

# 화상처리용 마이크로 미러의 동특성 측정기술

이은호\*, 김규로\*\*

## Dynamic Characteristics Measurements of Micro Mirror for Image Display

E. H. Lee\*, G. R. Kim\*\*

### ABSTRACT

A  $100 \times 100 \mu\text{m}^2$  aluminum micro mirror is designed and fabricated using a thick photoresist as a sacrificial layer and as a mold for nickel electroplating. The micro mirror is composed of aluminum mirror plate, two nickel support posts, two aluminum hinges, two address electrodes, and two landing electrodes. The aluminum mirror plate, which is supported by two nickel support posts, is overhung about  $10 \mu\text{m}$  from the silicon substrate. The aluminum mirror plate is actuated like a seesaw by electrostatic force generated by electric potential difference applied between the mirror plate and the address electrode. This paper presents some methods to measure the optical and the dynamic characteristics of the fabricated micro mirror

Key Words : Micro Machine(마이크로 머신), Micro Mirror(마이크로 미러),  
Dynamic Characteristics(동특성), Mirror Array(미러어레이)

### 1. 서론

컴퓨터 산업은 20세기 중반 이후 새롭게 탄생되어 타 기술 분야에 비해 급속한 발전 과정을 거쳐 지금은 전세계의 경제 및 사회에 영향을 미칠 수 있는 위치로까지 성장하였다. 이같은 발전을 가능케 한 요인 중 하나인 반도체 설계 및 제작 기술을

다른 분야의 기술과 결합하여 새로운 기술 및 산업 분야를 창출해 내려는 노력 역시 근래 들어 활발해 지고 있으며, 이러한 노력 중에서 대표적인 것으로서 마이크로 머신 기술을 들 수 있다.

마이크로 머신 기술은 금속 소재로 부터 전체 크기가 1mm이하의 기체를 제작할 수

\* 국립기술품질원 국제표준계량과

\*\* 국립기술품질원 자동화기술과

있으며, 컴퓨터 회로와 결합되어 집적화된 지능화 시스템을 제작할 수 있다는 장점과, 반도체에서와 마찬가지로 복잡한 제품이라도 일단 완성되면 쉽게 대량으로 복제할 수 있다는 장점을 갖는다.<sup>(1)</sup> 마이크로 머신은 '80년대 중반부터 연구가 시작되어<sup>(2,3)</sup> 초기에는 매우 작은 기계 제품의 제작 단계에 지나지 않았으나, 지금은 자동차 에어백용 충격센서, 자세 제어용 자이로등 제품 상용화 단계에까지 발전하였다. 향후 마이크로 머신 기술은 기계, 의료, 항공우주등 보다 넓은 분야에 적용되어 지금까지의 기술로는 수행하기 어려웠던 작업을 수행하게 하고, 고급 기술 제품의 사용 확대를 이룰 수 있게 하는데 큰 기여를 할 것으로 기대되고 있다. 마이크로 머신은 그 제작에 대하여는 많은 연구가 진행되고 있으나, 취약성 및 미소성 등의 특성으로 인하여 동특성의 측정 방법은 그다지 많이 연구되고 있지 않다.

따라서 본 연구에서는 마이크로 머신 기술을 이용하여 제작된 작동 가능한 미소 거울(deformable micro-mirror)을 대형화면 표시 장치로서 이용할 수 있게 하는데 필요한 기초 기술의 개발을 수행하기 위하여 Lateral Effect Photodiode를 사용하여 미소 거울의 동특성을 광학적으로 측정할 수 있는 시스템을 설계하고 실험을 통하여 가능성을 입증하였다.

## 2. 동특성 측정 시스템의 구성

### 및 광학 실험

#### 2.1 마이크로 미러의 구조

마이크로 머신 기술을 이용한 광용용 기

기는 마이크로 머신 중에서도 비교적 역사가 긴 편에 속하는데 이는 마이크로 머신이 낼 수 있는 힘이 매우 작다는 특성으로 인하여 기계적 일을 수행하는 기구보다는 빛을 대상으로 하는 기계(예;Integrated Optics부품 등)의 개발이 일찍부터 이루어졌기 때문이다. 이 중에서 화상 표시용으로 연구되는 마이크로 머신은 그 작동 방식에 따라 다음의 세 가지로 나뉜다.

- FED(Field Emission Display)<sup>(9)</sup>
- GLV(Grating Light Valve)<sup>(10)</sup>
- DMD(Digital Micro-Mirror Display),  
AMA(Active Mirror Array)<sup>(11,12)</sup>

이 세 가지 방식들은 그 작동 원리가 전혀 다르다. DMD와 AMA의 경우는 빛의 반사를 이용하고, GLV의 경우는 빛의 회절(diffraction)을 이용한다. FED<sup>(9)</sup>는 뿔쪽한 칩 끝에서 방출되는 전자를 가시광선으로 전환하여 볼 수 있도록 한 것을 미소화 하여 어레이로 늘어놓아 화상 디스플레이장치를 사용할 수 있게 한 것으로서 마이크로 머신 이라기 보다는 미소 구조물이라고 하는 것이 타당 할 것이다.

DMD<sup>(11,12)</sup>는 미국의Texas Instruments사에서 '70년대부터 연구가 진행되었으며, 곧 HDTV용 디스플레이 장치로 상용화될 수 있을 것으로 예상된다. 이것은 비틀림 힌지에 매달린 미소 거울을 정전기를 이용하여  $\pm 10^\circ$  씩 기울어질 수 있게 하고, 거울 위로 비추지는 광원으로부터 빛이 반사된 것을 스크린에 투영하도록 하는 것이다. 이러한 미소 거울을 가로 세로로 100개 이상씩 배열한 후 영상 신호에 따라 각각 구동되게 하면 스크린 상에는 TV화면이 보

여지게 된다. 이때 밝기의 단계는 거울이 ON상태로 되어 있는 시간을 PWM방식으로 조절하여 얻을 수 있다.

본 연구에서 사용된 미소 거울은 미국의 TI사에서 제작한 DMD를 참고로 하여 개발되었으며, 설계 기법은 마크로 모델(가로 세로 크기 각 1cm)을 통하여 검증 되었고, 이것을 바탕으로 거울의 크기가  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 인 모델을 제작하고 실험을 실시하였다. 개발된 마이크로 미러의 개략적인 구조는 Fig.1과 같다. 실험에서 사용한 모델에서는 거울을 지지하는 비틀림 힌지의 크기는 길이, 폭, 두께가 각각  $20\mu\text{m}$ ,  $5\mu\text{m}$ ,  $0.1\mu\text{m}$ 이다.

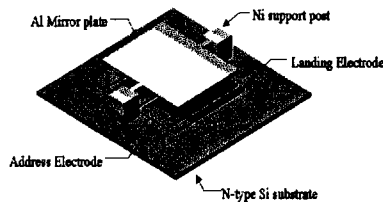


Fig. 1 Schematic diagram of Micro-mirror

## 2.2 Lateral Effect Photodiode를

### 이용한 동특성 측정 실험 시스템

마이크로 머신의 제작에 비해 동특성

(dynamic characteristic)의 측정 방법은 그다지 많이 연구되지 않고 있다. 그것은 마이크로 머신의 크기가 작은 관계로 기존의 측정 장비를 사용할 수가 없으며, 측정 장비를 마이크로 머신과 같은 제작 방법으로 개발하여야 하는 경우가 많기 때문이다.

마이크로 미러는 취약성 및 미소성으로 인하여 일반적인 센서를 부착하여 그 성능을 측정하는 것은 곤란하다. 본 연구에서는 아날로그 방식으로 밝은 점의 위치를 측정할 수 있는 센서인 Lateral Effect Photodiode를 사용하여 레이저 반사광의 위치 변화를 측정하여 마이크로 미러의 편향각 변화를 측정하는 방법에 관하여 연구하였다. 레이저광을 마이크로 미러 위에 비춘 후 그 반사광이 스크린 위에서 형성하는 점을 측정함으로써 미소 거울의 움직임인 각도 변화를 측정할 수 있다. Fig. 2는 본 연구에서 설계된 실험 장치의 구성을 나타낸다.

Lateral Effect Photodiode는 감지부의 표면 위에 밝은 점이 놓일 때 그 위치에 따라 출력 전류의 값이 연속적으로 변화하는 센서로서 정밀 좌표 측정용으로 많이 사용되고 있다.<sup>(15)</sup> 본 연구에 사용된 Lateral Effect Photodiode의 사양은 Table. 1과 같다.

## 2.3 마이크로 미러의

### 광학적 동특성 측정 실험.

본 연구의 동특성 측정 시스템에서는 헬륨-네온 레이저와 마이크로 미러 장치를 광학 테이블 위에 고정하고 레이저 광이 단일 마이크로 미러 위로 조사되도록 하였다. 그리고 마이크로 미러가 작동됨에 따라

변화하는 레이저 반사광의 궤적( $\pm 20^\circ$  안에 존재한다)이 모두 좌표 측정용 포토다이오드의 감지면적 위에 놓여질 수 있도록

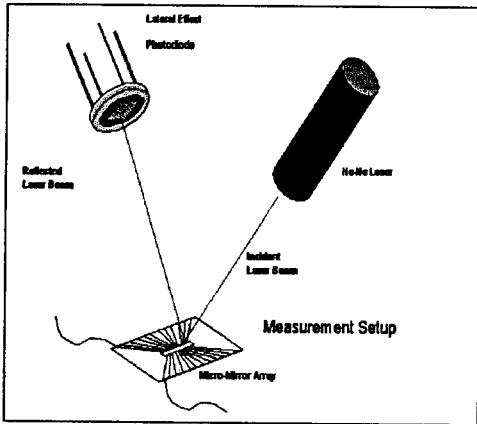


Fig. 2 Schematic diagram for measurements of the optical characteristics of the developed micro-mirror

레이저 헤드와 마이크로 미러, 포토다이오드의 위치를 조정하여 마이크로 미러의 운동 특성을 측정할 수 있는 시스템을 설계하고 광학적 실험을 실시하였다.

### 3 실험 결과 및 고찰

Fig. 3은 개발된  $1 \times 4$  마이크로 미러 어레이의 SEM사진을 나타낸 것이고 Fig. 4는 본 연구에서 설계한 동특성 측정 시스템에 의한 실험 결과를 나타낸다.

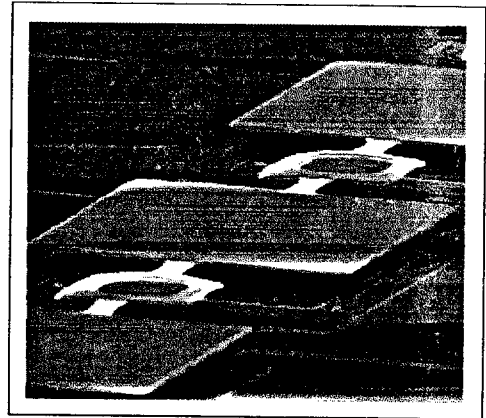


Fig. 3 SEM view of  $1 \times 4$  micro mirror array

마이크로 미러는 거울 밑에 위치한 전극에 전압을 가할 때 발생하는 전극과 거울 간의 정전력으로 구동되도록 되어 있다. 이 힘은 전극에 가해지는 전압이 높아짐에

Table 1 Specifications of Lateral Effect Photodiode

EFFECTIVE SENSING AREA(MM)	POSITION DETECTION ERROR OVER90% OF SENSING AREA $\mu m$		RESPONSIVITY (900nm) A/W		DARK CURRENT nA		CAPACITANCE $\mu F$		INTER-ELECTRODE RESISTANCE K $\Omega$			RISE TIME 10%-90% (830nm) $\mu S$		POSITION DETECTION DRIFT		NEP	
	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	TYP.	MAX.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.	TYP.	MAX.	$\mu m/V$		TYP.	MAX.
	20 X 20	40	100	0.4	0.5	500	5000	300	400	5	10	15	7	13	0.4	$1.78 \times 10^{-12}$	$5.60 \times 10^{-13}$

따라 증가하며 힘이 증가함에 따라 비틀림 스프링에 매달린 거울이 전극 방향으로 기울어지게 된다. 따라서 어느 한도 이상의 전압(이것을 threshold voltage 라고 한다)을 계단과 입력(step input)으로 가하면 거울은 중립 위치로부터 전극 방향으로 완전히 기울어져 바닥 면과 붙어 버리게 된다.

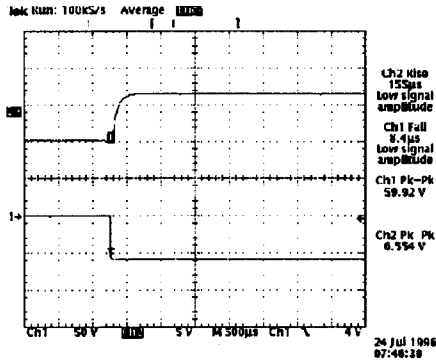


Fig. 4 Micro mirror dynamic characteristic by designed system

#### 4 결론

본 연구에서는 마이크로 머신 기술을 이용하여 제작된 작동 가능한 미소 거울 (deformable micro-mirror)을 대형화면 표시 장치로서 이용할 수 있게 하는데 필요한 기초 기술의 개발을 수행하기 위하여 Lateral Effect Photodiode를 사용하여 미소 거울의 동특성을 광학적으로 측정할 수 있는 시스템을 설계하고 실험을 통하여 가능성을 입증하였다.

본 연구에서는 위치 측정용 포토다이오드(lateral effect photodiode)를 이용하여 마이크로 미러의 동특성을 측정할 수 있는

시스템을 설계하였다. 또한 이번 측정 시스템은 마이크로 미러 어레이 뿐만 아니라 기타의 마이크로 머신들의 동특성 측정에도 사용될 수 있을 것으로 생각된다. 향후 연구 과제로는 개발된 마이크로 미러의 동특성을 측정하여 설계치와 비교한 후 마이크로 구조의 해석식을 보다 현실과 일치하도록 보정하는 일을 들 수 있다.

#### 참고문헌

1. 藤田博之 著 김용권 譯, 마이크로머신의 세계, 대영사, 1995
2. Fan, L.S., Tai, Y.C., Muller, R.S., "pin Joints, Gears, Springs, Cranks, and Other Novel Micromechanical Structures," *Proc. Transducers '87*, pp.849 - 852, 1987
3. Tai, Y.C., et al, "IC-Processed Electrostatic Synchronous Micro-motors," *Sensors & Actuators*, Vol. 20, pp.49 - 56, 1989
4. 産業科學技術研究開發指針, 通商産業省 工業技術院 編, 1994
5. Bell, Trudy E., "The HDTV 'Test Kitchens'," *IEEE Spectrum*, April, 1995
6. Birkmaier, Craig J., "A Commentary on Requirements for the Inter-operation of Advanced Television with

- the National Information Infra-structure”
7. “Digital Micromirror Display Delivering On Promises Of “Brighter” Future for Imaging Applications,” Texas Instruments, 10/94
  8. Nakamori, Tomohiro and Yamaguchi, Tetsuhiro, “Special Report : TFT LCD for PC - Makers Focus on 9.4 - 10. 4” Full-Color Panels,” *Nikkei Electronics Asia*, Sep. 1994
  9. 마이크로머시닝 기술 및 응용에 관한 연구, 서울대학교 반도체공동연구소, 1993.12
  10. Bloom, David M., et al, “Deformable Grating Light Valves for High Resolution Displays,” *Solid State Sensor and Actuator Workshop, IEEE*, 1994
  11. Youns, Jack M., “Mirrors on a chip,” *IEEE Spectrum*, Nov. 1993
  12. Hornbeck, Larry J., “Deformable Mirror Spatial Light Modulator,” *Proc. of SPIE*, Vol. 1150, pp. 86 - 102, 1989
  13. Hornbeck, Larry J., “Current Status of the Digital Micromirror Device(DMD) for Projection Television Applications,” *IEDM*, pp. 93/381- 384, 1993
  14. 정석환, 신종우, 김용권, 김호성, 한봉수, 최범규, “후막회생층을 이용한 마이크로 구조물의 제작,” 대한전기학회 MEMS연구회 학술발표회 논문집, pp.33-42, 1995.4.29
  15. Hutcheson, L.D., “Practical Electro-optical Deflection Measurements system,” *Optical Engineering*, Vol.15, No.1 pp. 61 - 63, Jan/Feb 1976