

## Projection Display 기술 및 전망

김근배\*, 권순형\*\*

(주)디에스플러스\*, (주)LG電子 디지털 디스플레이 研究所\*\*

### I. 서 론

1933년 RCA사가 CRT TV를 개발한 이래로 텔레비전이 보급되어 반세기를 거치면서 가정의 필수품이 되었고, 인터넷의 대중화 및 비교적 값싼 PC의 보급은 디스플레이의 수요를 크게 확대시켜 왔다. 전자 기술의 눈부신 발달과 정보화 사회의 도래는 여러 기능을 갖는 장치들을 하나의 물리적인 틀 속에 넣도록 요구 하였고, 반도체와 같은 부품 기술과 고밀도 실장기술 등의 생산기술 및 소프트웨어기술의 발달은 멀티미디어라는 개념하에 다양한 제품들을 새롭게 탄생시키고 있다. 대부분의 멀티미디어용 하드웨어가 축소지향적으로 바뀌어 가고 있는 가운데 유독 그 크기를 키워가고 있는 것이 있다면 그것은 디스플레이 일 것이다. 최근 PDP가 60" 크기의 화면을 구현하고 있지만, 앞으로도 대화면 디스플레이를 주도하는 것은 투사형 디스플레이라고 할 수 있다. 특히 이는 100" 이상의 대화면 디스플레이에 있어 좋은 화질을 비교적 낮은 가격으로 실현 할 수 있는 가장 합리적인 방법이라고 생각된다.

투사형 디스플레이는 브라운관을 사용한 텔레비전, 노트북용 LCD, PDP 등과 같이 디스플레이 소자 자체의 영상을 직접 볼 수 있는 직시형 디스플레이와 구분되는 것으로, 주로 소형의 디스플레이 소자로부터 출력되는 영상을 광학장치를 사용하여 스크린에 투사, 결상 시켜 이 확대된 영상을 보는 디스플레이를 말한다. 투사형 디스플레이는 대화면 구성이 용이하고 화면 크기도 쉽게 조절할 수 있다는 광학 원리적 특징을 가지

며 적, 녹, 청의 색상을 광학적 수단에 의하여 변화 시킬 수 있는 자유도가 크고, 3색의 화상을 광학적으로 중첩 시킴으로써 한 화소로 컬러를 구현할 수 있어 대화면에서도 부드러운 영상을 제공할 수 있다. 수광형 소자의 경우는 광원의 밝기를 높여 디스플레이의 휘도를 높일 수 있으며, 디스플레이 소자의 고밀도화에 의해 화질의 향상이 가능한 반면 소형의 디스플레이 소자에 고휘도의 광원을 사용 함으로서 야기되는 문제점을 해결해야 하는 기술적 과제들을 가지고 있다.

투사형 디스플레이는 1893년 에디슨이 영사기를 발명한 이래 전기, 전자 방식으로는 처음으로 자발광 소자인 CRT를 사용하여 1940년 RCA사가 CRT Projection 디스플레이를 개발하였다. Light Valve형 소자를 사용한 것으로는 Oil Film 방식의 Eidophor를 1943년 스위스의 Fischer 교수가 개발하였다. Eidophor는 Oil Film에 전자총에서 방출되는 전자 비임을 주사하여 유막에 Grating Pattern을 형성하고, 별도의 조명 램프로부터 조사되는 빛이 이 Grating Pattern에 따라 회절 되어 Schlieren Stop 소자에 의해 투과량이 조절된 후 투사렌즈에 의하여 스크린에 영상을 결상하는 원리를 갖는다. 이 디스플레이는 1958년 GE사가 Color로 구현하여 Talaria라는 이름으로 상용화하였으며 불과 몇 해 전까지만 해도 고휘도 투사형 디스플레이의 대표적 위치를 차지하였었다. Scan 방식으로는 영국의 Scophony사가 1936년 처음 개발한 후 1941년 2차원 영상을 배면 투사형으로 전시를 한 바 있다. 방전 램프의 빛을 집광하여 하나의 점을 형성하고, 이 점 상태의 광원을 한

화소로 하여 2개의 Polygon 거울을 각기 수평, 수직으로 회전함으로써 2차원으로 Scanning하는 방식이었다. 각 화소의 영상 정보는 AOM (Acousto-Optic Modulator) 소자와 Schlieren Stop의 광학 소자를 광로에 설치하여 AOM의 상태에 의해 빛의 회절을 달리하여 Stop내로 통과하는 빛의 양을 조절함으로써 구현하였다. 이것 현재의 Laser Scanning Projection의 효시라 할 수 있다.<sup>[1]</sup>

이러한 역사적 배경을 가지고 출발한 투사형 디스플레이는 1972년 Advent사가 3관형 CRT Projection 디스플레이를 개발한 이래 현재까지도 배면 투사형에 있어서는 CRT Projection TV가 Consumer용의 주 영역을 담당하고 있다. 1980년대 이르러 반도체 생산 기술의 향상으로 소형의 다양한 Light Valve형 평판 디스플레이 소자들이 제안되고 개발되어 왔으며, 1989년 p-Si형 LCD를 3매 사용한 LCD Projector를 Epson사가 상품화한 이래 최근에는 LCD, DMD 및 LCoS로 대표되는 Micro-display 소자들

사용하는 투사형 디스플레이가 전면 투사형 디스플레이로서 Presentation용을 중심으로 급속한 성장을 이루고 있고, 배면 투사형 디스플레이로서는 HDTV의 시장을 겨냥한 제품들이 속속 개발되고 있다.

투사형 디스플레이를 분류하는 데는 다양한 방법이 있겠으나, <표 1>에 앞으로 기술될 내용의 이해를 돕기 위한 목적으로 그 개념을 정리하였다.

지금까지 투사형 디스플레이의 정의 및 특징, 역사 그리고 종류에 대하여 정리하였으며, 다음은 CRT Projection, Light Valve형 Projection 및 Laser Scan Projection에 대하여 각각의 특징을 위주로 기술 현황 및 전망에 대하여 고찰하고자 한다.

## II. 본 론

### 1. CRT Projection의 기술<sup>[2]</sup> 및 전망

단관식 투사형은 14" 정도의 Color 브라운관의 영상을 하나의 렌즈로 스크린에 투사하는 간단한 구조로서, 새도우마스크 사용에 의한 투과율 저하 및 투사 렌즈 대형화에 따른 F치 한계로 40cd/m<sup>2</sup> 정도의 밝기 한계 때문에 사용되지 않고 있다. 현재의 주된 CRT Projection은 40"~70" 화면 크기를 갖는 배면 투사형으로 단색의 적, 녹, 청 브라운관 3개를 사용하고, 이 영상을 각각의 투사렌즈에 의해 스크린에서 합성하는 3관식 투사방식이다. 3관식 CRT는 화소를 구분하기 위한 새도우마스크가 별도로 없어 전자총의 전자비임 포커스 성능에 의하여 화소 크기가 결정되는데, 직시형에 비해 수배의 비임 전류를 흘림으로써 야기되는 문제를 개선하기 위한 전자총의 포커스특성 개량, 캐소드 재료 및 형광체 개선, 냉각, X선 차폐 등 많은 항목들이 직시형 CRT보다 고도의 기술을 필요로 하고 있다.

3관형 CRT방식은 주로 7" CRT가 사용되고 있으며, 해상도 및 밝기를 향상 시킨 9~12"가

<표 1> 투사형 디스플레이의 분류

분류 방법	방식	비고
시청 방법	전면(Front) 투사	스크린 반사 영상 시청
	배면(Rear) 투사	스크린 투과 영상 시청
영상 소자의 자발광 여부	자체 발광	CRT, Laser Scan
	Light Valve(광원)	유막, LC계열, DMD
영상 소자 수	단관식(1관식)	
	이관식	
	삼관식(3관식)	
영상 소자의 및 투과/반사	투과형	LCD
	반사형	DMD, LCoS, LCLV, GLV
영상 소자 구동 방식	전자총(Scan)	CRT, Talaria
	Mirror Scan	Laser
	Addresser 부착	LCLV(CRT)
	Matrix(TFT)	LCD, DMD, LCoS
Color 합성	Mosaic Pattern	단관식 LCD
	투사렌즈 합성	3관식 CRT(3투사렌즈)
	시분할 순차조사	단관식 DMD/FLCD
	광 소자 합성	Dichroic Prism, PBS사용

일부 적용되고 있다. CRT 형광체의 발광이 램버시안에 가깝게 이루어지고 있기 때문에 스크린 주변부 밝기가 코사인 4승 법칙에 따르게 되어 중심부에 비해 30% 이하가 되는데, 형광체면의 벌브 형상을 반경 350mm~600mm의 구면 또는 비구면의 오목 곡면으로 하여 이를 개선하고 있다. 전자총에는 정전 집속형과 전자 집속형이 있는데, 정전형은 대전류 특성이 우수한 Hi-UPF(Uni-potential Focus)형 등이 널리 사용되고 있고 수차를 줄이고자 할 경우 네크의 직경을 29.1mm에서 36.5mm로 크게 하는 경우도 있으며, 저 전류 뿐만 아니라 고 전류에서도 특성이 우수한 전자 집속형을 사용하기도 한다. 투사형 CRT는 진공 응력보다는 온도 상승에 따른 열 응력에 의해 벌브가 주로 파손되는데 중심부 온도는 90°C 이하, 중심과 주변 온도차는 20°C 이하의 관리가 필요하며, 특히 유리면의 미소 스크래치는 벌브 파손의 주요 원인이 되고 있다. 이를 보강하기 위하여 유리를 강화 처리하여(이온 교환법; Na=>K) 유리 표면의 압축 응력을 2배 가량 향상 시키고 있다. CRT의 형광면의 온도 상승은 벌브의 파손뿐만 아니라 형광체 발광 효율에도 영향을 주는데, 냉각 방식으로는 렌즈 직결법이 사용되고 있다. 이 방식은 CRT와 투사렌즈를 방열 구조를 갖는 고 열전도성 알루미늄 합금의 커플러로 결합하고 이 안에 에틸렌글리콜(4) 및 글리세린(1)을 혼합한 냉매를 채운 방식으로, 냉각 효과가 높아 형광면 허용 입력을 2.1mW/mm<sup>2</sup>까지 올릴 수 있으며 공기층도 없애 휘도 및 콘트라스트 저하 및 먼지 부착 등의 문제를 해결 할 수 있다. 형광면에서 충분한 휘도와 양호한 스폿 크기를 얻기 위해서 양극 전압으로 32kV 정도의 고전압을 사용하므로서 X선 방사와 유리 착색(browning) 현상이 발생한다. X선을 차폐 또는 흡수 하는 방법으로 납유리가 효과적이거나 패널 부분은 전자선 조사에 의해 흑화를 발생하기 때문에 납 대신에 Ba나 Sr을 사용하고 있고, 주변으로의 X선 방사를 차폐하기 위하여 납 테이프로 씌드하는 방법도 적용한다. 형광체는 형광면의 전류 밀도가 직시형

브라운관의 약 100배에 달하므로 특히 전류 포화 특성이 우수하여야 한다. R형광체는 직시형에 사용되는 희토류 형광체(Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:Eu)가 사용되고 있고, B형광체는 만족할 만한 형광체가 개발되고 있지 않아 포화 특성이 떨어지나 종래의 ZnS계(ZnS:AgAl)를 사용하고 있으며, G형광체는 휘도를 향상 시킨 혼합체(P53:65%+In BO<sub>3</sub>:Tb:30%+P1:5%)를 사용하고 있다. 최근에는 스폿의 크기를 줄이기 위하여 형광체를 압축하는 방법도 적용되고 있다.

투사렌즈는 고 밝기(낮은 F/No.), 단축점, 고 해상도 및 렌즈 매수 감소 등의 기술적 목표를 가지며, 비구면의 CRT 벌브 및 냉매와의 일체 구조로 설계되고 있고, 유리 렌즈와 플라스틱 렌즈를 조합한 하이브리드형이 일반적으로 채용되고 있다. 최근에는 고해상도용으로 회절 소자형 렌즈(DOE 렌즈)를 채용하여 5매의 렌즈로 F치 0.95의 HD급 투사 렌즈가 개발되기도 했다. 배면 스크린은 퍼져 나가는 빛을 시정차 위치로 집속하는 프레넬렌즈와 수직 방향의 스트라이프 렌즈 형상을 양쪽면에 갖도록 하여 수평으로 빛을 퍼뜨리는 렌티큘라렌즈를 접합한 PMMA 재질의 2매형이 주로 사용되며, 수직 시야각 확보를 위하여 렌티큘라렌즈 내에 다른 굴절률을 갖는 확산제를 삽입하고, 외광에 의한 콘트라스트 저하를 방지하기 위하여 출력측 렌티큘라렌즈면의 일부에 스트라이프상으로 흑색 도료를 칠한다. 최근에는 수직 시야각을 확대하기 위하여 수평 렌티큘라렌즈를 추가하는 것과 스폿 퍼짐을 줄이기 위한 박형화 및 Fine Pitch화의 기술 개발이 시도되고 있다.

CRT Projection은 다른 투사형 디스플레이와 달리 3개의 투사렌즈에 의해 각각 투사된 적, 녹, 청의 영상이 스크린에서 합성되기 때문에 3색의 영상을 일치 시키기 위한 컨버전스 조절을 필요로 하는데, 이는 각 CRT의 편향신호의 특정점의 값을 양자화 하여 처리하는 방법으로 이루어지고 있다.

배면 투사형 CRT Projection은 현재 100만 대 이상의 시장을 가지 있고 매년 10% 수준

의 성장을 할 것으로 예측되고 있으나, Light Valve형이 속속 개발되고 있어 장기적으로는 줄어들 것으로도 생각된다. 경쟁력을 확보하기 위해서는 HDTV용도로서 저가격화, 박형/경량화 및 휘도 향상의 기술 개발이 필요할 것이다.

## 2. Light Valve형 Projection의 기술 및 전망

Light Valve형 Projection은 자체 발광형 디스플레이 소자대신에 광원으로부터 조사되는 빛이 스크린 영상으로 구현될 수 있도록 투과 또는 반사되는 빛의 양을 조절하는 역할을 할 수 있는 Light Valve소자를 사용하는 디스플레이이다. 이러한 Light Valve형 평판 디스플레이 소자는 최근 20년간 수 많은 종류의 방법들이 제시되었지만 크게 나누어 액정의 복굴절성을 이용하는 방식과 MEMS(Micro-Electro-Mechanical System)의 빛의 반사 특성을 이용하는 방식 및 회절성을 이용하는 방식으로 분류할 수 있다. 이 외에 고체 소자 방식이나 ECD(Electro Chromic Device)등이 있으나 적용할 수 있는 단계에 와 있지는 못하고 있다.

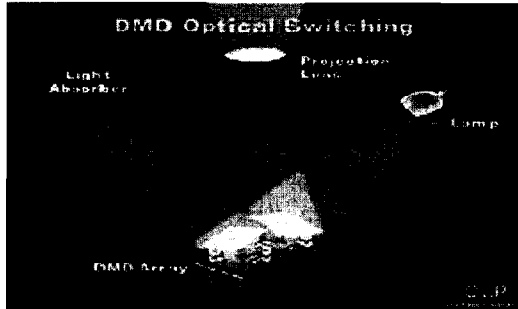
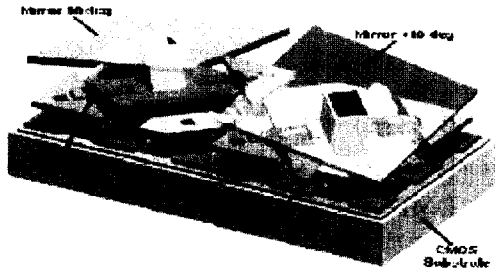
### 1) Light Valve형 디스플레이 소자

액정의 복굴절성을 이용하는 방식에는 PDLC(Polymer Dispersed Liquid Crystal)로 대표되는 빛의 투과 또는 산란 현상을 이용하는 방식이 있으나 편광판을 사용하지 않아 높은 투과율을 갖는 장점이 있음에도 고전압 구동 및 낮은 Contrast 성능 때문에 현재 사용되고 있지는 않다. 따라서 현재 액정 방식으로는 입력 선편광 빛이 Light Valve의 액정 배열 상태에 따라 출력되는 선편광 빛의 편광 회전 상태가 변함으로써 출력 광량이 조절되는 원리를 갖는 방식이 대부분이라 할 수 있다. 이러한 방식의 소자를 통칭 LCD(Liquid Crystal Device)라 할 수 있으나, 최근에는 TFT 및 구동 IC를 Si-wafer(단결정)에 구성하는 반사형 LCD가 본격적으로 개발되면서 이를 LCoS(Liquid Crystal on Silicon)라 하고 있고, 유리나 Quartz에 TFT

를 구성하는 기존 투과 방식을 LCD라 명칭하는 추세이다.

투사형으로 사용되는 투과형 LCD는 기본적으로 직시형 LCD와 차이가 없으나, a-Si을 고내열성 Quartz 기판에서 고온 열처리하여 다결정화한 p-Si을 TFT 구성 재료로 사용하는 고온 p-Si형이 기본이 되었다. 미세 배선 기술 및 고용량, 미세 Cs 형성 기술을 개발하여 현재 0.7" XGA급에서 45%(1.3" XGA: 70%)의 개구율을 확보하고 있고, 각 화소에 비구면 마이크로 렌즈를 부착하기도 하여 광 투과율을 향상시키고 있다. 광학 시스템의 밝기가 밝아짐으로써 요구되는 내광성 향상을 위하여 무기 재료를 사용하는 평탄화 기술 및 이중 메탈 쉴드 기술과 색 열특을 개선하기 위한 Spacer의 on-chip화 기술 및 고온(70도)에서 동작할 수 있는 액정 개발 등이 다르다고 할 수 있다. 반면에 직시형 LCD와는 달리 광시야각일 필요가 없고, 조명 빛의 각  $\pm 10^\circ$ 에 대한 Contrast가 높으면 된다.

LCoS는 단순한 반도체 공정의 Back Plane에 LC공정이 추가되는 수준으로 제조될 수 있어 제조원가가 싸다는 강점으로 인해 향후 저가로 보급화 할 수 있다는 기대를 가지고, 또한 고개구율, 고밀도화의 가능성에 의해 전 세계적으로 수십 업체가 각기 상품화 개발에 박차를 가하고 있는 상황이다. 현재는 광학계와 관련하여 LCoS Type의 우열이 가려지지 않고 있다. LCoS는 현재 사용되는 액정에 따라 주로 분류될 수 있는데 45도 TN형, 수직 배향형 및 FLC형으로 나눌 수 있다. 반사형은 광학 시스템 구성에 있어 빛의 입사 방향(램프) 및 출사 방향(투사렌즈)이 같은 편에 위치함으로써 기구적 충돌이 발생하는데, 이를 피하기 위해서는 빛을 경사지게 입사 시키는 방법이 있으며 LCD의 경우 편광 소자로 PBS(Polarizing Beam Splitter)를 사용하는 방법이 있다. 따라서 빛이 수직 입사하는 on-Axis형과 경사 입사하는 off-Axis형의 종류가 있는데 대부분 on-Axis형을 개발하고 있다. LCoS는 0.7"에 개구율 90%로 UXGA(1600×1200) 수준의 고밀도화가 이루어지고 있

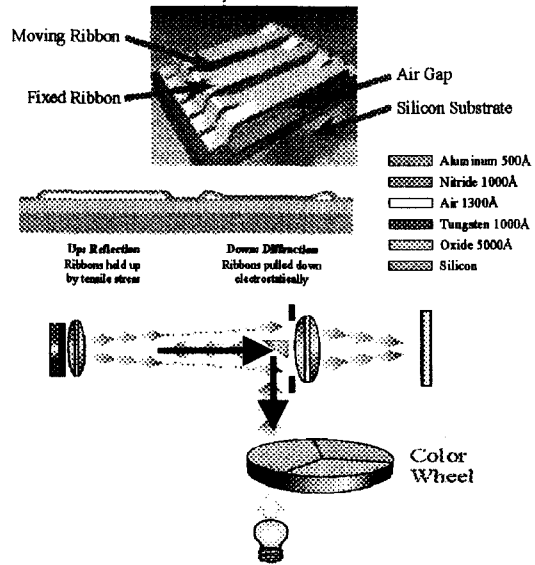


〈그림 1〉 DMD의 화소 구조 및 on-off 동작

으며, 투과형 LCD에 비하여 액정층의 두께가 얇아 응답 속도가 빨라지므로서 궁극적으로 단판식의 구성이 가능하다는 것이 최대 이슈일 것으로 생각된다.

MEMS형도 많은 것이 제안되고 있지만 주로 주목 받고 있는 것은 TI사가 개발한 DMD (Digital Micro-mirror Device) 및 SLM사가 개발한 GLV (Grating Light Valve)라 할 수 있다. DMD는 17 $\mu$ m (또는 14)의 미러 화소들이 힌지의 스프링에 의해 연결된 2차원 배열로 구성되고, 각 미러는  $\pm 10$ 도 (또는 12도)의 기계적 구동을 함으로써 입사된 빛이 반사될 때 미러 각도 상태에 따라 투사렌즈의 Stop안으로 통과되는 여부에 의해 흑, 백을 구현하는 동작 특성을 갖는다.<sup>[4]</sup> 〈그림 1〉

GLV는 6개의 미러 리본이 하나의 화소로 구성되어 각 화소가 미러 리본 배열 방향으로 1차원 어레이 배열의 구성을 갖고, 6개의 미러 리본이 홀수 그룹과 짝수 그룹으로 구분되어 짝수 그룹이 신호에 따라 기계적 구동을 함으로써 Grating을 형성하게 되며 화소의 Grating 여부에 의하여 입사되는 빛이 단순히 반사되거나 회절



〈그림 2〉 GLV의 화소 구조 및 on-off 동작

되고, 회절 시에 투사렌즈로 통과되는 동작 원리를 갖는다.<sup>[4]</sup> 〈그림 2〉

2차원 영상은 광로 중에 갈바노미터의 회전 거울을 사용하여 Line 영상을 스캔하여 구현하게 된다. 1차원 GLV는 레이저를 광원으로 사용하여 효과적이기 때문에 좀더 구체적인 내용은 Laser Projection에서 다루고자 한다. DMD나 GLV는 on-off의 2가지 상태만 가지며, 응답속도가 빨라(DMD : 20 $\mu$ m, GLV : 20ns) 계조 표현은 PWM방식에 의한 on-time시간에 의해서 이루어진다.

## 2) 광원

Light Valve형 Projection에서 핵심 부품중의 하나가 램프라 할 수 있다. 투사형 디스플레이용 광원으로서 요구되는 제반 특성으로는 색 재현성, 램프 효율, 점광원, 점등성, 안정성, 소형화 및 수명 등이라 할 수 있는데, 최근 디스플레이 소자의 소형화에 따른 광학계 효율을 높이기 위해 점 광원 특성이 가장 중요시 되고 있고, 발광 효율 및 색 재현성 등이 주요 인자로 고려되고 있다. 몇 해 전까지만 해도 메탈할라이드 램프가 주로 사용되었으나, 초 고압(동작중 100~200기

압) 수은 방전 램프(UHP램프)가 최근 개발됨으로써 90% 이상이 UHP램프를 사용하고 있다. 현재 개발되고 있는 UHP램프는 100~200W의 램프 전력을 가지며, 방전 발광 크기가 1mm~1.7mm로 가장 점 광원에 가깝고, 발광 효율도 60lm/W 이상이며, 색온도도 9000°K에 근접하여 광학계에서의 광 부품의 청색 투과 특성이 낮은 것을 고려할 때 자연색 구현이 가능하고, 수명도 100W 램프의 경우 10,000시간에 근접하고 있어 현재로서는 가장 좋은 투사형 디스플레이용 광원이라 할 수 있다. 향후의 기술 이슈는 1mm 이하의 점 광원화, 고전력화 및 Projection TV에 적용하기 위해서 적색 강화, 장 수명화 및 저가격화라 할 수 있다. 고휘도의 제품에 있어서는 고전력 메탈할라이드 램프나 제논 램프가 사용되기도 한다. 또한 저가격, 장 수명, 고 효율의 무전극 램프 및 단색성, 평행성을 갖는 레이저 광원도 투사형 디스플레이용으로 사용될 수 있도록 개발 진행 중에 있다.

3) 광학계

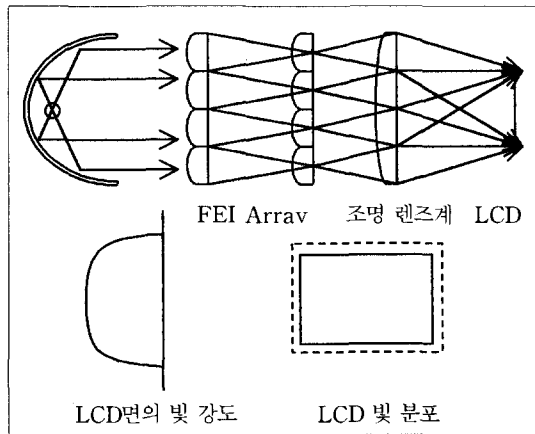
이상에서 Light Valve의 종류 및 동작원리 그리고 공통적인 램프에 대하여 설명하였으며, 남은 기술적 사항은 각각의 디스플레이 소자의 특성을 광학계에 어떻게 적용하여 최적화할 것인가라고 할 수 있겠다. 여기서는 투과형 LCD, DMD 및 LCoS의 경우에 대하여 몇 가지 예를 통하여 설명하고자 한다.

광학계 기술의 주된 목표는 밝기, 광 효율, Contrast, Uniformity 및 색 재현성의 성능적 측면과 소형, 경량화 및 신뢰성 등을 향상하는데 있다. Light Valve형 투사 광학계는 역할 및 구성 소자로 구분하여 볼 때, 광원부, 조명부, 색 분리/합성부 및 투사렌즈부로 나눌 수 있고, 배면 투사형의 경우는 스크린이 포함된다.

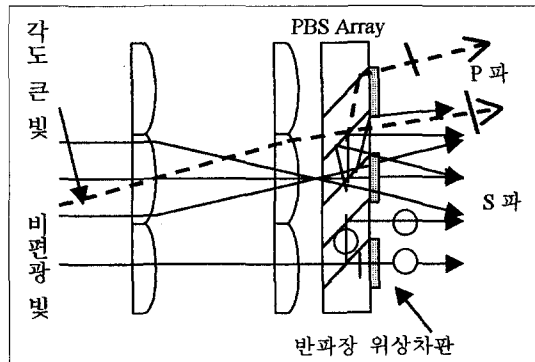
광원부는 램프와 반사경으로 구성되는데, 반사경은 평행 빛을 발생하는 포물경과 수렴하는 빛을 발생하는 타원경이 주로 사용되고, 시분할 방법으로 Color를 구현하기 위해 Color Wheel을 사용하는 광학계에서는 타원경을, 그 외 대부분

은 포물경을 사용한다. 최근의 동향으로 소형화 및 램프 냉각을 위한 공기 유로 구조 형상이 추가되고 있다.

조명부는 제반 성능을 좌우하게 되는데, 편광 빛을 사용하는 것(LCD, LCoS)과 편광에 무관한 것(DMD)에 따라 기본 구성에 차이를 갖는다. 우선 편광 빛을 사용하는 경우 임의 편광 빛을 조사할 때 50% 이상의 밝기 손실이 발생하기 때문에 임의의 편광 빛을 동일한 하나의 선편광 빛으로 변환하는 수단이 필요하다. 또한 균질한 조명 분포 및 집광 효율을 향상시킬 수 있는 수단도 동시에 필요로 한다. LCD 및 LCoS의 경우 Fly-eye Lens 및 PBS Array를 사용함으로써 이를 충족시키고 있다.<sup>[5]</sup> <그림 3>은 2매의 FEL 및 조명렌즈에 의하여 Uniformity와 집적



<그림 3> FEL 사용에 따른 조명 분포

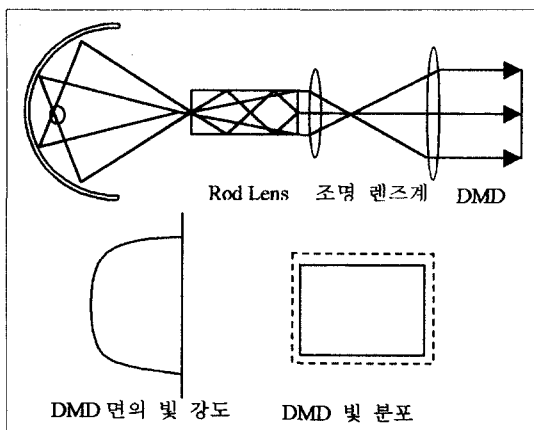


<그림 4> FEL과 PBS Array 사용시 편광 변환

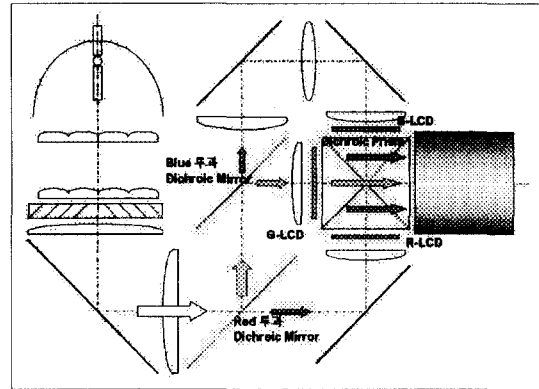
효율을 높이는 원리를 보여주고, <그림 4>는 제 2의 FEL 후면에 PBS Array를 추가함으로써 편광을 변환하는 원리를 보여주고 있다.

여기서 평행한 빛으로부터 벗어나는 각(3도 이상)을 갖는 빛은 오히려 역 변환에 의하여 효율이 떨어지게 되는데, 이것이 점광원을 필요로 하는 주요 이유라 할 수 있다. DMD 경우 편광 변환이 필요없기 때문에 <그림 3>의 방식이나 <그림 5>의 방식을 사용할 수 있고, 단판식의 경우 Color Wheel을 사용하기 때문에 <그림 5>의 방식이 적합하다. <그림 5>는 타원 반사경을 사용하여 빛을 직육면체 형상의 유리 블록(Rod Lens)에 집속시키면 측면 유리면에서 내부 전반사되어 출력면에서는 밝기 및 각의 분포가 균질하게 되는데, 이 면을 조명 렌즈계에 의하여 디스플레이 소자면에 결상 시킴으로써 효율 향상 및 균질한 조명을 할 수 있음을 보여 준다.

색 분리/합성계는 가시광을 파장 대역에 따라 공간 분리하든가 또는 같은 원리로 분리되어 입사 되는 빛을 같은 방향으로 합성하는 역할을 갖는 광학 소자의 구성에 의하여 수행되는데, 가장 기본적인 것은 박막의 멀티 코팅(통상 16~32층)을 한 광학 소자라 할 수 있다. 이러한 소자로 평면 유리형의 Dichroic Mirror, 90도 Prism의 직각면들을 4개 집합한 Dichroic Prism(또는 Cross Prism) 있다. 원리적으로는 Dichroic



<그림 5> Rod Lens 사용에 따른 조명 분포

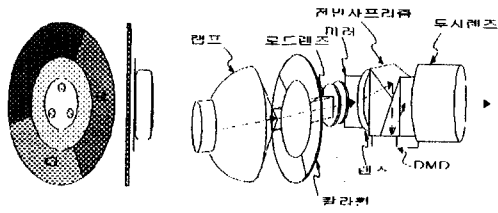


<그림 6> 3판식 LCD Projector 광학계

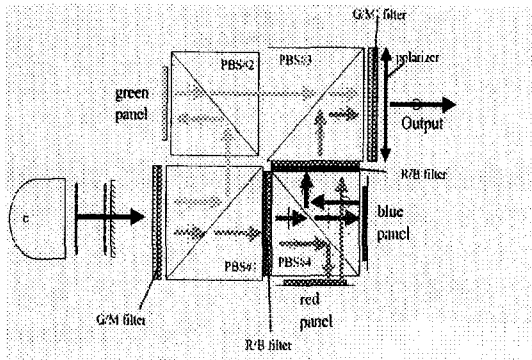
Prism은 2개의 Dichroic Mirror를 Cross한 것과 동일하나 투사렌즈의 수차와 관련하여 고해상도의 경우 합성부에는 주로 Dichroic Prism이 사용된다. 또한 원하는 적, 녹, 청의 색상을 구현하기 위하여 수직 입사 형태의 Dichroic Mirror(Filter)를 추가하여 원하는 파장 대역을 걸러 내기도 한다. 투사형 광학계의 이러한 색 구현 특성은 광로 상에 설치되는 Dichroic 소자들의 조합 및 사양에 의하여 적, 녹, 청의 색 대역을 자유롭게 조절할 수 있기 때문에 다른 디스플레이에 비하여 색 재현 특성이 우수하다는 특징을 갖게 된다. <그림 6>은 투과형 LCD 3매를 사용하는 광학계의 대표적인 구성이다.

광의적으로 볼 때 Color Wheel 방식에서는 색 분리는 Color Wheel의 시분할에 의해, 합성은 눈에 의해 이루어진다고 생각할 수도 있겠다. <그림 7>은 DMD 1매를 사용하는 Color Wheel 방식의 대표적인 광학계 구성을 보여준다.

한편 PBS를 사용하는 LCoS의 경우, Color-Link사가 개발한 Color Selector와 PBS에 의하여 색 분리 및 합성을 수행하게 한 것이 있다. Color Selector 소자는 이방성의 폴리머 Sheet를 서로 다르게 다층 집착하여 편광 변환 특성이 파장 의존성을 갖도록 함으로써 적, 녹, 청의 대역에 따라 선편광 빛이 90도 변환되든가, 변환되지 않아 PBS에 의해 색이 분리되는 동작이 이루어진다. 한편 LCoS형에서는 편광자와 검광자의 역할을 PBS가 하게 되는데, Contrast 성능을



〈그림 7〉 Color Wheel 및 1Chip형 DMD Projector



〈그림 8〉 ColorQuad형 3판식 LCoS Projector

확보하기 위해서는 PBS의 편광 분리 성능이 광각의 빛에 대하여도 우수하여야 하며, 열적 스트레사나 기계적 스트레사에 의한 Glass 내부 불균일이 발생하는(광탄성) 현상을 최소화하는 재질 개발 등의 기술적 과제가 있다. 〈그림 8〉은 ColorQuad™를 사용하는 LCoS 3매형 색 분리/합성계의 구성 예이다.<sup>[6]</sup>

투사렌즈부는 Light Valve형의 경우 하나의 투사렌즈로 구성되며, 배면/전면 투사 방식의 차이를 부여하는 부분으로 생각할 수 있다. 배면 투사 시는 Set의 두께를 줄이기 위해 고정 촛점의 광각 특성이 중요시 되고, 전면 투사형의 경우 상향 투사율을 적용하는 것과 사용 편리성을 제공하는 줌 특성이 중요시 된다. 배면 투사형 투사렌즈에 있어 Set 두께를 줄이기 위해 렌즈를 L자형으로 하는 방법도 적용되고 있다.

투과 스크린은 CRT Projection과 달리 디스플레이 소자의 화소 모양이 스크린에 결상 되어 렌티큘라렌즈의 스트라이프 모양과 간섭하여 모아레 무늬를 발생 시키기 때문에 Fine Pitch를

사용하여야 하는 기술적 과제를 가지며, 액정형 소자의 경우 편광된 빛이 스크린에 입력되므로 편광 스크린을 사용하여 외광 반사를 줄임으로써 외광에 의한 Contrast저하를 감소시킬 수도 있다.

4) 기타 기술 및 전망

시스템 기술에 있어, 전면 투사형의 경우 인위적으로 상향 투사를 시킬 경우 광학적 Keystone 현상이 발생되는데 회로적으로 이를 보정하는 기술이 적용되고 있으며, 또한 화면의 색 얼룩을 생산 과정에서 측정하여 신호적으로 보정하는 Uniformity 향상 기술도 채용되고 있다. Light Valve형 투사계는 편광 소자나 디스플레이 소자 등이 열적으로 취약하여 강제 냉각을 필요로 하며, 따라서 저소음 유로 냉각 기술이 신뢰성을 구현하는 중요한 요소가 되고 있다.

전면 투사형에 있어서 최근의 제품 기술 동향은 고휘도, 고성능화의 방향과 소형/경량의 Portable화의 양대 흐름을 갖는다. 저가격을 최대 이슈로 하고, Portable화를 통해 또 다른 시장 영역을 창출해 나갈으로써 년 30% 이상의 성장률을 보일 것으로 예측되고 있는 것이 4Kg 이하대의 Projector이다. 이에 부응하여 디스플레이 소자는 LCD, DMD 및 LCoS 공히 주류인 XGA급으로서 0.7"화 되고 있고, 주변 광학 부품 및 회로 부품의 Compact화가 가속되고 있다. 밝기도 500~1200 ANSI lm을 구현함으로써 밝은 환경하에서 사용하는데 문제가 없는 수준을 확보하고 있다. 한편 고휘도 Projector의 시장 성장은 크지 않으나 50만대 수준의 시장은 지속적으로 유지될 것으로 생각된다. 고휘도 Projector는 1.3"급 LCD를 중심으로 개발되고 있으며, 최근 3000 ANSI lm의 밝기를 구현함으로써 대강당 등에서 사용될 수 있는 수준을 확보하고 있다. 또 다른 하나는 초 대형 고휘도 Projector라 할 수 있는데, 3매형 DMD나 LCLV를 사용하여 10000lm대의 밝기를 구현함으로써 Digital 영화관의 태동을 예시하고 있다.

배면 투사형은 현재 본격적인 시장이 형성되지



않았으나, 박형/경량의 가능성과 고휘도 및 대화면화의 목표를 가지고 HD급을 중심으로 본격적인 개발이 추진되고 있다. CRT Projection에 비하여 고해상도화가 용이하기 때문에 디스플레이 소자의 가격이 낮아지면 HDTV의 영역은 Light Valve형이 CRT형을 앞지를 것으로 생각된다.

### 3. Laser Projection 기술 및 전망

엄밀히 볼 때 현재 Laser는 출력되는 광량 신호에 의하여 다이내믹하게 조절할 수 있는 의미의 영상 소자는 아니나 Laser광의 선형적 직진성의 특징에 의하여 광 변조 수단을 광로 중에 설치하는 경우 한 화소의 영상 정보를 제공할 있고, 이것을 Scan할 수 있는 광학적 수단이 있다면 확대 투사된 영상을 구현하게 되는 광의 의미에서 투사형 디스플레이라고 할 수 있겠다. Laser Projection은 Laser의 단색성에 의하여 색 재현 범위가 현재의 디스플레이 중 가장 넓다는 강력한 특징에 의하여 지속적인 관심을 보여왔다. Laser Projection중에 가장 대표적인 것이 앞서 기술하였던 Scophony의 2차원 Scan방식의 원리로 동작되는 것이라 할 수 있으며, 최근에도 독일의 슈나이더사 등 몇 개 업체가 지속적으로 2차원 Scan 방식의 Model을 개발하고 있다. 다른점은 램프 광원 대신 적, 녹, 청의 고출력 기체 Laser를 (따라서 Schlieren Stop은 불필요), Scan 소자 중 하나는 갈바노미터를 사용한다는 것과 Dichroic Mirror계를 사용하여 각 AOM에 의해 변조된 적, 녹, 청의 화소 영상을 합성하는 것이다. 그러나 고출력의 기체 Laser는 Laser의 크기와 전원부, 냉각부등이 방대하고 가격도 고가이기 때문에 Laser Projection의 우수한 성능에도 불구하고 보급화되고 있지 못하고 있는 상황이다. Laser에 있어 LD를 1차 Source로 하여 2차 조화 발광을 하는 적, 녹, 청 고출력 Laser를 디스플레이용에 적용할 수 있도록 고출력, 소형 및 저가화 하려는 노력이 진행 중에 있다. 또한 궁극적으로 저가화 하기위한 고출력 LD형(또는 LD Array)의 개발도 필요할 것으로

로 생각된다. 광 변조기에 있어서는 전기 광학적 변조 (EOM) 방식이 있으나 반응 속도가 빠르고, Contrast 구현이 우수한 AOM방식이 주로 사용된다. Scanner 중 Polygon Mirror는 수평 주사용으로 사용되는데, 현재 RPM의 한계로 HD급의 고해상도 구현은 어려운 상황이다.

최근 다른 방식들이 제안되고 있는 것 중에서 주목할 만한 것은 Laser가 수 마이크로미터 내로 집광되는 특징을 활용하여 AOM대신 1차원 Line의 디스플레이 소자를 사용하는 방식이다. 대표적인 소자가 GLV인데 앞서 시스템 동작 원리를 언급한 바 있다. GLV의 동작 화소 선 폭은  $25\mu\text{m}$ 로 램프로써는 상당히 비효율적인 수준이기 때문에 Laser에 의해서만 가능할 것으로 생각하여도 무방할 것이다. 한편 GLV가 1차원 소자로서 2차원 영상 구현이 가능한 것은 고속의 응답 속도인데 논문에 의하면 20ns가 가능한 것으로 발표되고 있다. 또한 Contrast비도 4000:1을 넘는 것으로 발표되고 있다.<sup>[7]</sup>

Laser Projection은 이제까지 느껴보지 못하였던 디스플레이의 화질을 제공할 수 있다는 측면에서 파장을 불러일으킬 것으로 생각되고 있으며, 저가의 고출력 Laser의 개발이 보급화의 최대 관건이라고 할 수 있겠다. 물론 Laser의 Coherence 특성에 의해 스크린에서 발생하는 스펙클 현상을 해결하여야 하는 기술적 과제도 있으며, 안전 대책도 강구될 필요가 있다.

## III. 결 론

CRT Projection TV가 상품화 된지 30년, LCD Projector가 상품화 된지 10년이 지나면서 인간의 대화면, 고해상도의 욕구에 대한 충족은 투사형 디스플레이에 의해서 주도적으로 제공되었다. 최근에도 디스플레이 소자 및 광학계 등의 기술이 급속히 향상되고 있음으로써, 해상도에 있어서 뿐만 아니라 밝기, 색상 및 선명성도 타 디스플레이보다 앞서서 구현되고 있다고 할

수 있다. 또한 주로 가격을 결정지우던 디스플레이 소자가 소형화되고 생산성이 향상되어 앞으로 가격이 많이 떨어질 것으로 예상되면서 전면 투사형은 그 수요가 더욱 확대될 것이며, 배면 투사형의 경우도 시장이 확대되어 2005년 경이면 Light Valve형을 기준으로 최소한 500만대에 육박할 것으로 예상하고 있다. 투사형 디스플레이는 대화면으로서 디스플레이의 한 영역을 담당할 것이고, 또한 새로운 디스플레이 문화를 제공할 수 있을 것으로 기대하며 지속적으로 투사형 디스플레이의 기술 개발에 많은 관심을 기울여 줄 것을 바란다.

#### 참고 문헌

- [1] Larry J. Hornbeck, "From Cathode rays to digital micro mirrors: A history of electronic projection display technology," *Texas Instruments Technical Journal*, Vol.15, No.3, pp.7-46, July, 1998.
- [2] 김근배 외, "디스플레이공학-II", 청범출판사, pp.243-318, 2000.
- [3] Larry J. Hornbeck, "Digital Light Processing: A new MEMS-based display technology," *Technical Digest of the IEEJ 14<sup>th</sup> Sensor Symposium*, pp. 297-304, 1996
- [4] D. Bloom, "The Grating Light Valve™: Revolutionizing Display Technology," *Projection Displays 3 Symposium, SPIE Proceedings*, Vol 3013, Feb.1997.
- [5] Y. Itoh, et. al., "Ultra-High-Efficiency LC Projector Using a Polarized Light Illumination System," *SID 97 Digest*, pp.993-996, 1997.
- [6] Michael G. Robinson, et. al., "High Contrast Color Splitting Architecture Using Color Polarization Filters," *SID*

'00 Digest, Vol.31, pp.92-95, 2000.

- [7] David T. Amm, et. al., "Optical Performance of the Grating Light Valve Technology," *Photonics West-Electronic Imaging '99*, Projection Display 5, 1999.

#### 저자 소개



##### 金根培

1952년 2월 22일생, 1974년 2월 숭실대학교 공과대학 전자공학과 학사, 1988년 9월 금오공과대학원 통신공학 석사, 1977년 1월 ~1991년 5월 : (주)금성사 TV 연구실장, 1991년 6월~1995년 12월 : (주)LG전자 영상미디어 연구소 디스플레이그룹 연구위원, 1996년 1월~1999년 2월 : (주)LG전자 영상미디어 연구소장, DTV연구소장, 1999년 7월~1999년 12월 : (주)신영상정보통신 부사장, 2000년 3월~현재 : (주)디에스플러스 대표이사, <주관심 분야 : LCD Display, Projection Display, Large Screen Display>



##### 權純炯

1960년 7월 26일생, 1984년 2월 연세대학교 이과대학 물리학과 학사, 1986년 2월 연세대학원 물리학과 석사, 1989년 3월~현재 : LG전자 디지털 디스플레이 연구소 책임연구원, <주관심 분야 : 투사형 디스플레이, 레이저 디스플레이, 마이크로 디스플레이>