이용하여 다양한 종류의 마이크로 구조물을 제작한 것으로, 곡면도 매우 부드럽게 제작할 수 있음을 보여주고 있으며, 깨끗하게 마이크로 크기의 구멍도 뚫을 수 있음을 보여주고 있다. 한편 그림 5)는 LCVD(Laser Assisted Chemical Vapor Deposition)를 이용하여 제작한 스프링을 보여주고 있다.

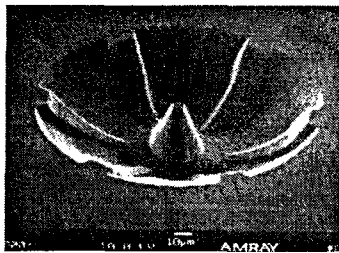


그림 4) 레이저 광을 이용하여 제작한 마이크로 구조물

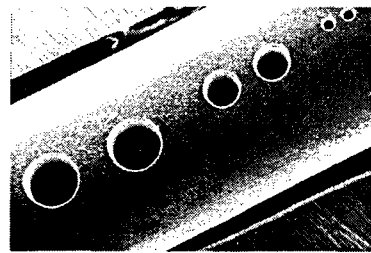


그림 5) 레이저를 이용하여 만든 스프링

3. 결론

BioMEMS 관련 기술은 현재 생명공학, 화학 및 의학 등의 분야에 있어 가장 효과적으로 사용될 수 있는 수단으로 많은 각광을 받고 있다. 앞으로 이러한 마이크로 시스템의 기능이 복잡해질수록 광 기술을 응용한 복합적 구조를 갖는 마이크로 장치의 요구가 급증할 것으로 예상된다.

4. 참고문헌

- 1) A. E. Kamholz, B. H. Weigl, B. A. Finlayson and P. Yager, "Quantitative analysis of molecular interaction in a microfluidic channel: the T-sensor", *Anal. Chem.*, 1999, **71**, 5340-5347.
- 2) J. W. Hong, V. Studerial, G. Hang, W. Anderson and S. R. Quake, "A nanoliter-scale nucleic acid processor with parallel architecture", *Nature Biotechnology*, 2004, **22**(4), 435-439.

T
F