

광학적 방법을 이용한 마이크로 구조물의 편평도 측정

민성욱*, 정계훈, 송민호, 이병호
서울대학교 전기공학부

Flatness Measurement of Microstructures using an Optical Method

Sung-Wook Min, Jae-Hoon Jung, Minho Song, ByoungHo Lee
School of Electrical Engineering, Seoul National University

Abstract

Using a modified Michelson interferometer configuration, the flatness of micro mirror cell surface was probed. Interferograms were captured at CCD camera plane by defocusing object beam onto the micro mirror with microscope objective lens. And these were compared with the interferograms made with the flat metallic mirror. Also, the theoretical analysis is presented.

I. 서론

물질표면의 물리적인 성질을 알아보는 방법에는 STM, α -step 과 같이 표면을 scanning하면서 측정하는 방법과 광학적 간섭계를 이용하여 간섭패턴을 분석하여 측정하는 방법이 있다.

Scanning을 이용하여 표면을 측정하는 방법은 sub-nano 이상의 정밀도로 표면을 측정할 수 있는 반면에, 측정면적이 좁고 측정시간이 오래 걸린다는 단점이 있다. 그러므로 많은 sample을 빠른 시간 안에 test해야하는 경우에는 적합한 방법으로 볼 수 없다. 물체 표면의 곡률 반경 등을 측정하는데 이용되는 간섭계에는 Fizeau 간섭계[1], Murty 증밀리기간섭계[2]등이 있는데, 이것을 이용하는 측정방법은 표면에 빛을 반사시켜 간섭패턴을 만들고, 그 간섭패턴을 해석하는 것으로, 빠르고 정확하게 표면의 성질을 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나, 이러한 간섭계는 평행광을 이용하여야 하므로 micro 단위의 구조물의 편평도를 측정하는 데는 한계가 있다.

본 고에서는 MMAD(Micro Mirror Array Display)와 같이 STM 등의 측정방법이 사실상 불가능하고, 기존 광학 간섭계로도 측정하기 힘든 micro mirror의 편평도를 측정할 수 있는 방법에 대하여 논하고자 한다. 그림 1은 측정하려는 MMAD sample의 SEM사진이다.[3,4]

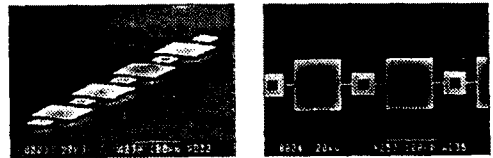


그림 1. 1×4 MMAD sample의 SEM사진[3,4]

II. 마이켄슨 간섭계를 이용한 Micro-mirror의 측정

Micro mirror의 편평도를 측정하기 위해 제안한 마이켄슨 간섭계의 구조는 그림 2와 같다. 이것은 입사되는 지름 8mm의 평행광을 현미경의 대물 렌즈를 이용하여 sample로 focusing해 micro 구조물의 측정을 가능하게 한 것이다.

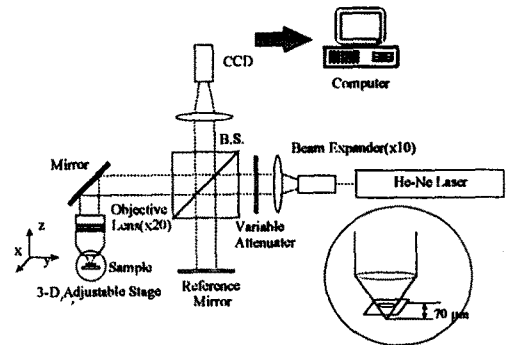


그림 2. 측정을 위한 마이켄슨 간섭계의 구조

평행광을 현미경의 대물 렌즈에 입사시키고 대물 렌즈의 focus에 sample mirror를 놓게 되면 빛은 다시 평행광이 되어 beam splitter로 가게되어 CCD에는 선형간섭패턴이 나타나게된다. 그리고, focus에서의 beam waist는 수 μ m이내이기 때문에 sample mirror대신 micro mirror를 놓아도 비슷한 패턴이 나오게된다.

Micro mirror의 전체적인 정황은 보기 위해서는 그림 2에서처럼 micro mirror를 defocusing하여 간섭패턴을 만들면 된다. 측정

한 micro mirror의 크기는 $100 \times 100 \mu\text{m}$ 이고, focus로부터 $70 \mu\text{m}$ defocusing함으로 beam이 mirror 전체를 덮을 수 있었다. 이 경우 간섭패턴은 micro mirror뿐 아니라 sample mirror의 경우도 ring모양이 되기 때문에 sample mirror의 경우의 간섭패턴과 micro mirror의 간섭패턴을 비교해 측정하여야 한다.

III. 간섭패턴의 분석

간섭패턴은 진행하는 빛의 wave front들이 만나는 점을 가장 밝은 곳으로 해석하므로서 시뮬레이션되어질 수 있다. 즉, 그림 3에서와 같이 평행광과 평행광의 경우에는 직선형태의 간섭패턴이 나타나게 되며, 평행광과 반산하는 빛의 경우에는 원형의 간섭패턴이 생기게 될 것이다.

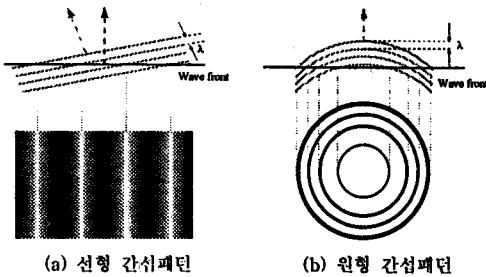


그림 3. 간섭패턴

현미경의 대물 렌즈를 통해 defocus된 빛의 wave front는 원형으로 수렴이나 반산하게 될 것이므로 그림 3의 (b)와 같은 형태의 간섭패턴이 생기게 된다. 이 경우 n 번째 fringe의 간격 d_n 은 식 (1)과 같게 되고, fringe의 개수 n 과 간섭패턴의 반지름 a 에 따른 wave front의 curvature R 은 식 (2)와 같이 구할 수 있게 된다.

$$d_n = \sqrt{R^2 - (R - n\lambda)^2} \quad (1)$$

(R 은 wave front의 curvature)

$$R = \frac{n^2 \lambda^2 + a^2}{2n\lambda} \quad (2)$$

그림 4는 sample mirror의 defocusing 거리를 변화시키면서 CCD로 잡은 간섭패턴의 상이다. 이것을 보면, defocusing된 거리가 증가할수록 fringe의 개수가 증가하는 것을 볼 수 있다.

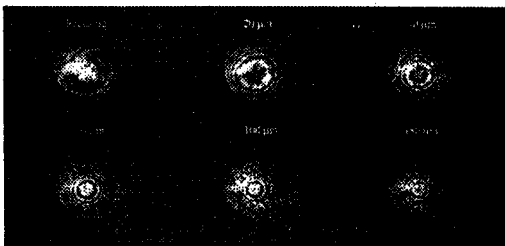


그림 4. Defocusing 거리에 따른 간섭패턴

그리고, 그림 5은 얻어진 간섭패턴과 식 (1), (2)를 이용하여 시뮬레이션한 패턴을 비교한 것이다. 시뮬레이션을 통해 구한 wave front의 curvature는 표 1과 같다.

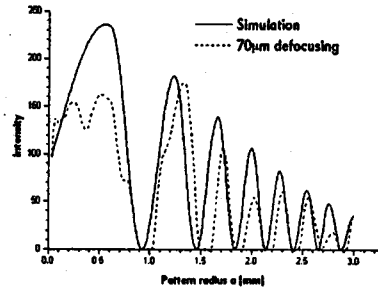
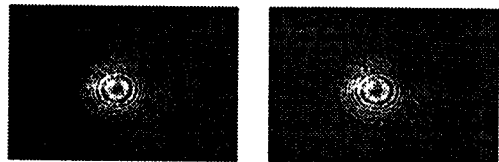


그림 5. 간섭패턴 시뮬레이션

표 1. Defocusing 정도에 따른 Curvature

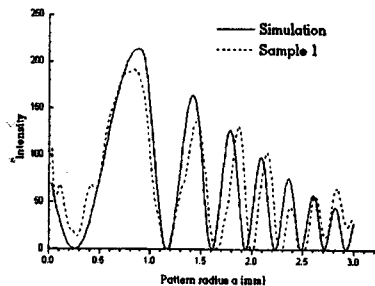
Defocusing Distance	Wavefront Curvature [cm]
$60 \mu\text{m}$	100.63
$70 \mu\text{m}$	97.38
$80 \mu\text{m}$	87.47

Sample mirror 위치에 측정하고자 하는 micro mirror를 놓은 경우의 간섭패턴은 그림 6과 같다. 이 경우 간섭패턴의 fringe 개수와 curvature의 크기는 sample mirror의 경우와 거의 동일하여 micro mirror의 편평도가 우수하다는 것을 알 수 있다. 그러나, 그림 7에서처럼 시뮬레이션한 패턴과 fringe의 위치의 오차정도가 sample mirror의 경우 보다 크다. 이것은 micro mirror에 약간의 휨이 있다는 것을 보여준다.

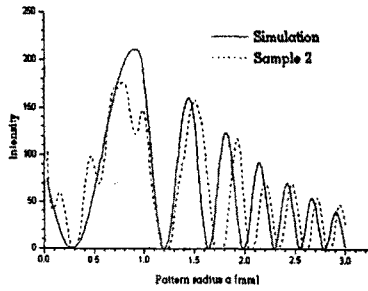


(a) Micro mirror 1 (b) Micro mirror 2

그림 6. Micro mirror의 간섭패턴



(a) Micro mirror 1 과 시뮬레이션 결과 비교



(b) Micro mirror 2 과 시뮬레이션 결과 비교

그림 7. Micro mirror의 간섭패턴과 시뮬레이션 결과 비교

IV. 결론 및 과제

본 논문에서는 micro 구조물의 편평도를 측정할 수 있는 간섭계를 이용하여 sample mirror와 micro mirror의 간섭패턴을 관찰하고, 이를 비교하여 micro mirror의 상대적 편평도를 측정하였다. 이상의 결과를 가지고 광경로와 네른렌즈의 초점거리등을 이용하여 계산하면, 절대적 편평도의 크기도 계산할 수 있을 것이다.

※ 본 논문은 통상산업부의 선도기술개발사업의 지원을 받은 것임.

참고 문헌

- [1] Mark C. Gerchman and George C. Hunter, *Opt. Engineer*, 19, 843(1980).
- [2] M. V. R. K. Murty, *Appl. Opt.*, 3, 531(1964).
- [3] S.-W. Chung, J.-W. Shin, Y.-K. Kim, B.-S. Han, *Proceedings of the 8th Int. Conf. on Solid State Sensors and Actuators*, 1, 312(1995).
- [4] 정석환, 신중우, 김용권, 김호성, 한봉수, 최법규, 1995 대한전기학회 MEMS 연구회 학술발표회 논문집, 33(1995).