

전자 디스플레이의 현황과 앞으로의 전망

Recent Developments and Future Prospects of Electronic Displays

이 상 태

S. T. Lee



- 1958년 1월 15일생
- 한국해양대학교 운항시스템공학부 부교수

1. 서 언

Man-machine Interface로서의 Information Display는 기계의 영역으로부터 인간의 五感에 정보를 전달하는 것으로, 이 중에서도 다양한 정보를 전자적으로 표시하여 높은 기능의 시각을 통해 인간에 전달하는 것이 전자 디스플레이이다.

따라서 오늘날 고도 정보화 사회로의 진전과 사회생활의 고도화에 따라 컴퓨터, 텔레비전, 통신기기 및 기타 AV기기뿐만 아니라 전 산업에 걸쳐서 전자 디스플레이가 폭 넓게 사용되고 있으며, 그 중요성은 날이 증가하고 있다.

컴퓨터의 발달기로서는 개인용 컴퓨터 수준에서 CAD용 Workstation, 나아가 대형기기의 모니터에 이르기까지 高精細이면서 Full-color의 표시가 요구되고 있다. 텔레비전의 경우, HDTV(High Definition TV, 일명 Hi-vision TV)용의 대화면, 고해상도의 디스플레이가 필요로 되고 있으며, 휴대용 컴퓨터로 대표되는 이동기기 및 공간, 무게의 제약을 받고 있는 디스플레이의 경우 평판

화, 경량화가 강하게 요구받고 있다.

이러한 요구에 따라서 새로운 기술이 계속해서 연구·개발되고 있다. 예를 들어, CRT(Cathode Ray Tube)의 경우 대형 화면의 超高分解能을 가진 Workstation용 및 HDTV가 개발되었고, LCD(Liquid Crystal Display)의 경우 당초 예상할 수 없었던 HDTV사양의 투사형 대화면 Full-color 표시장치도 개발되었다. 또한 최근 PDP(Plasma Display Panel)에 의한 40인치 이상의 벽걸이 텔레비전이 실현되었으며, 대형 진광판 분야에서도 종래의 전광표시를 대신해서 플라즈마 또는 LED(Light Emitting Diode)를 사용한 Full-color 표시 디스플레이가 사용되고 있다.

따라서, 본 해설에서는 전자 디스플레이에 있어서 개별적인 이론적 해석의 전개보다는 포괄적 이해를 돕는 데 목적을 두어 전자 디스플레이의 종류 및 개발의 역사를 살펴본다. 그리고 우리 주변에서 매일 접하고 또한 사용하고 있는 CRT, PDP, LED, EL(Elcctroluminescent Display) 및 LCD의 표시원리·구성 및 표시성능·특징을 비교·분석

한다. 또한 이러한 특징으로부터 현재의 전자 디스플레이 시장의 현황을 개괄하고 앞으로의 과제와 전망에 대하여 논의한다.

2. 전자 디스플레이의 종류 및 개발 역사

2.1 전자 디스플레이의 종류

전자 디스플레이란 Fig. 1에 나타내듯이 각종 전자 기기로부터 입력되는 전기적 정보신호를 인간의 시각으로 인식할 수 있도록 밝기 및 색 등의 광 정보 신호로 변환하는 전자 디바이스이다. 이러한 역할과 기능을 가진 전자 디스플레이는 능동형 표시(Active Display)로 불리는 발광형(Emissive Display)과 수동형 표시(Passive Display)로 일컬어지는 수광형(Non-emissive Display)으로 구분된다. Fig. 2는 주요한 디스플레이의 종류를 간략히 기술한 것이다. 이 중에서 가장 오랜 역사를 가지고 있는 것이 CRT로 현재에도 표시품질, 경제성, 시장점유율 등에서 제 1위의 위치를 확보하고 있으며, 이어 LCD, VFD, PDP, LED, ELD의 순으

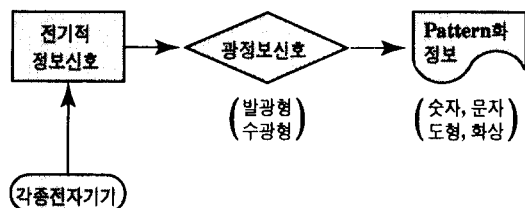


Fig. 1 The role of electronic displays.

로 시장실적을 점하고 있다. CRT를 제외한 디스플레이는 평면형 디스플레이(FPD : Flat Panel Display)로 구분되는 데, 최근 급속한 신장세를 거듭하여 점유율이 거의 50%에 육박하고 있다. 1970년을 전후하여 IC 및 LSI로 일컬어지는 반도체 기술의 급속한 진보에 따라 각종 전자 디바이스의 고체화와 저전압·저 전력화가 요구되었고 따라서 각종 전자기기의 소형·경량화에도 발전, 컴퓨터를 축으로 하는 정보처리장치의 탄생에 따라 이와 같은 새로운 추세에 적합한 신 전자디스플레이 디바이스 - 薄型·경량이면서 저 구동전압·저 소비전력형 Flat Panel형 디스플레이 디바이스-에의 강한 사회적 요구가 증가하고 있기 때문이다.

2.2 개발의 연역·변천

전자 디스플레이의 근원이라 할 수 있는 물질 또는 발광현상의 발견은 오랜 역사를 가지고 있다. 예를 들어 1888년 Reinitzer에 의한 액정의 발견을 시작으로 1897년에 Braun에 의한 CRT의 발명, 1923년 Lossew에 의한 SiC 결정의 전하주입형 발광현상의 발견, 1936년 Destriau에 의한 ZnS 형광체의 EL(Electroluminescence)현상의 발견 등이 있다. 그러나, 1940년 시작된 텔레비전 방송에서의 CRT 디스플레이의 실용화를 제외하면 대부분의 전자 디스플레이의 디바이스로서의 본격적인 탄생은 그로부터 50~60년이 경과한 1960년대 이후로 비교적 최근의 일이라 할 수

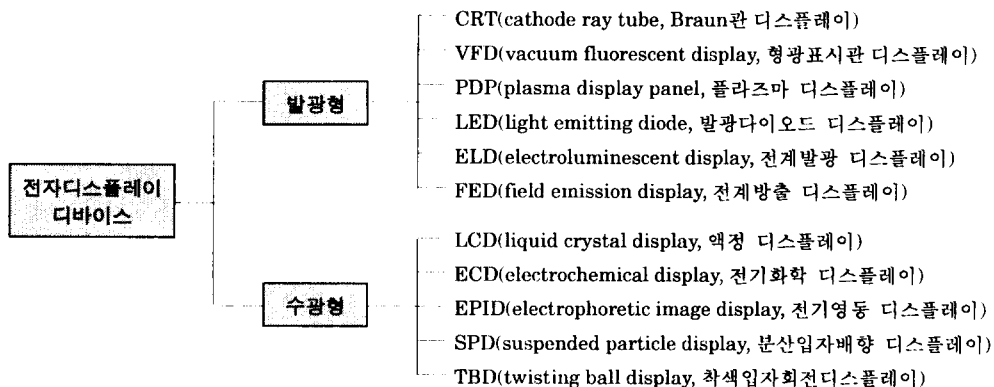


Fig. 2 The classification of electronic displays.

있다.

2.2.1 CRT

Braun에 의해 약 100년 전에 발명된 CRT-Braun관이라고도 한다—는 3단계의 기간으로 나누어 발전 또는 응용분야를 확장하여 왔다. 제1기는, 1940년 전후에 시작된 흑백 텔레비전 방송을 시작으로 상용화되어 1960년부터 칼라 텔레비전 방송을 거쳐 상품으로써 성숙한 1970년경까지라고 할 수 있다. 그 후 1980년경까지의 제2기는 컴퓨터의 Monitor로 도입되면서 에너지 절약형 그리고 저 가격화를 추구한 시기로 인라인 전자총(In-line Electron Gun)이 도입되어 네크관경이 축소된 시기였다. 그리고 현재에 이르는 제3기는 성능의 향상이 추구되어 대형화, 고 화질화를 향한 개발이 활발하게 이루어져 고품위 텔레비전(HDTV)이 상품화 되었다.

2.2.2 VFD

도전성의 ZnO : Zn형광체를 저속전자선으로 여기하여 세션 열음극과 메슈그리드를 지나 청녹색 발광을 관찰하는 반사형 형광면 구성의 VFD는 1967년 세그먼트형으로 1행의 숫자를 표시하는 소형 진공관(Single-digit Display Tube)이 개발되어 주로 소형계산기에 응용되었다. 1972년 구형 다행관과 평형 다행관에 의해 다수행의 숫자표시 디바이스가 발표되었고, 오늘날의 평형관에 의한 문자 및 그래픽 표시가 가능한 대용량 FPD로 발전하였다. 최근에는 시야각과 시차가 대폭 개선된 전면 발광방식의 VFD가 실용화되어 1985년 이 방식과 RGB(Red, Green, Blue ; 빛의 3원색) 형광체를 조합한 Multi-color VFD가 여러 제조사로부터 발표되고 있다.

2.2.3 PDP

가스의 방전발광을 이용한 PDP는 1954년의 DC 구동 PDP의 발표 및 1956년에 개발된 냉음극 방전표시관의 개발로부터 시작되었지만 패널형 표시 디바이스로서의 본격적인 개발은 1966년 메모리형 AC 구동 PDP 발표와 1969년 자기주사(Self-scan)형 DC 구동 PDP의 발표로 시작되었다. 그 후 1975년경부터 AC 구동 및 DC 구동의 문자 및 그래픽 표시의 패널의 보급이 개시되어

1985년에는 펄스 메모리형 DC 구동 칼라 PDP TV가 시작되어 1993년에는 대각 21인치형의 대화면 Full-color 비데오 표시 PDP가 개발되었고 현재 50인치에 이르는 초대형 화면의 벽걸이 TV가 국내에서도 상용화되었다.

2.2.4 ELD

1936년 발견된 EL현상을 이용한 분산형 EL조명 패널을 1950년에 개발한 이래 표시 디바이스의 실용화는 저 휘도와 단 수명으로 인하여 거의 정체되었다. 그러나 1968년 박막형 AC 구동 EL 패널의 개발에 자극되어 실용화 연구가 다시 활발하게 진행되어 1978년 고휘도로 장수명의 2중 절연 박막의 AC 구동 문자 표시 패널이 상품화되었다. 1980년에는 고휘도의 패널이 실용화되었으며 1987년에는 저전압 동작, 고휘도에 더하여 발광층의 선택에 의해 다양한 발광색이 얻어지는 유기박막 EL이 발표되었다. 1988년에는 본격적인 Full-color 표시 ELD가 발표되었다.

2.2.5 LED

LED의 발상은 1923년의 SiC 결정의 전하주입형 발광현상의 발견에서 출발하고 있으나 실용화 연구가 활성화된 것은 1954년 GaP의 발광현상의 관찰과 1962년의 GaAs의 전하주입 발광현상의 발표이래이다. 1968년 GaAsP계의 적색 LED가 실용화되었고 계속해서 GaP계 및 AlGaAs계를 중심으로 한 적색, 등색, 황색, 녹색 등의 각종 발광색의 LED가 제품화되었고, 특히 최근에는 고휘도의 GaN계의 청색발광 LED도 실용화되었다. LED의 주요한 용도는 파이로트 램프나 숫자 등의 소형표시가 주요한 용도이지만 VFD와 똑같이 그 응용영역은 숫자, 그래픽표시의 분야에 응용되어 1990년에는 적·녹·청의 3원색을 중첩으로 집적한 대화면 Full-color LED 표시판이 발표되었다.

2.2.6 FED

FED는 VFD와 동일한 원리로 발광하는 디스플레이로서, 전장이 가해진 상태에서 Micro-tip에서 발생된 전자가 Gate Metal에 의해 가속되어 도전투명성 전극에 입혀진 형광체를 때림으로써 발광하는 소자로서 최근에 연구가 진행되고 있는 디스

플레이이다. 1991년 프랑스의 LETI에서 Mono FED가 처음으로 실현된 이래 그 가능성이 인정되어 미국, 일본을 중심으로 활발한 연구가 진행되고 있다. 국내에서도 삼성에서 시제품의 개발에 나서고 있는 등 상용화를 향한 개발이 활발하다. 1996년 실용 가능한 크기의 Full-color 화면의 시제품이 제작되었고 최근에는 양산을 계획하는 회사들이 생겨나고 있으나, 아직도 저 전압용 고 휘도의 형광체의 소재 개발 및 신뢰성 높은 Micro-tip 제조기술 등이 이루어지지 않아 상용화는 2000년 이후에나 가능하리라 본다.

2.2.7 LCD

수광형의 전자 디스플레이에 속하는 LCD는 1888년에 액정을 발견하였으나, 디스플레이로서의 응용에 대한 개념은 1963년에 제기되었다. 이어 본격적인 탄생은 1960년 중반 안정되고 균질의 액정이 개발되면서 시작되었다고 할 수 있다. 이후 1969년 TN(Twisted Nematic)형 방식의 LCD가 발표되었으며 1980년 전후부터 본격적인 실용화 단계에 접어들어 a-Si TFT(Thin Film Transistor) 구동 LCD의 제작, 액정 TV의 실용화, STN(Super-twisted Nematic)형 LCD방식의 개발과 액정 칼라 TV의 상품화를 거쳐 1991년에는 Hi-vision 액정 프로젝터의 상품화까지 발전하였다. 최근에는 숫자, 문자, 그래픽, 비디오 표시 등 민생분야에서 산업분야까지 전 분야에서 응용되고 있다.

2.2.8 기타 디스플레이

ECD는 1963년 텅스텐산화물에서 EC현상이 발견된 후 1969년 산화 텅스텐 ECD의 발표이래 몇 가지 소재를 이용한 ECD가 발표되었지만 1982년 ECD를 이용한 시계의 상품화 외에는 아직 초보단계에 머무르고 있다.

1969년, 1975년 및 1977년에 각각 발표된 분산 입자 배향형(SPD : Suspended Particle Display), 자기입자회전형(MPD : Magnetic Particle Display) 및 착색입자회전형(TBD : Twisting Ball Display)의 입자회전방식 디스플레이, 1973년 개발된 전기영동방식 디스플레이 등이 있다.

3. 각종 전자 디스플레이 디바이스의 표시원리와 기본구조

Fig. 3은 각종 전자디스플레이 디바이스의 표시원리, 기본적인 구조와 주요 표시재료에 대하여 나타내고 있다. 이들 중에서 평면형 패널형의 경우 기본적인 구조는 고체상, 액체상 또는 기체상의 표시재료층과 기판상에 형성된 전극층이 적층화되어 있는 점이 공통이다. 이하 각각의 표시 디바이스에 있어서 그 개요를 기술한다.

3.1 CRT

CRT는 고속전자선에 의한 형광체 여기 발광(음극선 루미네센스)현상을 이용하는 표시소자이다. 그림 3에는 흑백 표시 CRT의 일반적인 구조를 나타낸다. 열 Cathode에서 생성하여 전자총에서 집속되어 방출되는 전자 Beam은 편향 Choke의 자계의 작용으로 수평·수직방향으로 주사되어, Panel Glass면에 도포되어진 형광체면에 고속으로 충돌한다. 이 충돌 에너지가 형광체를 여기하여 발광이 일어난다. 형광체면에는 알루미늄(Al)의 Metal-back이 있어서 이것을 통해서 Anode로부터 15~25kV의 양극 전압이 형광체면에 인가되어 전자 Beam이 고속으로 가속된다. 한편, 칼라표시 CRT(Shadow-Mask 방식)에서는 적(R), 녹(G), 청(B)의 3원색 발광 형광체가 Panel Glass면에 Dot상으로 도포되어 있고, 또한 이 R, G, B형광체에 대응해서 3개의 전자총이 구비되어 있다. 따라서 각각의 전자총으로부터의 전자 Beam이 다른 색의 형광체 Dot에 충돌하는 것을 방지하기 위한 Shadow-Mask가 내장되어 있다. Fig. 4는 Shadow-mask Color CRT를 구성하는 기본 요소의 개념도를 나타내고 있다.

대표적인 CRT용 형광체로서는 흑백 표시용의 Zn : Ag(Zn, Cd), 칼라 표시용으로는 ZnS : Ag(청), Y₂O₂S : Eu(적), ZnS : Au(Cu, Al)(녹) 등이 주로 사용되고 있다.

3.2 VFD

VFD는 저속 전자선에 의한 형광체의 여기 발광 현상을 이용하는 표시소자이다. 음극선 루미네센

종류	표시 원리	기본 구성	표시 재료
CRT	고속 전자선 여기에 의한 형광체의 발광 현상 (음극선 루미네센스)		고속 전자선 여기발광의 형광체 (ZnS:Ag, ZnS:Cu, Al, Y ₂ O ₃ S:Eu)
VFD	형광체의 저속 전자선에 의한 여기발광 현상 (음극선 루미네센스)		저속 전자선 여기발광의 형광체 (ZnO:Zn, (Zn, Cd)S:Ag, ZnS:Cu, ZnS:Ce)
PDP	불활성 가스방전에 의한 발광현상, 회가스자외선에 의한 형광체 여기발광현상 (광 루미네센스)		Ne를 주로하는 혼합회가스 (방전발광방식) Xe를 주로하는 혼합회가스와 형광체 (형광체여기발광방식)
LED	소수전하주입에 의한 재결합발광현상 (주입형 엘렉트로 루미네센스)		pn접합 반도체, 주로 III-V족 화합물반도체 결정 (GaP, GaAsP, GaAlAs)
ELD	형광체의 전계직접 여기에 의한 발광 현상 (진성 엘렉트로 루미네센스)		형광체 (ZnS:Mn, ZnS:Sm, ZnS:Tb, SrS:Ce)의 박막, 형광체를 분산한 유전체막 (주입형 엘렉트로 루미네센스)
LCD	배열 액정의 선광성 특굴절성, 이색성, 광산란 현상		nematic액정, smectic액정, cholesteric액정

Fig. 3 Operating principle, structures and materials of several electronic displays.

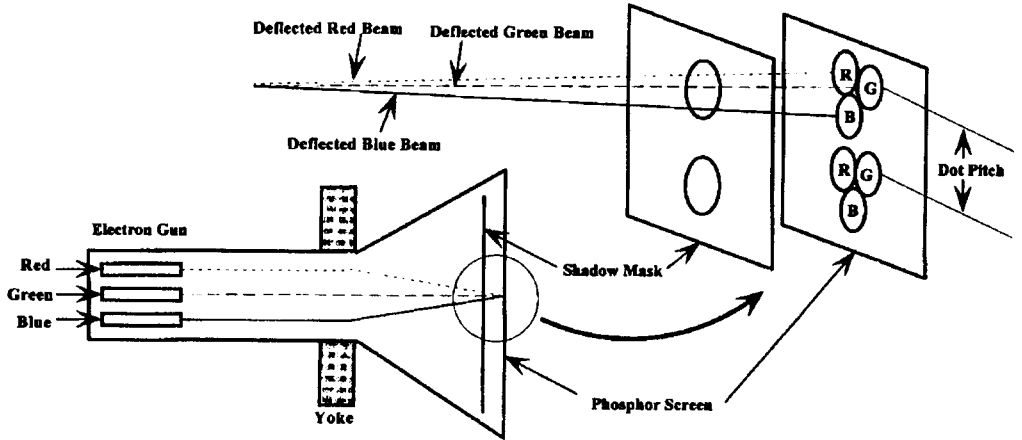


Fig. 4 Triad-dot shadow-mask color CRT.

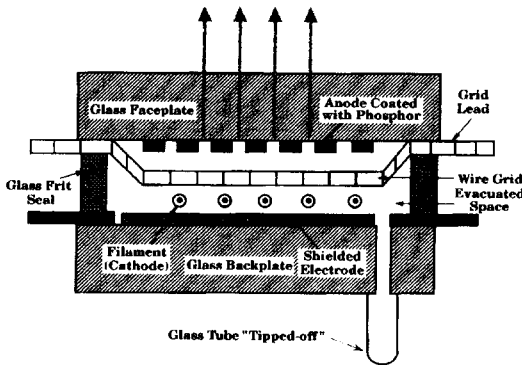


Fig. 5 Cross section of VFD.

스 현상을 이용하는 점에서는 CRT와 동일하나, CRT가 전자선의 주사에 의해 표시하는 것에 대하여 VFD는 Grid부와 Anode부에서의 선택적 전압인가의 조작에 의해 표시하는 점이 크게 다르다.

VFD의 기본적인 구조는 Fig. 3과 같이 3극 진공관과 비슷하다. Fig. 5는 실제의 단면도를 나타내고 있다. 전면 Glass(Glass Faceplate), Cathode(Filament), 제어 Grid, 형광체를 도포한 Anode와 이 Anode를 지지하는 기판으로 구성되어 있다. 산화물의 음극재료를 도포한 Cathode의 통전가열(~650℃)에 의해 방출된 열전자는 우선 금속 Mesh로 된 제어 Grid에 의해 확산 가속되어 세그먼트상으로 분할된 Anode상에 도포된 형광체에 충돌함으로써 이 형광체를 여기하여 발광시킨다. 이 경우, 발광 표시 세그먼트에는 일정의 정전

압을 인가하고 표시하지 않는 세그먼트에 상당하는 Grid부에는 부전압을 인가한다.

대표적인 형광체로는 저속 전자선에서 효율이 뛰어난 청녹색으로 발광하는 ZnO : Zn 형광체이다. 이외에 발광효율은 낮지만 적, 등, 황, 청 등의 각 색으로 발광하는 형광체가 개발되어 있다.

3.3 PDP

PDP는 불활성 가스의 Plasma방전에 따라 행·렬의 Matrix전극 교점에서의 발광을 이용한 표시 디바이스이다. 기본적 디바이스의 구조는 행전극과 열전극을 설치한 2매의 유리 기판으로 구성된 방전공간(약 0.1mm의 공간)에 Ne를 주체로 한 혼합 가스가 수 백 Torr정도로 봉입되어 있다. Fig. 6은 AC Plasma Panel의 기본적 구조를 나타내고 있다.

PDP는 전극이 방전공간에 노출된 DC형(직접 방전형)과 전극이 유전체층으로 싸여진 AC형(간접 방전형)으로 대별된다. 이 때의 발광 표시색은 적등색이다.

AC형에서는 방전 개시후는 유전체층에 생기는 잔류 벽전하를 이용해서 최초의 방전 개시 전압보다 낮은 전압으로 방전 발광이 유지될 수 있으며 동시에 메모리 동작을 행할 수 있다. 따라서 DC형에 비해서 동작전압을 저감할 수 있으며, 휘도를 저하시키지 않고 표시용량을 증대할 수 있다. 한편 DC형의 특징은 구조와 구동 주사회로가 비교적

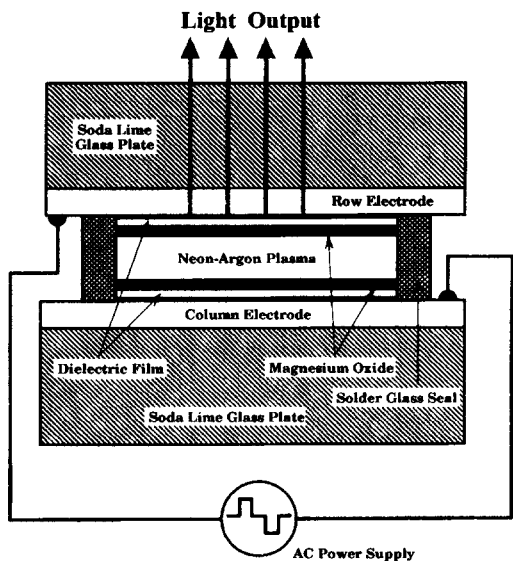


Fig. 6 Basic structure of AC PDP.

간단하며, 방전 전류의 제어에 의해 휘도를 용이하게 변조할 수 있다는 것이다.

방전 Cell부분에 발광 형광체를 AC형 또는 DC형과 조합하고 이것을 Xe를 주로 한 불활성 가스의 방전 자외선으로 여기하여 발광시킴으로써 Full-color 표시가 된다.

3.4 LED

LED는 n형 반도체 결정과 p형 반도체 결정이 집합된 구조를 하는 광전 변환 반도체 디바이스이다. p형 결정에 설치한 Anode에 정의 전압, n형 결정상의 Cathode에 부의 전압을 인가하면 소수 전하인 정공은 p형 영역에서 n형 영역으로 주입되어(동시에 n형 영역에서 p형 영역으로 전자가 주입된다) 다수 전하인 전자와 재결합하는데, 이 결합 에너지가 광으로 변환된다. Fig. 7은 GaAsP를 이용한 LED의 단면구조를 Fig. 8은 발광원리를 나타낸 것이다. Fig. 8에서 보듯이 전압이 인가되지 않을 경우, pn 집합부에 높은 전위장벽이 형성됨으로써 전자 또는 정공의 흐름을 막고 있으나 순방향의 전압이 인가되면 전위장벽이 낮아짐으로써 전자와 정공이 이동하여 재결합함으로써 발광하게 된다.

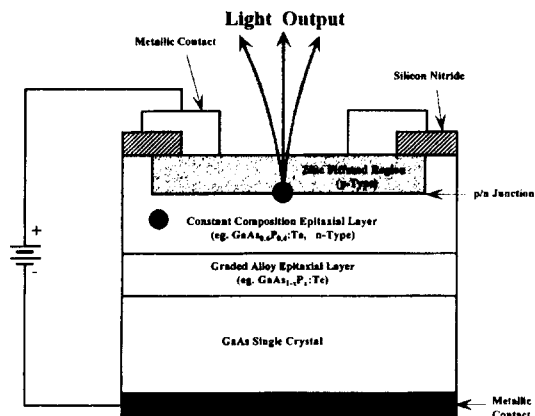


Fig. 7 Cross section of LED.

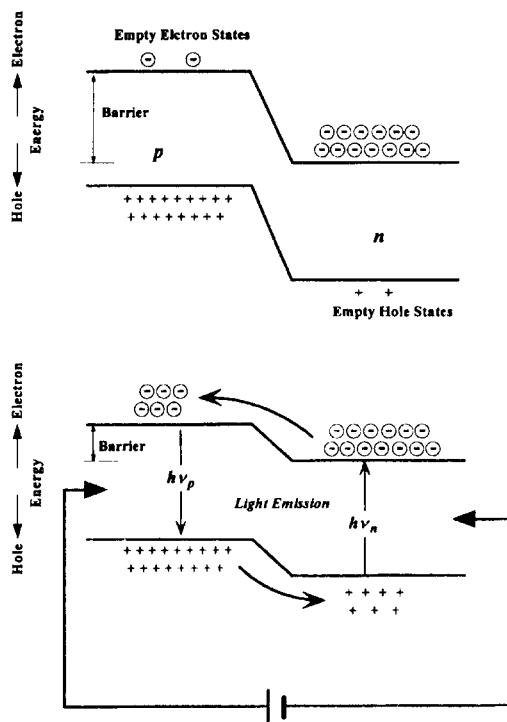


Fig. 8 Mechanism of pn-junction operation in LED.

이 재결합 발광의 색은 LED 반도체 결정의 금지대 폭(Energy Band Gap)에 의존하며, 널리 사용되고 있는 LED 결정으로는 III-V족 화합물 반도체 결정으로 GaP(녹색), GaAsP(황색~등색), GaAlAs(적색), GaN계(녹색~청색) 등이 대표적이다.

3.5 ELD

황화아연(ZnS) 등의 모체 재료에 발광중심으로 작용하는 Mn(황등색), Cu(적), TbF₃(녹색) 등의 부활제를 첨가한 형광체의 발광층에 전압을 인가하면 부활제에 의해 결정되는 색의 발광이 얻어진다. ELD는 이러한 진성 엘렉트로루미네센트 현상을 이용한 발광형 표시 디바이스이다.

ELD는 형광체 분말을 전극사이에 넣은 분말 ELD와 형광체 박막을 이용한 박막 ELD로 대별되며, 이들 각각은 구동방식에 따라 교류전압으로 구동시키는 교류형과 직류전압으로 구동시키는 직류형으로 분류된다.

Fig. 9는 ZnS를 이용한 AC 박막 ELD의 단면도를 나타내고 있다. Fig. 9에 나타내듯이 가장 일반적인 ELD는 ZnS : Mn형광체 박막을 유전체층과 전극으로 싸고 있는 2중 절연구조(막의 전 두께: 1 μ m)의 교류형 ELD이다. Fig. 10은 ZnS를 이용

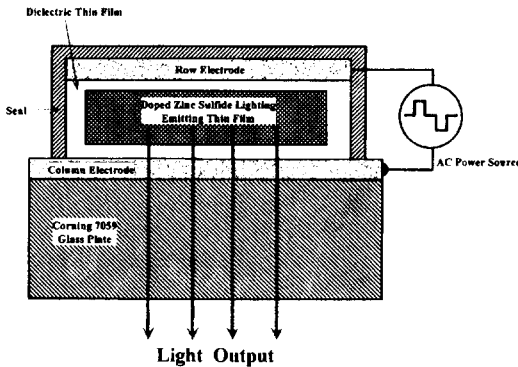


Fig. 9 Basic structure of AC thin film ELD.

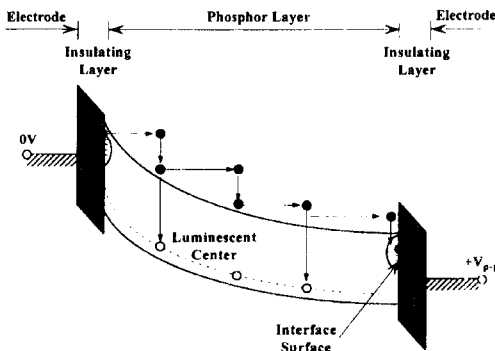


Fig. 10 Emission mechanism of LED.

한 AC ELD의 발광원리를 나타내고 있다. ELD의 발광기구는 인가전압에 의해 형광체층과 유전체층의 계면에 포획되어 있던 전자가 형광체층에 방출되고, 이 전자는 고전계로 가속됨으로써 고 에너지를 갖는 전자로 된다. 이 고 에너지의 전자는 발광중심에 직접 충돌함으로써 발광중심은 여기상태(Excited State)로 되고 이 여기상태가 기저상태(Ground State)로 돌아올 때 광자를 방출하여 발광하게 된다.

형광체로는 상기의 황화아연계 외에 SrS : Ce(청), Ga₂M₄S : Ce(M : Ca, Ba, Sr)(청) 등이 있다.

3.6 LCD

LCD는 액정의 특정한 분자배열을 전압의 인가에 의해 다른 분자배열로 변화시키고 이 분자 배열에 의해 생기는 액정 Cell의 복굴절성, 선광성, 이색성, 광산란성 등의 광학적 성질의 변화를 시각변화로 변환하는 것이다. 즉, LCD는 액정 Cell에 따른 광의 변조를 이용하는 수광형 표시 디바이스이다. 액정 Cell은 투명전극을 도포한 2매의 기판사이에 액정을 1~10 μ m정도의 두께로 싸고 있는 구조를 하고 있으며, 전극표면에는 액정분자를 일정하게 배열하기 위한 분자 배향막이 형성되어 있다.

일반적으로 LCD는 TN(Twisted Nematic)와 STN(Super-twisted Nematic)방식으로 불리지며, 이들 방식의 액정배열은 액정분자가 전극사이에 90°~270° 정도 비틀러져(Twist) 있다. 이 비틀러져 있는 분자배열은 전압의 인가에 의해 해소되

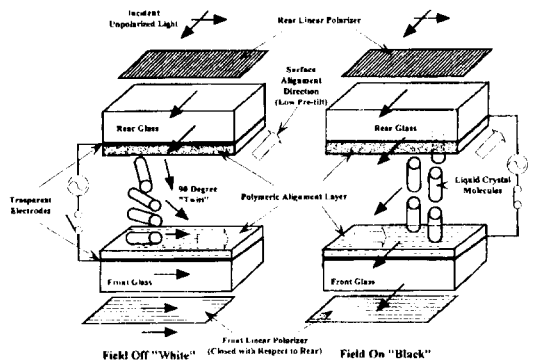


Fig. 11 Super-twisted nematic field effect LCD operating principles.

기 때문에 2매의 편광자사이에 액정 Cell을 설치함으로써 명암의 표시 또는 색 변화의 표시가 가능하다. Fig. 11은 전형적인 LCD의 작동원리를 나타내고 있다. TN이나 STN방식에 이용되는 액정은 Nematic 액정이지만 방식에 따라서는 Smectic액정이나 Koresteric액정이 이용된다. 따라서 LCD는 구동방식의 차이에서 Switching 소자를 이용한 Active형 LCD와 이용하지 않는 Passive형 LCD로 분류된다.

4. 성능표시와 특성비교

4.1 각종 표시성능

수광형과 발광형의 각종 전자 디스플레이 디바이스에 대하여 그 대표적인 표시성능을 Table 1에 나타낸다. 이 표로부터 각각의 표시 디바이스간의 표시성능의 비교 및 수광형과 발광형의 특징을 용이하게 파악할 수 있다.

4.1.1 동작전압과 소비전류

표시 디바이스의 구동에 필요한 인가전압을 동작전압[V], 구동시에 흐르는 전류를 소비전류[A], 이들의 곱을 소비전력[W]이라 한다. 표시원리에 대응해서 교류(AC) 또는 직류(DC)전압이 인가될 시, 실용적 관점에서 동작전압과 소비전류는 낮은

것이 바람직하다. 특히, 구동회로에 범용적인 구동 IC를 사용함에 있어서는 동작전압의 상한은 30~40V정도가 바람직하다. LCD, LED 및 VFD의 순으로 동작전압은 낮고(0.5~40V), IC구동이 용이하다. 이 외의 표시 디바이스의 구동에는 높은 인가전압(50~250V)이 필요하다. 특히 CRT의 경우는 수 10kV의 양극전압을 요한다. 대체로 수광형 표시 디바이스의 소비전류는 CRT이외의 발광형 표시 디바이스(mA/cm² 단위)에 비하여 상당히 작은 μ A단위이다. 또 저 동작전압과 저 소비전류 모두 만족하는 대표적인 디바이스는 LCD이다.

4.1.2 표시 Contrast와 階調性(Gray Scale)

표시 Contrast는 단지 Contrast로 불려지고 있는데, 표시부의 휘도와 비표시부의 휘도의 비로 나타낸다. 따라서 이것은 발광형 표시 디바이스에서는 발광휘도의 크기의 정도를 나타내고, 수광형 표시 디바이스에서는 광변조의 크기의 정도를 나타내는 척도이다. 일반적으로 수광형의 경우(10~18)에 비해서 발광형의 Contrast는 높다(30~100). 중간 단계의 표시를 필요로 하는 화상표시 등에서는 Contrast와 동일하게 계조성도 중요하다. 계조성의 정도를 표시하는 데는 계조수(Gray Scale)로, 표시 휘도의 $\sqrt{2}$ 등급의 강도변화의 段數로 나타낸다. 계조성에 뛰어난 것으로는 CRT, PDP, LCD이다.

Table 1. The visual impacts of electronic displays.

표시성능	발 광 형					수 광 형 LCD**		
	CRT	VFD	PDP		ELD	LED	PM형	AM형
동작전압[V]	DC 20~30kV	DC 10~40	AC 90~150	DC 180~250	AC100~200	DC 2~5	AC 2~5	
소비전류[μ m ²]	~1 μ A	수 mA	수 mA		수 mA	수십 mA	수 μ A	
Contrast	~100	~50	20~50		~40	~40	10~25	50~80
응답시간[μ s]	~1	~10	2~20		수~50	~1	30~200 ms	20~60 ms
휘도/밝기[cd/cm ²]	140~500	100~3000	70~220		70~200	170~1600	○(△)*3	
표시색	Full Color	Full Color	Full Color*1		황, 녹, 적, (청)	적, 녹, 청	Full Color*1	
메모리기능	×	×	○	○	△	×	×(○)**	○
동작수명	○	○	○	○	○	△	○	△

*1 형광체 여기발광 방식

*2 AM형 : Active Matrix형, PM형 : Passive Matrix형

*3 Back Light가 없는 경우

*4 Color Filter사용

*5 강유전성 LCD

○ 문제없음/대용용이

△ 문제있음/대용가능

× 대응불가

4.1.3 응답시간

응답시간은 일반적으로 전압을 인가한 후 표시가 나타날 때까지에 요하는 시간을 상승시간, 전압을 제거하고서 표시가 소멸될 때까지의 시간을 하강시간으로써 표시한다. 텔레비전의 화상표시 등의 경우에는 적어도 1/30초보다 빠른 응답성을 요하지만 보통의 표시의 경우에는 인간의 시각이 일반적으로 인식할 수 있는 한계 응답시간인 50~100ms보다 빠른 응답성은 필요하지 않다. 수광형 표시 디바이스의 응답(20~500ms)이 발광형 표시 디바이스의 응답(1~50μs)에 비하여 상당히 늦은 것은 발광형의 표시원리가 전자의 이동 또는 상호작용에 기초하고 있는데 비하여 수광형에서는 이온, 분자, 입자 등의 이동에 의존하고 있기 때문이다.

4.1.4 휘도 및 밝기

휘도는 발광형 표시 디바이스의 발광의 세기의 평가에 이용되고 있으며 단위는 fL 또는 cd/m²이다 (1fL=3.426cd/m²). 이들의 단위는 인간의 시각의 표준적인 분광 감도를 고려한 측광량의 단위계를 기본으로 하고 있다. 따라서, 시감도가 큰 녹색이나 황색의 광을 발광하는 표시 디바이스의 휘도는 일반적으로 높다. 보통의 발광형 표시 디바이스의 휘도는 100~1000cd/m²에 이른다.

밝기란 일반적으로 수광형 표시 디바이스의 경우에 이용된다. 즉, ECD와 같이 주위광을 유효하게 이용할 수 있는 표시 디바이스의 경우에는 밝은 표시가 실현될 수 있다. 반면 LCD와 같이 편광자에 의한 광흡수가 수반되는 경우에는 표시의 밝기가 저하한다.

4.1.5 표시색

발광형 표시 디바이스에서는 발광하는 광의 색, 수광형 표시 디바이스의 경우는 투과 또는 반사하는 광의 색을 표시색이라 한다. 이것은 표시원리나 표시재료에 따라 결정되는 데, 흑백, 다색, Full-color로 분류한다. LCD의 흑백표시 디바이스의 경우 Color Filter를 이용하여 Full-color표시가 쉽게 얻어진다. PDP, ELD, VFD, LED의 경우는 사용재료의 선택에 의해 임의로 표시색의 선택이 가능하다. CRT는 흑백표시에서부터 Full-color표시까지 임의로 쉽게 얻어진다. Fig. 12는 CIE(국제조명

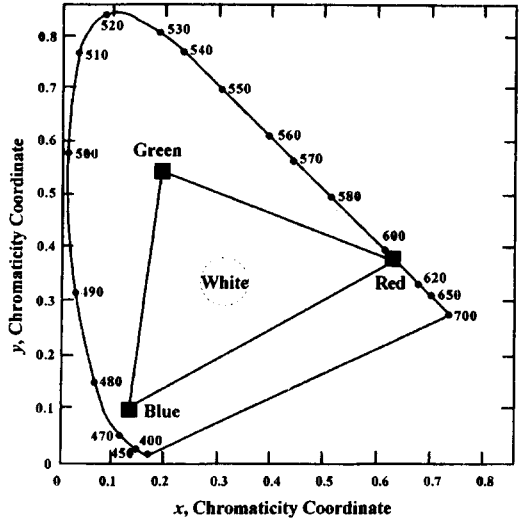


Fig. 12 CIE chromaticity diagram of red, green and blue color.

위원회) 색 좌표를 나타내고 있다. 사각형은 각각 색의 3원색에 해당하며, 점선의 원은 백색 좌표를 나타낸다. Full-color를 얻기 위해서는, 색의 3원색을 이용하는 방법과 백색광에 Color Filter를 사용하는 방법이 있다. 또한 각 숫자는 nm 단위로 표시한 파장을 나타낸다.

4.1.6 메모리 기능

인가전압을 제거한 후에도 표시상태를 유지할 수 있는 기능으로 표시 디바이스의 소비전력의 감감뿐 아니라 구동회로의 간략화에 유리하다. 메모리 기능의 유무는 표시원리에 의존한다. 주로 발광형의 ELD 및 PDP에서 이 기능이 있다.

4.1.7 동작수명

표시 디바이스의 동작수명의 장단은 본질적으로 표시원리에 따른 경우와 사용재료의 상태, 화학적인 안정성, 내습성 및 내광성 등 제 조건에 좌우되는 경우가 있다. 실용화되고 있는 표시 디바이스의 동작 수명은 LED, VFD, PDP, LCD, ELD, CRT 순으로 길고, 1만에서 10만시간이다.

4.2 기타의 특징비교

진술하지 않은 표시 디바이스로서의 특징과 성능 비교를 Table 2에 나타낸다. 실용 수준의 Full-

color를 달성하고 있는 표시 디바이스는 CRT와 Micro Color Filter 방식의 LCD, 형광체 여기 발광방식의 PDP, LED 등이다. VFD의 경우 청녹색만이고 휘도와 장수명을 가지고 있을 뿐 그 외의 형광체 개발이 시급하며, ELD의 경우 청색발광의 고 휘도화가 문제점으로 남아 있다.

표시의 대화면화는 LED와 VFD를 제외하면 구조적으로 FDP의 장점이라 할 수 있으며, 특히 PDP의 경우 대각 60인치의 대형 PDP가 실용화되었다. 또한, 표시 디바이스의 집적화와 투자방식의 채용에 의해 LED와 VFD는 수 m각의 대화면 표시를 실현하였다. 고해상도에 적합한 것으로는 CRT와 ELD 및 Active형 LCD이다. 같은 FPD중에서도 모듈화된 표시 유니트의 두께 및 무게는 크게 다른 데, LCD와 ELD가 제일 얇고 가볍다. 표

시품질과 보기 쉬운 정도는 해상도와 표시색, 발광·수광, 시야각 등에 크게 영향을 받지만 수광형에서는 Active형 LCD, 발광형에서는 ELD, PDP 등이 뛰어나다.

Fig. 13은 FPD중 흔히 접하는 LCD, PDP 및 ELD의 가격 대 성능을 나타내고 있다.

5. 전자 디스플레이 디바이스의 시장동향

Table 3은 1990년 이후부터 최근까지의 전체 전자 디스플레이 시장의 매출액을, Table 4는 1998년 이후부터 향후의 그래픽 디스플레이 시장의 매출액 추정치를 나타내고 있다. 현재까지의 Display시장은 CRT나 FPD의 어느 경우에 있어서나 약 9-12%의 년 평균 성장율을 나타내고 있으나, 향후의 추정치를 보면 전형적인 CRT Monitor의 증가율은 둔화되는 반면 FPD의 증가율이 급속히 진행됨을 알 수 있다. 따라서 CRT의 시장 점유율이 급속히 감소하고 FPD의 점유율이 증가하여 앞으로 3~4년 후인 2003년에는 45% 정도를 차지할 것으로 예상된다.

Table 2. Comparison of color and gray scale, size, resolution, thickness and weight of electronic displays.

비교항목	발광형						수광형	
	CRT	VFD	PDP		ELD	LED	LCD	
			AC형	DC형			PM형	AM형
Full Color	◎	○	◎		△	△	◎	◎
중간조(계조)	◎	○	◎		○	○	△	◎
대화면	◎	△	◎		○	◎	△	○
고 해상도	◎	○	○		◎	△	○	◎
박막·경량	×	△	○		◎	○	◎	◎

◎ 대응이 용이 / 우수 △ 대응이 곤란 / 열등
○ 대응이 가능 / 보통 × 대응불가

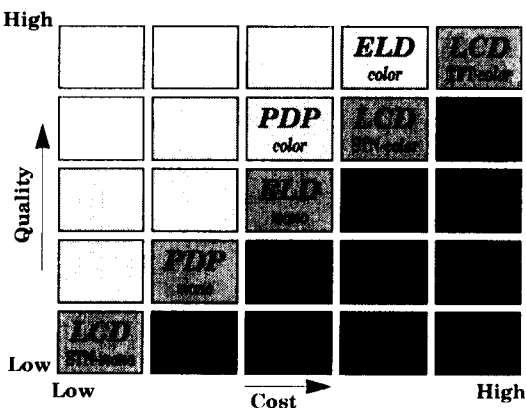


Fig. 13 Estimated interrelation between attainable quality and cost of PDP, ELD and LCD panel displays.

6. 향후의 과제와 전망

전자기와 인간과의 정보교환의 중요한 수단인 전자 디스플레이의 개발 동향은 “보다 보기 쉽게, 보다 사용하기 좋게, 보다 싼 가격”이라고 하는 방향으로 끝없이 계속되고 이것이 원동력이 되어 새로운 전자 디스플레이 디바이스가 탄생 또는 기존의 전자 디스플레이 디바이스에 있어서 기술혁

Table 3. The trend of world wide market of displays in all applications for 1990-1997.

(단위 백만 달러)

	CRT	VFD	PDP	ELD	LED	LCD
1990	10,400	***	***	83	***	***
1991	11,900	700	380	100	293	2,400
1992	***	770	385	120	320	2,900
1993	14,000	830	410	170	335	3,400
1994	***	910	460	210	350	4,200
1995	16,000	1,020	500	290	371	5,000
1996	***	1,130	550	420	400	6,100
1997	19,100	1,280	610	693	424	7,160

Table 4. The prediction of world wide market for graphic displays in nonconsumer application for 1998-2003.

(단위 백만 달러)

		1998	1999	2000	2001	2002	2003
LCD	STN-LCD	2,627	2,881	3,115	3,025	2,953	2,952
	TFT-LCD	8,875	10,630	13,139	14,979	16,606	17,841
PDP		146	158	163	171	195	234
ELD		124	135	152	168	187	207
Flat-thin CRT-like(incl.FED)		4	30	85	204	309	410
Total Graphic Flat Panels		11,824	13,834	16,654	18,547	20,250	21,644
Traditional CRT Monitor		21,555	22,236	23,200	24,255	25,296	25,947
Total or All Displays		33,379	36,070	39,854	42,802	45,546	47,591
Graphic Flat Panel Share		35%	38%	42%	43%	44%	45%

신이 계속해서 이루어지리라 생각된다. 이렇게 하여 실용화·제품화된 다양한 전자 디스플레이 디바이스는 각각의 특징을 살리면서 적절한 분야에서 새로운 응용분야를 개척함과 아울러 수요확대를 이루어 갈 것이다. 여기에서는 이들 전자 디스플레이 디바이스의 개발과제와 현재 및 장래의 전망에 대하여 개괄한다.

6. 1. CRT

표시용량, 해상도, 휘도, Full-color 표시 등에서 지금까지 다른 어느 전자 디스플레이 디바이스보다도 뛰어난 성능을 가지면서도 비교적 저 가격이므로 제1의 시장 점유율을 유지하고 있다. 그렇지만 CRT에 있어서도 몇 개의 개발과제가 있는데, 첫 번째가 각종 전자 디바이스의 교체화와 저 전압·저 전력화, 그리고 이것에 따르는 전자기기의 소형·경량화에 적합한 Flat Panel형 CRT의 개발과 제품화이다. 또, 당면의 과제로 HDTV방송의 실용화, 화상정보의 Multimedia화, Workstation의 고성능화 등에 충분히 대응할 수 있는 고 정세, 고도의 색 재현성, Flat Face 대화면화 등 고도의 표시성능과 기능을 가진 CRT의 개발과 실용화이다. 따라서, 이러한 관점에서의 기술개발이 급선무라 할 수 있다.

6. 2 VFD

VFD의 지금까지의 개발과정은 표시용량의 증대를 위해 표시 Panel의 대형화와 고정세화 그리고 각 색의 형광체의 고 휘도화로, 이들은 지금까

지도 계속되어 온 과제이다. VFD의 대형화는 대각길이 10인치 정도가 현재의 기술로 실용한도라 할 수 있지만, 고정세화는 0.2mm 피치 정도의 고정세 그래픽 표시 VFD가 실용화되어 있다. 그리고 고 발광효율의 새로운 형광체와 전면 발광방식의 결합에 의해 Full-color 표시 VFD의 개발도 진전하고 있다. 특히, 최근 많은 연구가 되고 있는 FED기술의 탄생에 의해 CRT이상의 고품질을 실현할 수 있다는 전망도 나오고 있다. 표시 패널의 내부에 IC를 설치하는 CIG(Chip in Glass)기술로 외부회로의 간결화도 추구하고 있다. 이와 같이 고정세화, Color화, 고 화질화, CIG기술 등의 새로운 기술의 조합에 의해 VFD의 응용은 민생분야에서 정보·산업분야까지 더욱 확대, 발전하리라 본다.

6. 3 PDP

PDP에서는 대용량 표시에 대처하기 위하여 표시 패널의 대형화와 고정세화, 그리고 Color화를 위한 기술개발이 상당히 진행되어 60인치의 단색 PDP, 40인치의 Full-color PDP가 이미 상품화되었다. 막의 형성에 인쇄 Process를 이용할 수 있고 3원색 형광체의 자외선에 의한 여기발광 기술도 거의 확립되어, 직시형 Flat Panel형의 대화면 Color 디스플레이로서 특히 40인치에서 50인치 정도의 대화면 Full-color 디스플레이로서 대형 벽걸이 TV나 대화면 HDTV로 응용되고 있으며, 아울러 각종정보·OA 기기의 표시용으로도 크게 기대된다. 이와 같은 기대를 실현하기 위해서는 발광 휘도, 발광 효율의 개선과 구동 전압의 저감 그리

고 주변회로의 개선과 구동 IC의 저 Cost화 등이 주요 과제로 남아 있다.

6.4 ELD

ELD의 경우에는 종래 신뢰성과 수명, 발광휘도, 가격 등의 몇 가지의 문제점이 있었지만 신뢰성과 수명의 점에서는 충분히 실용수준에 도달했다고 할 수 있다. 현재 고 휘도화를 위한 재료개발, 구동전압의 저감 등에 따른 구동회로의 저 Cost화, Color화 실현을 위한 고 휘도 3원색 형광체의 개발, 특히 청색 형광체의 발광효율의 향상 등에 개발이 집중되고 있다. 이러한 제 과제들의 개발·발전과 더불어 전소자의 교체화 구조 및 메모리 기능을 충분히 사용할 수 있다는 것, 얇고 가볍고 콤팩트하다는 것과 CRT에 필적하는 표시성능을 가진다는 장점으로 그 응용분야는 무한히 넓다고 하겠다.

6.5 LED

LED는 지금까지 간단한 숫자, 문자, Level의 표시를 포함하는 Indicator Lamp나 신호기, 자동차용의 고 휘도 Color 광원 Lamp로서 민생·산업분야에 폭 넓게 사용되어 왔다. 최근에는 LED를 종과 횡으로 집적한 Dot Matrix형의 대형 디스플레이로서 용도가 확대되어 실내외의 각종 정보안내판이나 도로 표시판으로 이용되고 있다. 특히 최근에 GaN계 청색 발광LED가 개발됨으로써 용도가 더욱 확대되리라 생각된다.

6.6 LCD

LCD는 얇고 가벼우면서 저 전압·저 전력 동작 등의 특징을 가지고 있다. 또한 다양화하는 사용자의 요구에 맞추어 대용량화, 고 정세화, Color화, 대화면화 등의 실현을 위한 기술혁신이 계속해서 이루어짐으로써 그 응용분야는 민생분야에서 정보·OA·산업분야까지 확대되었다. 현재 20인치 Color 표시 LCD가 실용화되었으며 투사방식을 이용한 대각길이 40인치에서 200인치 정도까지의 대화면 표시 HDTV사양의 액정 Projector도 실용화되었다. 이와 같은 LCD의 응용분야의 확대를 위해서는 시야각의 확대, 고 휘도화 기술, 고밀도

장착기술 등의 개발과 함께 제조장치와 양산설비의 개량 개발 및 LCD의 저 Cost화를 위한 수출의 개선, 제조비용의 저감 등이 주요 과제라 할 수 있다. 그리고, 차세대 LCD로서의 강유전성 및 반강유전성 LCD, 고분자 분산 LCD 등의 실용화가 LCD의 응용분야를 더욱 다양화하리라 기대된다.

7. 결 언

정보화, 산업화 사회에 살고 있는 우리는 거의 모든 정보를 표시장치를 통하여 얻고 있다. 이러한 표시 디바이스중에서 대표적인 것이 전자 디스플레이로, 이들의 원리와 개발의 현황을 이해하고 앞으로의 동향을 통찰해 본다는 것은 이 분야의 비전문가인 사용자측에서도 매우 중요한 것이라 사료되었다. 따라서, 본 해설에서는 전자 디스플레이에 대한 전반적 이해를 돕는 데 목적을 두어 주요 전자 디스플레이의 표시원리·구성 및 표시성능·특징을 비교·분석하고, 전자 디스플레이 시장의 현황 및 앞으로의 과제와 전망에 대하여 기술하였다. 정보화 산업의 발달과 더불어 앞으로 더욱 뛰어난 성능-고 시인성, 경량·박막화, 저가격화 및 대형화-을 가진 전자 디스플레이의 출현을 기대해 본다.

참고문헌

1. Display and Imaging, Science Communications Internationa, KK, 1994-1999.
2. 電子ディスプレイ, 松本正一의 7인 공저, 오ーム社, 1994.
3. 디스플레이, 内池平樹의 13인, 丸善株式會社, 1995.
4. Flat Panet Displays and CRTs, Lawrence E. Tannas, Jr., ed. Van Nostrand Reinhold Co., 1985.
5. Handbook of Display Technology, Joseph A. Castellano, Academi Press, 1997.