

반도체 레이저의 빛살되먹임을 이용한 능동적으로 안정화된

shear-force 측정

Actively stabilized shear-force detection using optical feedback in a laser diode

정희성, 정은교*, 조규만

서강대학교 물리학과, *(주)네오펙

s299031@ccs.sogang.ac.kr

표면의 기하학적 구조 및 광학적 구조를 측정할 수 있는 가장 손쉬운 방법은 광학 현미경을 이용하는 것이다. 그러나, 광학현미경의 경우 표면의 구조 및 광학적 특성에 대한 정량적인 분석이 어려울 뿐만 아니라 회절한계로 인하여 사용되는 파장보다 작은 구조의 경우 명확하게 분석할 수 없다. 따라서 이러한 문제점들을 동시에 해결한 근접장 광학 현미경에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

본 연구실에서는 반도체레이저(LD)의 빛살되먹임(optical feedback)을 이용하여 빛살 되먹임 shear-force 현미경을 제작한 바 있다.[1,2] 이러한 현미경은 레이저 빛살의 세기변조를 이용한 shear-force 측정방법에 비해 소형화가 가능하며, 빛살의 간섭성을 이용하므로 탐침의 진동진폭측정에 대한 검지율이 높아 좋은 감도로 shear-force를 측정할 수 있고, 작은 진동진폭에 의해 높은 분해능을 유지할 수 있다. 뿐만 아니라, 빛의 정렬이 쉬우며, tuning fork를 이용한 근접장 광학 현미경에 비해 탐침의 교환이 간편하다는 장점도 가지고 있다. 그러나 LD는 외부환경의 열적 변화, 혹은 광학적인 잡음에 매우 민감하고 이러한 잡음에 의해 출력의 세기가 변화된다. 따라서 외부환경의 영향을 최소한으로 줄일 수 있는 차폐장치를 사용하여야 하는데, 이러한 차폐장치가 있더라도 장시간의 안정화에는 무리가 따른다. 본 논문에서는 차폐장치 없이 장시간 동안 안정적으로 shear-force를 측정할 수 있는 근접장 광학 현미경을 소개한다.

[그림 1]은 LD의 빛살 되먹임을 이용한 shear-force 측정장치의 개략도이다. 광섬유 탐침은 반도체 레이저 바깥에 위치한 외부 거울로서 간주할 수 있으므로 탐침과 LD사이의 거리변화에 의해 LD의 발진특성도 같이 변화된다. 이 때 LD의 출력은 탐침과의 거리에 대해 근사적으로 사인함수꼴이 된다고 알려져 있다.[2] 따라서 탐침과 LD사이의 거리를 조절하여 사인함수가 0이 되도록 유지하면 최대의 검지율을 가지고 안정적으로 탐침의 진동진폭을 측정할 수 있을 것이다. 그림의 시스템에서는 탐침을 진동시킨 후 LD의 위치를 monitoring PD에서 검출되는 교류신호가 최대가 되도록 이동시킨다. 그 다음 LPF(low-pass filter)를 거친 직류 신호의 error signal을 PI(propotional-Integral) 회로를 이용하여 Piezoelectric Transducer로 되먹임함으로서 PD에서 일정한 직류신호가 검출되도록 하였다.

[그림 2(a)]는 탐침을 일정하게 진동시키면서 LD와의 거리를 변화시킴에 의해 PD에서 검출되는 직류 및 교류 신호이다. 여기서 직류신호는 탐침과 LD사이의 거리에 의한 LD의 출력특성을 나타내고, 교류신호는 탐침의 일정한 진동진폭에 대한 검지율을 나타낸다. 그림을 보면 세로선부분이 가장 검지율이 좋은 것을 알 수 있고, 따라서 본 실험에서는 화살표부분의 직류신호를 기준으로 하여 error signal을 되



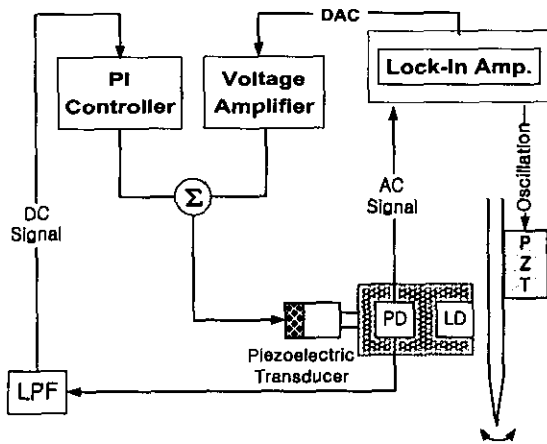
먹임하였다. [그림 2(b)]는 능동적으로 안정화된 shear-force 측정 시스템에서 탐침이 shear-force 영역 외부와 내부에 있는 경우 각각에 대한 교류신호의 장시간 안정도를 보여준다.

[그림 3]은 탐침의 공명진동수 및 접근곡선(approach curve)이다. 탐침의 공명진동수는 143.95kHz이고 Q값은 331이었으며, 접근곡선에서 신호의 크기는 시료와 탐침사이의 거리가 대략 15nm정도서부터 급격하게 감소한다.

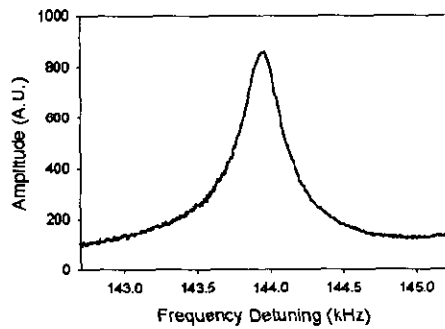
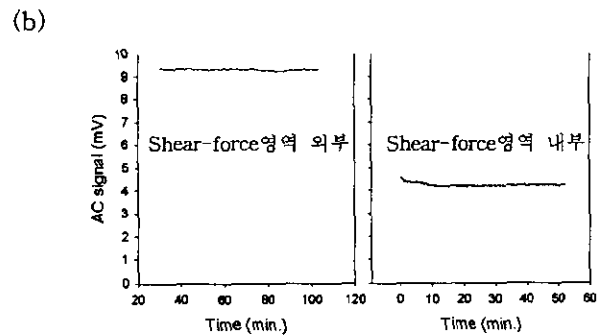
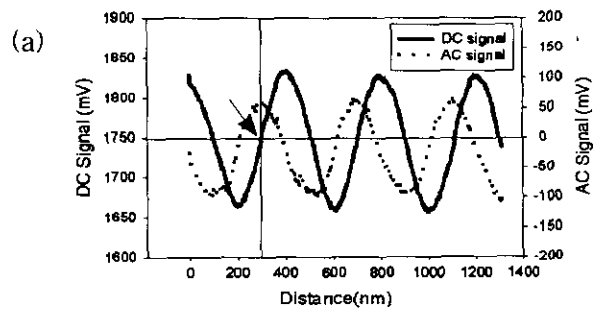
본 연구를 통해 우리는 탐침과 LD사이의 거리를 능동적으로 조절함으로써 높은 shear-force 감지율과 장시간의 시스템 안정도를 가지는 근접장 광학 현미경 시스템을 구성할 수 있었다. 현재 본 연구실에서는 이 시스템을 이용하여 비선형 물질의 시간에 따른 광학적 특성 변화에 대한 실험을 수행중에 있다.

[참고 문헌]

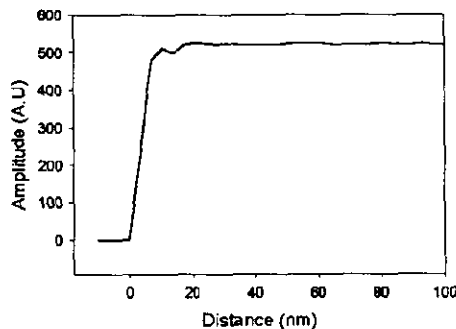
1. K. B. Song, J. E. Bae, K. Cho, Appl. Phys. Lett. 73, 2260 (1998).
2. K. B. Song, S. Y. Kim, J. K. Lee, K. Cho, Proceedings of the 4th International Conference on Near-field Optics, p.28 (1997).



[그림 1] 빛살 되먹임을 이용한 shear-force 측정장치



(a)



(b)

[그림 3] (a) 탐침에 인가된 진동주파수에 따른 탐침의 진동진폭.

(b) 광섬유 탐침과 시료표면간의 거리에 따른 탐침의 진동진폭.