

Micromirror Array의 Yield 측정을 위한 방법 개발

조광우^a, 김호성^a, 신형재^b
^a중앙대학교 전기공학과, ^b삼성전자

Development of automatic yield-test equipment for the Micromirror Array

Kwang-Woo Cho^a, Ho-Seong Kim^a, Hyung-Jae Shin^b

^aDepartment of Electrical Engineering, Chung-Ang University, ^bSamsung Electronics Co.,LTD.

Abstract - Automatic yield-test equipment for micromirror array using image processing was developed. This computerized test equipment can classify the error states of the micromirrors. The test results are displayed on the monitor as a map which shows the error states and position. It is possible to measure yield and reliability with this test equipment for micromirror array using image processing.

1. 서 론

90년대에 들어 고화질의 대형화면 표시 장치에 대한 관심이 고조되었으며 특히 40인치 이상의 대형화면 표시 장치를 위해서는 projection형이 주류를 이루고 있다. 기존의 LCD나 CRT를 사용한 projector가 가장 많이 사용되고 있으나 화면이 어둡고 해상도가 높지 않은 단점이 있다. 그런데 MEMS(Micro-Electro-Mechanical Systems)기술과 micro-optics가 결합된 MOEMS(Micro-Opto-Electro-Mechanical Systems) 기술에 대한 연구와 관심이 고조되고 있는 가운데 그 응용 영역에도 활발한 연구가 시도되고 있다. 이런 응용으로써 Texas Instruments사에서 개발한 DMD (Digital micromirror Device)((1)-(2))는 이와 같은 단점을 해결할 수 있는 새로운 개념의 대형화면 표시 장치로서 최근에 크게 주목을 받고 있다. 이 장치의 핵심부품은 알루미늄으로 증착된 micromirror가 바둑판 모양의 array를 이루고 있는 micromirror array이다.

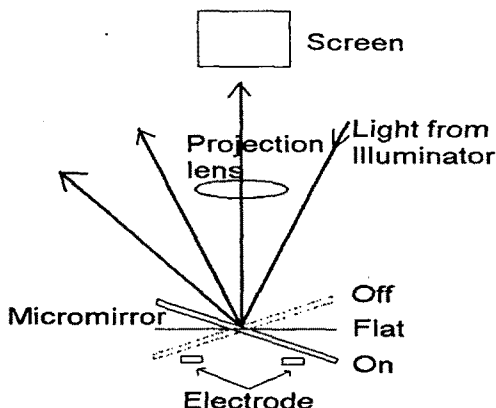


그림 1. Micromirror의 기본적인 동작 원리

그림 1에 DMD의 개념도를 나타내었고 그 동작원

리는 다음과 같다. 빛을 오른쪽에서 micromirror에 입사시키고 오른쪽 electrode에 전압을 가했을 때 mirror와 electrode사이의 전위차에 의해 정전력이 생겨 mirror는 flat한 상태에서 오른쪽으로 10° 기울어진다. 이때 빛은 projection lens를 거쳐 screen에서 영상을 형성하게 되고 전체 micromirror array의 작동으로 이미지를 형성하게 된다. 왼쪽의 electrode에 전압이 가해지면 micromirror는 왼쪽으로 기울어지고 입사된 빛은 projection lens를 지나지 않게 되어 screen에 영상을 형성하지 못한다.

Micromirror array는 거울을 이용한 반사식이므로 투과식인 LCD projector에 비해 높은 광 효율을 가지고 있어 밝은 실내에서의 사용이 가능하다.

Micromirror array를 이용한 display는 빠르고, 소모전력이 적으며, 장비를 얇게 제작할 수 있고 pixel 하나 하나를 on, off로 구동시키는 digital 방식이어서 HDTV급 차세대 대형 display시장을 주도할 것으로 예측된다. 본 연구팀에서 개발한 MMAD(Micromirror Array for Display)는 50 μ m \times 50 μ m 크기의 micromirror로 이루어진 50 \times 50의 array이다.

Micromirror array가 빛을 반사하여 영상을 구성할 때 모든 micromirror가 기준 이상의 균일한 brightness를 가진 빛을 반사해야 하고 모든 소자가 정상 동작해야 한다. 그러기 위해서 정량적,정성적인 data가 필요로 한다. 그렇기 때문에 yield 및 lifetime, reliability를 측정해야한다. 또한 micro-mirror는 wafer위에 제작되기 때문에 검사 시 구조물에 영향을 끼치지 않아야 하며 검사속도가 빨라야 하고 검사장비와 검사시 드는 비용이 저렴해야 한다. 이처럼 micromirror array를 이용한 projection TV를 상품화하려면 MOEMS기술을 이용한 micromirror array의 제작도 중요하지만 양산성을 고려한 test장비의 개발 또한 중요한 기술이라 하겠다.

본 연구에서는 projection TV의 가장 중요한 부품인 MMAD의 yield측정(고장화소판별)및 내구성 평가를 위한 방법과 test장비를 개발하고자 하였다. 검사방법은 MMAD가 screen에 영상을 구현하는 원리를 응용하였다. 정확한 위치판별 및 초점 조정을 위해 CCD Camera를 사용하였다. Yield측정(고장화소판별) 및 내구성 평가를 위해서 CCD Camera로부터 입력된 화상 신호에 대해 화상처리기법을 이용하였다. 본 논문에서는 개발된 test장비와 이 장비를 이용한 micromirror array의 yield 측정 방법에 관하여 기술 하겠다.

2. 본 론

2.1 장치의 구성

그림 2에 검사장치의 구성도를 표시하였다.

MMAD는 XY-Stage 위에 설치되며 광학 장치(Optical device)에 의해 확대된 MMAD의 영상이

CCD Camera에 잡히고 그 영상 신호는 VSP(Video Signal Processor)로 보내진다. 실험에 쓰인 MMAD는 $50\mu\text{m} \times 50\mu\text{m}$ 크기의 mirror가 50×50 의 array로 구성되어 있다. VSP는 CCD Camera에서 보내진 영상 신호를 A/D Convert해서 한 pixel이 색의 어둡고 밝

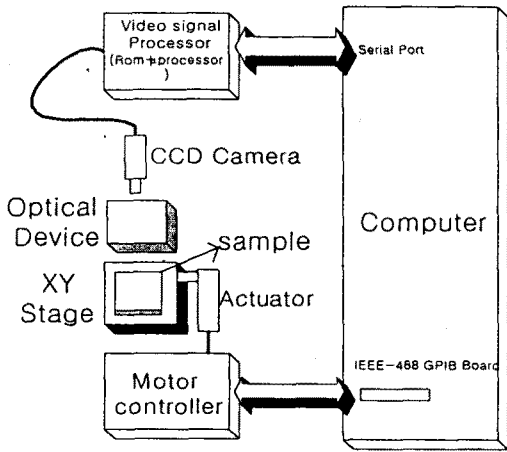


그림 2. 검사장치의 구성도

음에 따라 0부터 255까지의 intensity를 가진 512×512 의 pixel을 가진 영상으로 만든다. 이 intensity (brightness)를 이용하여 정상 동작하는 mirror, 그렇지 않은 mirror를 구별함으로써 MMAD중의 고장화소를 판별해 낼 수 있다. 고장화소를 판별한 뒤 VSP는 전체 MMAD에서의 그 위치에 대한 data와 작업이 끝났다는 신호를 컴퓨터에 보내준다. 컴퓨터는 고장화소의 위치 data를 저장하고 다른 영역에 있는 micromirror를 검사하기 위해 XY-Stage를 움직인다. 그림 2에서의 광학장치의 구성도를 그림 3에 자세히 나타냈다.

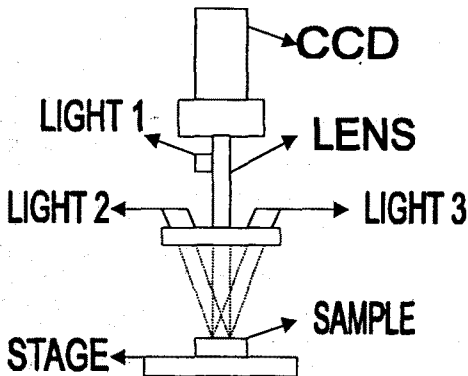


그림 3. 광학장치의 구성도

그림 3에서 Light1, 2, 3의 light source는 Light Emitting Diode로써 빨간색을 가지고 있다. Light 1은 stage에 놓인 sample의 정확한 위치판별과 초점 조정을 위해 사용되었고, Light 2와 Light 3은 micro mirror array의 yield측정을 위해서 사용되었다. 이를 위해 Light 2와 Light 3은 sample의 수직한 면과 20° 의 각으로 입사된다. Light 2쪽으로 mirror가 기울 때를 on-state라고 하면 Light 2는 mirror의 on-signal test를 할 때, Light 3은 off-signal test를 할 때 사용된다.

VSP는 크게 A/D convert부분과 microprocessor, communication부분으로 나눌 수 있으며 micro-mirror array의 yield를 측정함에 있어 검사 알고리즘이 수행되는 곳이다. 컴퓨터와 직렬 통신으로 data를 주고 받으며 전체 검사를 관리한다. Test장비로서 요구되는 사항은 빠른 검사 속도 외에도 가격이 저렴해야 함으로 값비싼 DSP board를 구입하지 않고 yield측정에 부합되도록 구축하였다.

그림 4에 VSP의 내부 구성도를 나타냈다.

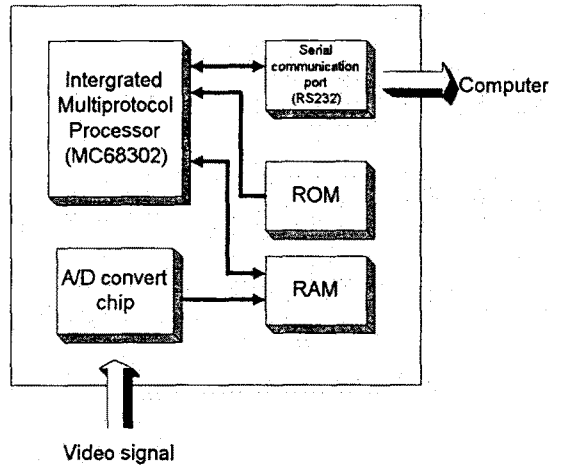


그림 4. VSP 내부 구성도

2.2 Yield 측정의 Algorithm

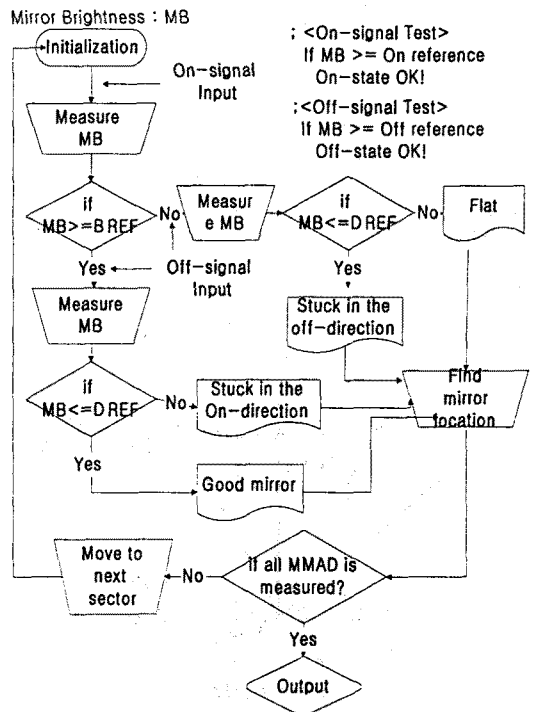


그림 5. MMAD의 고장 화소 판별에 대한 흐름도

그림 5에 MMAD의 고장화소를 판별하는 프로그램

의 알고리즘을 나타냈다. 먼저 VSP의 메모리를 초기화하고 검사할 위치를 찾은 뒤 Stage를 그 곳으로 움직인다. 위치 조정을 위한 Light1을 끈 뒤 MMAD에 On-signal을 주고 mirror가 가운데쪽의 light를 켜다.

관측한 부분에 있는 각각의 micromirror의 brightness와 On-reference값을 비교하여 On-reference값보다 크거나 같으면 On-signal에 대해 정상적으로 작동하는 것으로 보고 그렇지 않으면 비정상적으로 본다. 다음으로 Off-signal을 준 뒤 켜져 있는 light를 끄고 반대편의 light를 켜다. 이번에는 각각의 micromirror의 brightness와 Off-reference값을 비교하여 Off-signal에 대한 작동상태를 검사한다. 각각의 brightness가 Off-reference값보다 크거나 같으면 정상적으로 작동하는 것이고 그렇지 않으면 작동하지 않은 것으로 본다. 이와 같이 하면 정상적으로 작동하는 mirror(Good mirror), On-signal에 대해서 동작하지 않고 Off-signal에 대해서는 정상 작동을 하는 mirror(stuck mirror in the off direction), On-signal에 대해서 정상 작동하고 Off-signal에 대해서 작동하지 않는 mirror(stuck mirror in the on direction), On, Off signal에 대해서 모두 동작하지 않는 mirror(flat mirror)를 구별할 수 있다.

On-reference와 Off-reference는 각각 On-signal과 Off-signal에 대해 micromirror가 정상 동작하여 screen에 영상을 구성할 때 원하여지는 빛의 밝기이다. On-reference와 Off-reference는 서로 같아야 이상적이나 실제에서는 다를 수가 있기 때문에 이 연구에서는 서로 다른 값을 주었다.

micromirror의 내구성은 On, Off signal을 수 시간동안 번갈아 가면서 준 뒤 일정시간 뒤에 위의 방법으로 검사를 하면 측정할 수 있다.

micromirror 하나의 표면에서의 brightness는 uniform하므로 프로그램에서 사용하는 메모리의 소모를 작게 하기 위해서 micromirror의 일부분을 sampling하여 계산하였다.

2.3 검사 결과

CCD Pixel 수 : 768 × 494 (1/2 inch)
 Objective Lens : X5
 Mirror 하나의 Pixel수 : 16 × 18
 VSP의 처리 가능한 Pixel수 : 512 × 512
 한번에 처리 가능한 Mirror수 : 30 × 26
 전체 영역의 Pixel수 : 768 × 384
 Stage가 움직인 횟수 : 우측으로 1번

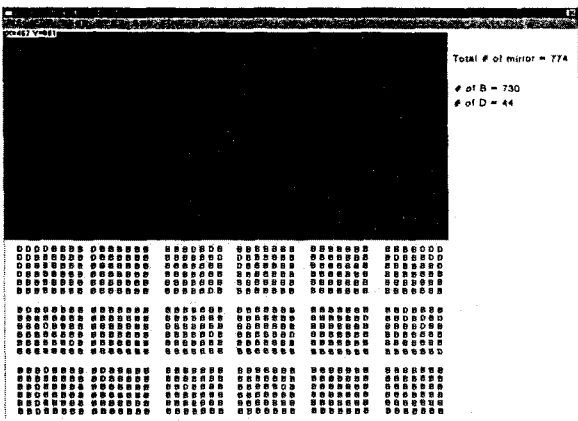


그림 6. 화상처리기술을 응용하여 검사한 결과

고장화소의 판별이 완료되면 그 위치를 50×50의 map으로 나타내기 위해 CCD Camera에 잡힌 MMAD의 영상에서 검사되는 micromirror들의 map을 구성하고 고장화소의 (x, y)좌표를 구한다. 위의 과정이 완료되면 MMAD의 다음 검사 영역으로 stage를 옮기고 map의 (x, y)좌표는 (0, 0)으로 시작하는 것이 아니라 바로 전에 검사하여 저장해 둔 micromirror의 위치를 기준으로 설정된다. 이 과정을 MMAD전체를 검사할 때까지 수행하면 전체 MMAD의 map이 구성된다. 이와 같은 방법으로 VSP에서 검사한 결과를 MMAD의 map을 구성하여 컴퓨터의 응용프로그램에서 나타낸 것이 그림 6이다. 다만 MMAD 전체가 아닌 일부분만 나타낸 map이다. VSP에서 결과를 컴퓨터로 전송하는 속도는 256000bps이다. 그리고 처음으로 검사하여 위의 결과를 컴퓨터 모니터에 나타내는 데까지 걸리는 시간은 대략 1분 정도 걸린다. 그러나 micro mirror의 영상을 보내지 않고 검사한 결과만 전송하면 시간은 3~4초 정도 소요된다.

3. 결 론

MMAD의 yield를 검사하기 위해 화상처리기술을 응용한 검사 방법과 장치를 개발하였다. A/D convert 기능을 가진 VSP (Video Signal Processor)를 구축하여 사용하였고, 컴퓨터에서는 작업의 각 장치들의 순서적인 작동을 관리하고 결과를 화면에 나타냈다. 그리고 CCD Camera로 잡은 MMAD의 영상을 응용프로그램에서 보면서 검사할 수 있으므로 오차를 예방할 수 있다. 상용화가 될 MMAD는 실험에 쓰인 MMAD보다 크기가 작으며 수도 많기 때문에 검사 속도의 증가를 위해 VSP의 processor를 고성능으로 바꾸고 직렬 통신에 의한 속도 지연을 없애기 위해 VSP를 일반 PC에 곧바로 설치할 수 있도록 한 장의 PC board로 만들 계획이다.

(참 고 문 헌)

- [1] Texas Instruments Inc., "Automatic testing of the digital micro mirror device", IEEE/LEOS 1996 Summer Topical Meetings, p11-12, 1996
- [2] Jack M.Younse Texas Instruments Inc., "Mirrors on a chip", IEEE SECTRUM, November, P27-31, 1993
- [3] 김도형, 김호성, "마이크로 미러의 광학적 특성 측정", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, C, p1954-1956, 1996
- [4] Motorola, "MC68302 User's Manual"
- [5] Motorola, "Assembler/Linker/Librarian - 68000 Family"
- [6] Motorola, "C Compiler - 68000 Family"
- [7] Randy Crane, "A simplified approach to Image processing", Prentice Hall, 1997
- [8] 조광우, 김호성, "화상처리기술을 이용한 마이크로 미러 어레이 검사 장치", 대한전기학회 하계학술대회 논문집, G, p2589-2591, 1997
- [9] 김호성, 조광우, "Automatic Test Equipment for the micromirror Array", SPIE, Vol.3276, p103-110, 1998
- [10] Ferdinand van der Heijden, "Image Based Measurement Systems", WILEY, 1995
- [11] Inglis & Luther, "Video engineering", McGrawHill, 1997