

레이저 주사 현미경을 위한 고속 2차원 이미지 획득 시스템 구현

High-speed 2D Image Acquisition system for Laser Scanning Microscopy

배운성, 문석배, 이동수, 원영재, 김덕영

광주과학기술원, 정보기전공학부

bys@gist.ac.kr

레이저 빔을 이용하여 관찰하고자 하는 샘플을 스캔하여 이미지를 획득하는 레이저 주사 현미경의 경우, 스캔하는 방법으로 pzt stage, Galvano scan mirror, Acousto-optical device 등이 다양하게 사용되고 있다. 특히 Galvano scan mirror의 경우는 레이저 빔 특성의 변형 없이 비교적 빠른 스캔 속도를 얻을 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 공초점 주사현미경과 같은 대부분의 레이저 주사 현미경에 많이 사용되고 있다⁽¹⁾. 하지만 Galvano scan mirror가 레이저 빔을 주사하기 위해 회전할 때 발생하는 관성 모멘트로 인하여, Galvano scan mirror를 움직이게 하는 입력신호와 실제 mirror의 움직임에 차이가 발생하게 되는 단점이 있다. 특히 이러한 차이는 Galvano scan mirror의 속도가 증가하게 될수록 더욱 크게 벌어지게 된다. 또한 빠른 속도로 빔을 주사할 때, 일반적으로 Galvano scan mirror를 일정한 속도로 움직이는 것이 아니라, sin과 형태로 변화하는 속도로 움직이게 하는데, 이로 인해 주사되는 레이저 빔의 속도가 스캔 영역내 각각의 위치에 따라 달라지는 단점이 있다. 이러한 단점들로 인하여, 레이저 주사 현미경의 광검출기(PMT, Photo-detector, 등)로부터 들어오는 데이터를 획득하여 이미지를 만들 때, Galvano scan mirror의 입력신호에 맞추어서 일정한 속도로 데이터를 sampling 하게 되면 왜곡된 이미지가 얻어지는 문제가 발생하게 된다⁽²⁾. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 Galvano scan mirror내의 position detector에서 나오는 위치 신호를 이용하여 A-D Converter를 통하여 mirror의 위치와 동기가 맞추어진 pixel clock과 sync 신호를 만들었으며, 그것들을 광검출기를 통해 나오는 데이터와 함께 Frame grabber에 입력하여, 왜곡 없는 실시간 이미지를 얻을 수 있었다.

그림1.(a)는 Galvano scan mirror를 이용하여 빔을 주사할 때 mirror의 position detector에서 나오는 위치신호와 그것을 이용하여 만들어진 pixel clock을 나타내고 있으며, 스캐이닝 될 때 mirror의 위치가 sin과의 형태로 주기적으로 바뀌고 있으며, 또한 각각의 부분을 확대한 화살표 아래 세개의 그래프를 보면 mirror의 실제 위치에 따라서 pixel clock의 주파수가 변화하고 있음을 알 수 있다. mirror가 가장 빨리 움직이는 중간부분에서 pixel clock의 주파수가 가장 빠르며, mirror가 천천히 움직이고 있는 가장자리 쪽이 pixel clock의 주파수가 느린 것을 확인할 수 있다. pixel clock을 이용하면 frame grabber를 이용하여 2차원 이미지를 얻기 위해 필요한 Hsync, Vsync 신호 역시 만들어 줄 수 있다. 그림1.(b)는 2 axis Galvano scan mirror가 사용된 레이저 주사현미경에서 mirror의 실제 위치와 동기화시켜 광검출기로부터 들어온 데이터를 획득하여, frame grabber를 통해 실시간으로 2차원 이미지를 만드는 시스템의 signal flow diagram을 나타낸다.

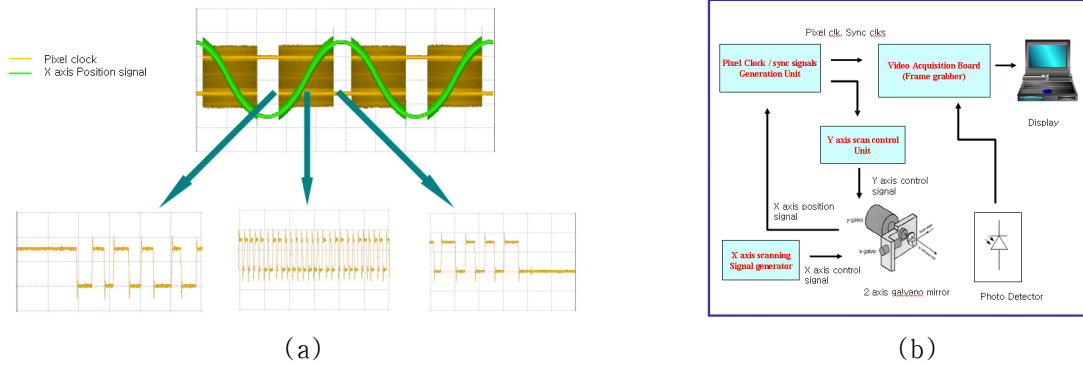


그림1.(a) Galvano scan mirror의 위치신호와 그에 따른 pixel clk
(b) signal flow diagram

x축 Galvano scan mirror의 위치신호를 이용하면 pixel clock, Hsync, Vsync 신호와 함께 y축 Galvano scan mirror의 제어신호를 만들어 줄 수 있다. pixel clock과 sync 신호들을 광검출기에서 나오는 데이터와 함께 frame grabber의 입력으로 넣어주어 2차원 실시간 영상을 만들 수 있다.

위와 같이 2 axis Galvano scan mirror로 구성된 이미지 구현 시스템을 공초점 주사현미경에 연결하여, 이미지를 얻을 수 있었다. 그림3.(a)는 10X 0.25NA 대물렌즈를 이용하여 얻은 USAF resolution target의 이미지이다. x axis galvano scan mirror를 500Hz로 움직여서, 512×512개의 pixel을 가지는 이미지를 1frame/s의 속도로 얻을 수 있었다.

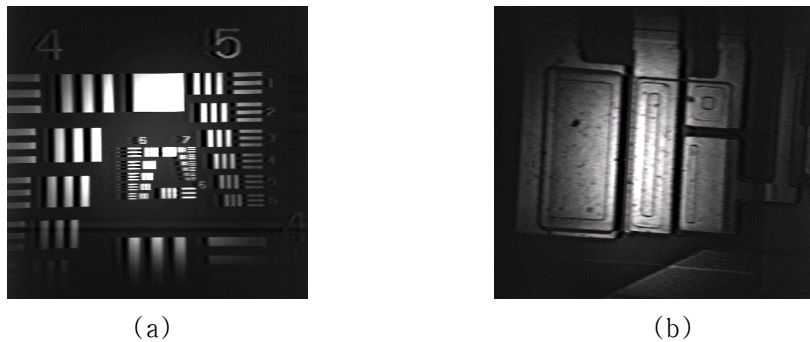


그림 3.(a) USAF resolution target 이미지
(b) IC chip 내부 회로의 이미지

Acknowledgment

This work was supported by Creative Research Initiatives (3D Nonoptical Imaging Systems Research Group) of MOST/KOSEF

참고문헌

1. J. Rietdorf and E.H.K Stelzer, in "Handbook of Biological Confocal Microscopy Third ed.(J. B. Pawley, ed), p.52, Springer Science+Business Media, 2006.
2. Michael J. Sanderson, "Acquisition of Multiple Real-Time Images for Laser Scanning Microscopy, Microscopy And Analysis", 17~18, 21~23(July, 2004)