

# 마이크로 미러의 광학적 특성 측정

김도형, 김호성  
중앙대학교 전기공학과

## Measurement of Optical Properties of Micromirror

Do-hyeong Kim, Ho-seong Kim  
Department of Electrical Engineering, Chung-ang University

### Abstract

In this paper, we measured the reflectance of the  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$  micromirror. In order to reduce the size of the HeNe laser beam, an eyepiece and an objective lens were used. CCD camera was used to monitor the position and focusing. It was found that the diameter of the focused laser beam was about  $3\mu\text{m}$ . The reflectance of the micromirror was uniform over the surface and 87% of the commercial laser mirror.

### 1. 서론

최근 들어 대형 화면 표시 장치에 대한 관심이 높아지고 있으며, 그 중 가장 주목받고 있는 장치는 Texas Instruments사에서 개발한 DMD(Digital Micromirror Device)이다. 이 장치의 핵심 부품은 한 개의 크기가  $16\mu\text{m} \times 16\mu\text{m}$  인 알루미늄으로 증착된 micromirror가 바둑판 모양의 array를 이루고 있는 MMAD(Micro-Mirror Array for Display)이다.

그 동작 원리를 그림1에 나타내었다.

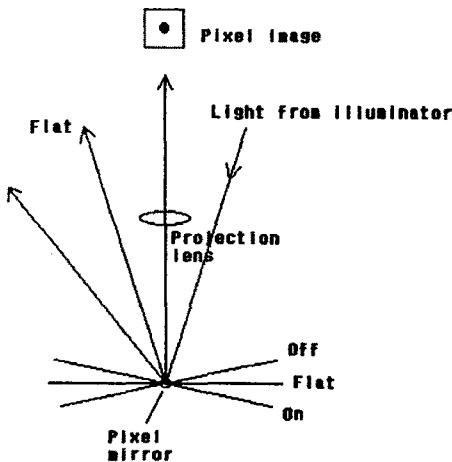


그림1. micromirror의 기본적인 동작 원리

각각의 미러는 pixel의 역할을 하며 입사된 빛이 미러에서 반사되면 화면에서 밝은 점이 된다.

미러가 반대 방향으로 기울어지면 반사광이 화면 밖으로 나가 화면은 어둡게 된다.

micromirror의 구조를 그림2에 나타내었다.

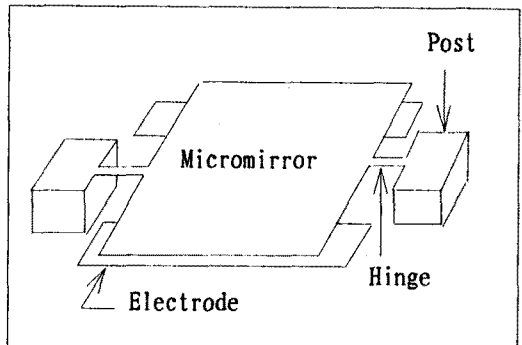


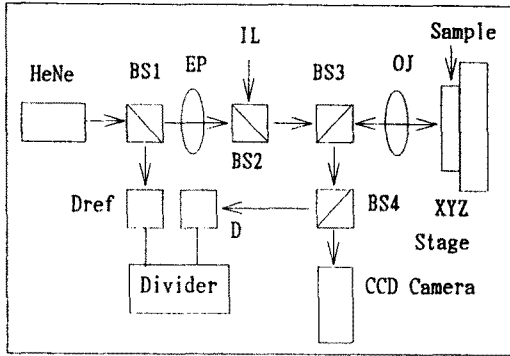
그림2. micromirror의 구조

micromirror는 그림2에서와 같이 hinge에 의해 post와 연결되어 있으며, 기관과 micromirror 사이의 거리는  $10\mu\text{m}$  정도이다. 하나의 전극에 전압이 가해지면 micromirror의 전극 사이에는 정전력이 작용하여 micromirror는 그 방향으로 기울어진다. 이때 hinge가 비틀어지고 micromirror는 기관에 닿게 되어 일정한 각도를 유지한다. 기울어진 쪽의 전압이 0이 되고, 반대쪽의 전극에 전압이 가해지면 그 쪽의 정전력과 hinge의 복원력 때문에 micromirror는 반대 방향으로 기울어진다.

위에서 설명한 바와 같이 MMAD를 이용한 display는 빠르고, 소모전력이 적으며, 장비를 얇게 제작할 수 있다. 현재 상용화 되어 있는 LCD projector는 투과식이기 때문에 광 효율이 낮고 밝은 실내에서의 사용이 곤란한 단점이 있는 반면, MMAD는 반사형이므로 항상 밝은 화면을 얻을 수 있어서 차세대 대형 display 시장을 주도할 것으로 예측된다.

본 연구에서는 MMAD의 광 특성에 가장 큰 영향을 미치는 반사율을 빠르고 정확하게 측정하는 방법을 개발하여, 제작 공정을 확립하고 신뢰성을 향상시키고자 한다.

## 2. 실험 및 측정



BS : beam splitter  
 EP : eyepiece (대안렌즈)  
 OJ : objective (대물렌즈)  
 D : detector (검출기)  
 IL : illuminator (조명장치)

그림3. 측정장치의 개략도

그림3은 반사율을 측정하기 위한 실험 장치를 보여주고 있다. 광원으로는 파장이 632.8nm인 HeNe 레이저를 사용하였다. 레이저 빔이 beam splitter를 통하여 2개로 갈라지고, 하나는 현미경의 대안렌즈와 대물렌즈를 통하여 샘플에 맞고 반사되며, 또 하나는 reference로서 이용된다. 본 실험에서 사용된 마이크로 미러의 크기는  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$  이지만, 상용화하기 위해서는  $16\mu\text{m} \times 16\mu\text{m}$  가 되어야 한다. 정확한 반사율을 측정하기 위해서는 입사광의 크기가 마이크로 미러의 크기보다 작아야 하므로 현미경의 대안렌즈와 대물렌즈를 사용하여 레이저 빔을 집중시켰다. reference와 반사광의 파워는 detector에서 검출되며 이를 divider 회로를 통해 비교 분석하였다.

CCD 카메라를 사용함으로써 레이저 빔이 정확한 위치에 입사되고 있는지의 여부를 눈으로 확인할 수 있도록 하였다.

샘플을 XYZ stage 위에 장치하고 PC로 구동되는 모터에 연결하여 위치를 XY 방향으로 정밀하게 이동시킬 수 있도록

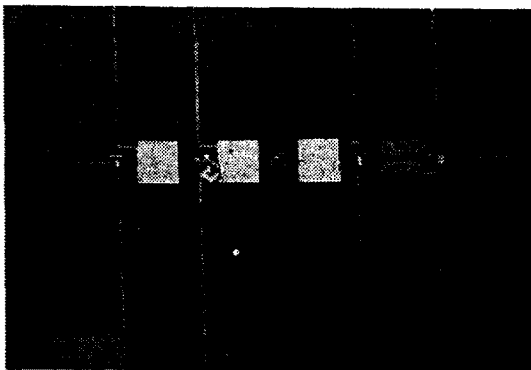


그림4. 마이크로 미러 4개가 배열된 모습 (100배 확대)

하였으며, 초점을 조절하기 위해 Z 방향으로 이동시킬 수 있도록 하였다.

그림4는 마이크로 미러 4개가 배열된 샘플을 100배 확대한 그림이다.

그림5는 마이크로 미러 하나를 400배 확대한 그림이다. 마이크로 미러 아래의 흰 점이 레이저 빔이며 폭이  $10\mu\text{m}$ 인 신호선과 비교할 때 그 직경이  $3\mu\text{m}$  정도임을 확인할 수 있다.

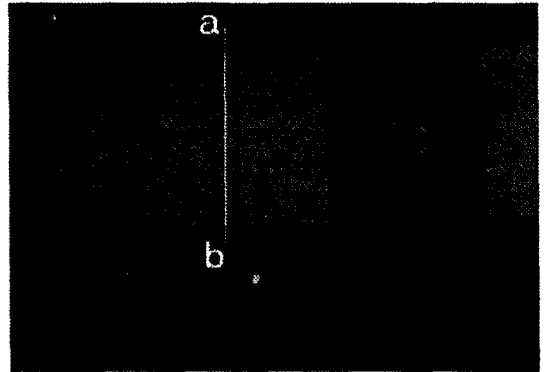


그림5.  $100\mu\text{m} \times 100\mu\text{m}$ 인 마이크로 미러 (아래의 흰 점은 직경이  $3\mu\text{m}$ 되도록 focusing된 laser spot. 400배 확대)

표1에 반사율 측정 결과를 요약하였다. 상용화된 HeNe 레이저용 거울의 반사율을 1로 하였을 때 마이크로 미러의 반사율은 0.87이었다. 상용 레이저 거울의 반사율을 알루미늄의 표준 반사율인 0.91로 가정할 경우 마이크로 미러의 반사율은 0.79라 할 수 있다. Ni로 된 pad와 Si 기판의 반사율은 각각 0.455와 0.14로 측정되었다. 특히 기판의 측정 반사율이 표준 반사율의 40%에 불과한 것은  $\text{SiO}_2$  산화막의 영향과 공정 중 기판 표면이 손상을 입었기 때문이며, 희생층이 완전히 제거되지 않았기 때문이다.

마이크로 미러의 반사율이 상용 레이저 거울보다 작은 이유는 증착 조건이 최적이지 아니거나 표면이 고르지 못해 빛이 산란되기 때문이다.

	표준 반사율	측정치			측정치/ 표준치
		D/D <sub>ref</sub>	ratio	반사율	
commercial mirror	0.91 (Al)	0.92	1	0.91	1
micromirror	0.91 (Al)	0.8	0.87	0.79	0.87
pad	0.6 (Ni)	0.46	0.5	0.455	0.91
기판	0.35 (Si)	0.14	0.15	0.14	0.4
기판 (+ $\text{SiO}_2$ )	0.045 ( $\text{SiO}_2$ )	0.14	0.15	0.14	0.4

표1. 각 부분에서의 반사율

마이크로 미러 각 부분의 반사율의 균일도를 측정하려면 레이저 빔을 마이크로 미러 전체에 scanning 하여야 한다. 그러나 본 연구에서는 CCD camera로 잡은 화면을 DSP

소프트웨어를 이용하여 gray level을 비교하였다.

그림6은 마이크로 미러에서 반사된 빛의 intensity를 이와 같이 측정된 결과를 나타내는 그래프이다. 측정구간은 그림5의 a-b 이다. 그림6에서 보는 바와 같이 기판 부분에서 반사된 빛의 크기는 마이크로 미러에서 반사된 빛의 크기에 비해 상당히 작으며 마이크로 미러 표면에서의 반사율은 균일하다고 하겠다.

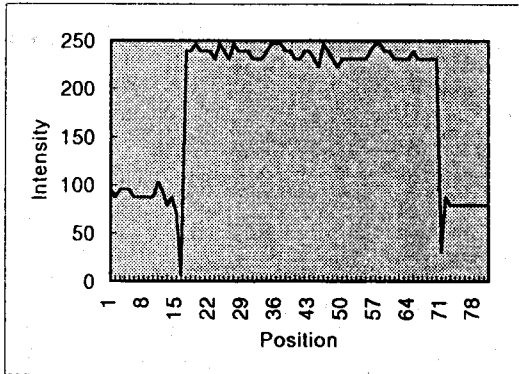


그림6. 마이크로 미러 각 부분에서의 intensity

### 3. 결론

레이저를 이용하여 마이크로 미러의 반사율을 측정하였다.

레이저 빔을 focusing 하고 정확한 위치에 입사시켜서 측정의 신뢰도를 높였다. 측정한 마이크로 미러의 반사율이 상용 레이저 미러보다 다소 떨어짐을 알 수 있었다. 마이크로 미러 표면에서의 반사율은 균일함을 확인할 수 있었고, 그 외의 부분과는 차이가 많았다. 마이크로 미러의 개수가 많으므로 앞으로는 측정 장비를 자동화하여 생산성을 높여야 한다.

### 4. 참고문헌

- [1] Frank L. Pedrotti & Leno S. Pedrotti, *Introduction to Optics*, Prentice Hall, 1993.
- [2] Hrand M. Muncheryan, *Laser and Optoelectronic Engineering*, Hemisphere Publishing Corporation, 1991.
- [3] Federico Tosco, *Fiber Optic Communications Handbook*, TAB Books, 1990.
- [4] Rajpal S. Sirohi & Mahendra P. Kothiyal, *Optical Components, Systems, and Measurement Techniques*, Marcel Dekker Inc, 1991.
- [5] Kenichi Iga, *Fundamentals of Laser Optics*, Plenum Press, 1994.
- [6] J. Wilson & J.F.B. Hawkers, *Lasers principles and Applications*, Prentice Hall, 1987.
- [7] Larry J. Hornbeck, "Digital Light Processing and MEMS", *Micromachining and Microfabrication '95, Part of SPIE's Thematic Applied Science and Engineering Series*, 1995. 10.
- [8] Michael Bass, *Handbook of Optics vol.2*, McGraw Hill, 1995, pp. 35.29