

종이처럼 얇고

입체화면이 가능한 디스플레이

글_ 박희동 한국화학연구원 화학소재연구부 책임연구원 hdpark@display.re.kr

영상 시대의 개막은 인류의 문명에 커다란 변화를 안겨줬다. 사진에 만족해야 했던 각종 정보를 눈앞에서 생생하게 감상한다는 디스플레이 개념은 그야말로 엄청난 혁신이라고 할 수 있다. 근대적인 의미에서 정보디스플레이의 역사를 살펴보면 그 출발점은 TV에 있다고 할 수 있다. 전자식 TV의 개발은 1897년 독일의 물리학자인 브라운 박사가 전기현상을 이용해 오늘날의 CRT(Cathode Ray Tube)와 같은 기본적인 기능을 모두 갖춘 최초의 전자관을 발명함으로써 시작됐다. 발명자의 이름을 따 브라운관이라고도 불리는 CRT는 전자광선의 작용을 통해 전기신호를 영상으로 변환해 표시하는 장치다.

CRT 넘어 LCD와 PDP, 유기EL로 발전

최초의 CRT가 탄생한지 100여 년이 지난 지금, 노트북이나 PC의 모니터로는 LCD(Liquid Crystal Display)를, 대형TV로는 PDP를 떠올릴 만큼 차세대 디스플레이에 대한 연구가 매우 활발하게 진행되고 있다. 디스플레이는 크게 스스로 빛을 발하는 발광형과 외부 광원에 의해 빛을 낼 수 있는 비발광형으로 분류된다. 발광형 디스플레이로는 CRT, PDP(Plasma Panel Display), 유기EL(Organic Light Emission Diode), FED 등이 있고, 비발광형으로는 LCD가 대표적이다. CRT는 대화면으로 갈수록 전자를 가속시키는 공간이 커져야 하기 때문에 부피가 커지고 무게가 많이 나간다. 브라운관을 40인치로 만들면 두께는 약 1m, 무게는 약 100kg 정도가 된다. 실제로 PDP를 브라운관 TV와 비교할 때 두께는 1/10 정도에 지나지 않고 무게는 40인치를 기준으로 1/6 정도에 불과하다. 또한 소비전력도 높아서 휴대용 디스플레이로는 불가능하다는 단점이 있다. LCD, PDP, 유기EL 등으로 대표되는 평판 디스플레이는 이러

기획연재순서

- 1 DNA
- 2 반도체
- 3 자동차
- 4 항공
- 5 로봇
- 6 차세대 전지
- 7 토목
- 8 바이오신약
- 9 스마트 무인기
- 10 인간유전체기능연구
- 11 21세기 차세대 초전도기술
- 12 White Biotechnology
- 13 지능형 교통시스템(ITS)
- 14 나노바이오 융합 측정제어기술
- 15 차세대 광통신 기술
- 16 차세대 소재성형 기술
- 17 차세대 정보디스플레이

한 단점을 극복하기 위해 탄생했다.

몇 년 전만 해도 디스플레이 시장의 주류를 이뤘던 브라운관은 이제 LCD와 PDP에 그 주도권을 내놓고 있는 형편이다. 평판 디스플레이가 현대 생활의 많은 부분에 급속하게 침투하는 이유는 브라운관 TV에 비해 손으로 잡을 정도로 두께가 얇고, 액자처럼 벽에 걸거나 천장에 매다는 것이 가능할 정도로 무게가 가벼워 공간을 효율적이고 조화롭게 이용할 수 있다는 장점이 있기 때문이다. 실제로 2003년의 브라운관 시장은 전체 디스플레이 시장의 40% 이하이며, 그 비중이 점차 낮아지고 있다. 벌써부터 LCD와 PDP가 활발하게 양산되면서 모니터와 TV를 빠르게 대체하고 있으며, 현재 양산 초기 단계에 있는 유기EL도 본격적으로 시장에 나설 준비를 하고 있다.

평판 디스플레이의 선두주자 LCD

LCD의 시초는 1888년 오스트리아의 라이니처가 액체와 고체의 특징을 모두 가질 수 있는 액정을 처음 발견하면서 출발했다. 하지만 지금과 같은 개념의 디스플레이가 탄생하기까지는 비교적 오랜 시간이 걸렸다. 1968년 들어서야 미국 RCA사가 액정을 이용한 디스플레이를 만들어냈고, 이후 1990년대 들어 10인치 TFT-LCD가 본격적으로 양산되면서 노트북 화면의 대표적인 디스플레이로 자리 잡았다. 최근에는 휴대폰, 사무용이나 가정용 PC의 모니터와 대형 TV로 모든 크기의 디스플레이에 적용되고 있는 평판디스플레이의 대표주자이다.

일반적으로 액정 디스플레이는 편광판이 부착된 두 장의 유리 사이에 액정을 주입하고 여기에 가하는 전기장의 세기를 조절해 광 투과량을 조절하는 구조로 돼 있다. 액정이란 형태가 변하지 않는 고체와 일정한 형태가 없는 액체의 중간상을 뜻한

다. 액정상을 이루는 분자는 가늘고 긴 막대 모양을 하고 있는데, 전기장이나 자기장을 외부에서 걸어주면 분자들의 배열이 바뀌어서 입사된 빛의 방향을 바꿔주는 광학적 이방성을 갖고 있다. 따라서 전기장이나 자기장을 이용해 외부로 나타나는 물성을 제어할 수 있다.

LCD 화면을 구성하기 위해 가로 세로로 바둑판처럼 나누는 매트릭스 구조가 필요한데, 화면의 최소 단위인 화소 하나에 트랜지스터 하나를 붙여서 화면을 만드는 장치가 TFT-LCD이다. 즉 각 화소가 켜지고 꺼지는데 따라 정보가 표현되고, 이들 전체가 조화를 이뤄 화면을 구성하게 된다. 패널을 살펴보면 두 유리판 사이에 액정이 약 4 μ m 두께로 채워져 있고, 한쪽의 유리판 위에 TFT와 ITO(투명전극)가 있다. 그리고 다른 쪽의 유리 위에는 컬러필터가 형성돼 있다. 컬러필터는 CRT에서 색깔을 내기 위한 형광체의 역할과 동일하다. 컬러화상은 RGB(적색, 녹색, 청색) 세 종류의 컬러필터를 조합해 얻어진다. RGB 세 개가 모여 색상이 구현되고, 우리 눈은 RGB가 합성된 컬러를 인식하게 된다.

LCD는 두께가 얇고 소비전력이 적으며, 전자파가 없다는 점이 있는 반면, 가해지는 전기장의 세기에 따라 분자의 배열이 바뀌는 등 액정의 이방성 특징 때문에 응답 속도가 느리다는 단점이 있다. 따라서 일반적인 워드 작업이나 간단한 응용 프로그램을 사용할 때는 문제가 되지 않지만, 영화나 게임 등 빠른 속도를 소화해야 하는 동영상의 경우 화질이 나빠질 수 있다. 또한 LCD는 보는 각도에 따라 빛의 투과량이 달라져 정면에서 볼 때는 화면의 색상이나 화상이 제대로 보이지만, 여러 사람이 모니터 한대를 봐야 하는 경우 등 측면에서 볼 때는 화질이 나빠진다. 그러나 지난 5년 동안 시야각을 넓히고 응답속



도에 대한 연구가 지속적으로 진행돼 여러 사람이 LCD TV를 볼 수 있을 정도로 발전했다.

벽걸이 텔레비전 PDP

플라스마라는 기체의 방전 현상을 이용해 만들어진 PDP는 1927년 벨시스템사가 개발한 가스방전 현상을 이용한 TV에 출발점을 둘 수 있다. 이후 1964년 미국 일리노이대에서 지금과 같은 개념의 PDP로 처음 화면을 나타내는데 성공했고, 이때부터 본격적인 PDP 연구가 시작돼 현재는 우리 나라가 세계 최대인 102인치 PDP를 성공적으로 개발하였다.

PDP 표시 장치의 구조는 매우 단순하게 두께가 각각 3mm 정도 되는 유리판을 앞뒤로 일정한 간격으로 떼어놓고, 이들 사이에 페닝가스를 채워 넣는 구조다. 전극과 형광체 등을 앞뒤 유리판에 형성시키고 페닝가스를 유리판 사이에 채워 넣으면, PDP를 이용해 영상을 표시할 준비가 완료된 것이다. 즉 전극에 전압을 가하면, 페닝가스가 플라스마 가스로 변화해 형광체를 자극할 수 있는 자외선이 발생하고, 형광체는 이 자외선에 의해 빨강, 녹색, 파란색의 가시광선을 발생시키고 이들 3원색의 강도를 적절하게 조합해 우리가 보는 자연에 가까운 색을 재현해 내는 것이다.

PDP는 간단하게 말해 플라스마에서 자외선을 발생시키고, 이것이 형광체를 자극해 컬러 영상을 나타낸다는 개념이다. 따라서 플라스마 가스에서 자외선의 발생 정도를 지금보다 10배 정도만 증가시키는 방법이 개발된다면, 우리 나라가 계속적으



로 세계의 PDP 산업을 선도할 수 있을 것이다.

구부림을 가능하게 할 유기EL

최신 기술에 관심이 많은 독자들이라면 휴대폰뿐만 아니라 머지않아 유기EL 디스플레이를 사용하는 노트북이나 TV가 출시되고, 두루마리처럼 둘둘 말았다가 펴서 볼 수 있는 디스플레이가 나오게 될 것이라는 소식을 자주 접했을 것이다. 유기EL이 LCD의 뒤를 이어 차세대 디스플레이로 주목받기 시작하자 세계적으로 개발과 상용화의 붐이 일고 있다. 전압을 가하면 스스로 발광하는 유기발광소자를 이용한 유기EL은 1987년 미국의 이스트먼코닥사가 처음 개발했다. 일본의 산요 전기에서도 1989년부터 유기EL의 개발에 착수해 1995년에는 기존보다 긴 수명의 소자를 개발하는 등 연구에 박차를 가하고 있다.

2002년 10월에는 이스트먼코닥과 산요전기가 공동으로 15인치 HDTV용 유기EL을 개발하는 등 전세계적으로 개발경쟁이 가속되고 있다. 우리 나라에서도 2001년 10월 발표 당시 세계에서 가장 큰 15.1인치 유기발광 패널을 개발하는 등 세계 1위로 도약할 수 있는 발판을 마련하고 있다. 유기EL 연구는 현재 활발히 수행되고 있어 언제 어디서나 갖고 다니면서 읽을 수 있는 두루마리 디스플레이의 가능성을 한층 더 높여주고 있다.

유기EL 소자는 양극과 음극 사이에 두께가 100~200nm 정도인 유기박막층이 있는 구조로 돼 있다. 유기박막층은 단일



물질로 제작할 수 있으나, 일반적으로 여러 유기물질의 다층 구조를 주로 사용한다.

또한 발광효율을 높이기 위해 발광층에 발광효율이 우수한 유기 색소를 약 0.1~10% 정도 도핑한다. 이 박막층은 CRT에서의 형광체와 같은 역할을 하기 때문에 이를 이용해 만든 소자에 전류를 흘려주면 빛이 발생한다. 실리콘과 같은 무기 반도체에 비해 고분자로 이뤄진 유기 반도체는 분자 구조를 변화시키거나 분자에 새로운 기능을 할 수 있는 다른 분자를 덧붙임으로써 전자에너지 구조를 쉽게 조절할 수 있다. 또한 무기 반도체에 비해 훨씬 낮은 온도에서 쉽게 제조할 수 있어 다양한 제작 기술을 활용할 수 있고, 플라스틱과 같은 기판을 사용할 수 있는 장점이 있다.

유기EL은 스스로 빛을 내기 때문에 백라이트를 사용해 간접 발광하는 LCD에 비해 구조와 제조 공정이 간단해서 제조비가 저렴하다. 초박막을 핵심 재료로 이용하므로 매우 얇은 두께를 만들 수 있음은 물론이다. 또한 백열전구보다 2~3배 우수할 정도로 자체 발광 효율이 높고 선명하며, 화상을 볼 수 있는 각도가 크고 소비전력이 낮다는 장점이 있다. 더욱이 기존 LCD에 비해 1천배 이상의 응답속도를 낼 수 있어 뛰어난 동영상 구현이 가능하다. 그러나 유기EL은 다른 디스플레이에 비해 수분이나 산소와 화학반응을 일으키기 쉬운 유기물질을 사용하므로 수명이 짧다는 단점이 있는데 이를 극복하는 기술도 개발되고 있으므로 차세대 디스플레이로 각광을 받을 것으로 예상된다.



전세계의 주도권 잡는다

디스플레이의 발전 방향을 보면 차세대 디스플레이는 CRT에서 LCD, PDP, 유기EL 등의 평면 형태로 발전하고 있으며, 최종적으로는 구부릴 수 있는 디스플레이와 3D 디스플레이 기술로 이어질 것으로 생각한다. 현재의 LCD와 유기EL 기술이 적용된 정보기기의 휴대화와 초소형 마이크로 디스플레이로 몸에 부착할 수 있는 디스플레이로서 정보통신기기, 개인용 게임기와 입체 안경에 응용이 가능하다. 그리고 LCD와 같은 평면 디스플레이를 이용한 입체화로 기존의 2차원 디스플레이에 2D와 3D의 호환이 가능한 기술이 접목되면 3D 디스플레이의 응용 분야도 빠른 속도로 증가할 것으로 예상된다.

정보디스플레이 관련 산업은 우리 나라를 비롯한 일본, 대만이 세계 3대 경쟁 구도를 형성하면서 승부를 벌이고 있는 상황이다. 그리고 디스플레이산업은 반도체 산업의 뒤를 이어 우리나라가 세계 최고 수준의 양산기술을 보유하고 있고 수출주력 산업으로서 엄청난 국부를 창출할 수 있는 분야이다. 그러므로 기존 디스플레이에서 저가화와 품질 경쟁력을 통하여 지속적인 우위를 지켜나갈 뿐만 아니라 앞으로 예상되는 미래형 디스플레이에 필요한 원천기술의 개발이 절실히 요구되고 있다. 



글쓴이는 서울대학교 사범대학 졸업 후 미국 오하이오주립대에서 재료공학 석사와 박사학위를 받았다. 한국화학연구원의 책임연구원으로 화학소재연구부장을 지냈으며, 현재는 차세대 정보디스플레이 기술개발사업단장을 맡고 있다.