

OLED(Organic Light Emitting Diode, 유기 발광 다이오드)

김영관

홍익대학교 기초과학과 교수

휴대폰에서 빠질 수 없는 부분이 화면이다. 예전 휴대폰이 겨우 숫자나 문자 한 두 줄 만 보여주던 것에 비해 요즘 휴대폰으로는 사진을 찍기도 하고 동영상을 전송하거나 TV를 보여 주기도 한다. 한마디로 화면, 컬러 화면 없는 휴대폰은 생각할 수도 없게 된 것이다. 이런 화면을 가지려면 휴대폰이 커져야 할 것 같지만, 휴대폰 화면은 커져도 휴대폰은 점점 작아지고 있다. 화면크기, 딱 그 크기만큼까지 작아질 수 있는 것이다. 현재 휴대폰이 작아지고 있는 여러 가지 이유 중의 하나는 어떤 디스플레이 기술을 사용하였느냐는 것이다. 디스플레이 부분을 얇게 만들 수 있으면 그 자체로 작고 가볍게 만들 수 있으며, 전력 소모량을 줄일 수 있으면 그만큼 전지의 크기를 줄여서 작고 가볍게 할 수 있기 때문이다. 최근 디스플레이 기술에 대해 알아보기로 한다.

정보화 시대에서 정보를 문자 또는 영상으로 표시하여 눈으로 볼 수 있게 해주는 디스플레이 기술이 더욱 중요해지고 있다. 특히, 휴대전화, 개인휴대정보단말기(PDA), 노트북 컴퓨터 등 각종 휴대용 정보 기기의 출현으로 더욱 가볍고, 얇으며, 전력 소모가 적고, 고화질의 천연색 동영상을 표현할 수 있는 평판 디스플레이의 필요성이 커지고 있다.

현재 LCD(Liquid Crystal Display)가 평판 디스플레이 시장의 대부분을 차지하고 있지만, LCD는 자체 발광형이 아니므로 별도의 광원을 필요로 하며, 시야각과 응답 속도 등의 측면에서 한계가 있다. 이에 따라 이와 같은 한계를 극복할 수 있는 새로운 평판디스플레이 기술 중의 하나로 OLED(Organic Light Emitting Diode) 디스플레이가 전 세계적으로 활발하게 연구되고 있다. OLED 디스플레이는 자체발광형이고, 고화질의 동영상을 표현할 수 있고, 다른 디스플레이 기술과 비교할 때 가격 경쟁력이 우수하기 때문에 가장 유망한 차세대 평판 디스플레이 기술로서 평가받고 있다. OLED 소자는 10V이하의 낮은 전압에서 빛의 삼원색인 빨강, 초록, 파랑색 뿐만 아니라 백색에 이르기까지 높은 발광 효율을 나타내고 있고, CIE 색좌표에서

의 색상각형 면적이 넓고, 유기 화합물을 사용하고 있기 때문에 문자 설계 및 합성을 통해 다양한 밴드 갭을 갖는 OLED 물질을 쉽게 개발할 수 있다. 또한 넓은 시야각을 갖고 있고, 화소의 응답속도가 마이크로 초 이하로 아주 빠르기 때문에 고화질의 동영상을 표현할 수 있으며, 다른 디스플레이 기술과 비교할 때 제조공정이 간단하므로 생산비용이 낮다는 장점을 가지고 있다. 뿐만 아니라, 다른 디스플레이 기술보다 제작온도가 낮아서 유리기판 뿐만 아니라 1mm 이하의 플라스틱 기판 등에도 제작할 수 있어서 디스플레이의 경량 박형 추세에도 적합한 기술이다. 이와 같은 OLED 소자의 상용화를 위한 기술 개발이 최근 빠른 속도로 진행되고 있다. 1997년에 일본 Pioneer에서 자동차용 스테레오의 표시 화면용으로 최초로 상업화했고, 최근 휴대폰의 OLED 디스플레이가 시장에 나오고 있다. 특히 PDA 등 소형 정보기기용 OLED 디스플레이가 개발되고, 최근에는 그림 1과 같이 OLED를 이용한 평면 TV 등이 개발되고 있다.

OLED 소자는 그림 2와 같이 양극과 음극 사이에 두께 100~200nm 정도의 유기 박막층이 있는 구조로 되어 있다. 순방향의 전압을 가하면 양극에서는 가전자대 (유기 분자의 경우 HOMO, Highest Occupied Molecular Orbital 준위)로 정공이 주입되고, 음극에서는 전도대 (LUMO, Lowest Unoccupied Molecular Orbital 준위)로 전자가 주입된다. 주입된 정공과 전



그림 1. 삼성SDI에 의해 개발된 31인치 능동형 OLED 패널 (2007.12.27)

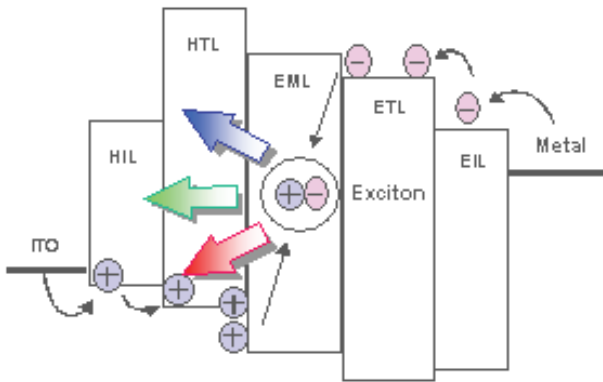


그림 2. OLED 소자의 에너지 밴드 그림

자는 쿨롱 힘으로 결합하여 여기자(exciton)를 형성하고, 여기자가 빛을 내며 바닥상태로 전이한다.

유기물에서의 전기 발광 현상은 1965년에 W. Helfrich M. Pope 등이 anthracene 단결정에서 발견했으나, 발광효율이 낮고 수 백 볼트의 고전압을 필요로 했기 때문에 학문적인 관심을 끄는 정도에 그쳤다. 그런데 1986년에 미국 Kodak사의 C. W. Tang이 유기착화합물 (tris-8 hydroxyquinolino aluminum, Alq₃) 박막을 이용하여 저전압 구동, 고휘도의 유기 EL소자를 개발한 후 전 세계적으로 연구가 활발히 진행되기 시작했다. 그리고 1990년에 영국 Cambridge 대학의 R. H. Friend 교수팀이 poly(*p*-phenylenevinylene)(PPV) 박막을 이용한 고분자 OLED 소자를 발표했다. OLED는 완전 고체 소자로 내구성이 우수하여, 구동전압과 소비전력이 낮고, 넓은 시야각, 자기발광, 경략 박형, 빠른 응답속도 등의 장점을 가지고 있는 차세대 디스플레이 소자이다. 특히 OLED 디스플레이는 휴대용 정보표시소자에 적합하다.

OLED 디스플레이의 특징을 간략히 요약하면 다음과 같다.

- (가) 간단한 제조 공정과 낮은 제조 가격
- (나) 고효율 및 고휘도: 최대 발광 효율은 약 40lm/W 이상, 최대 휘도는 100,000 cd/m² 이상.
- (다) 빠른 동작 속도: 액정의 응답속도는 약 15 ms정도이나 유기EL은 10 μ m 이하로 매우 빠른 특성을 보이므로 동화상구현에 문제가 없다.
- (라) 고해상도: 화소 크기 300 μ m 이하
- (마) 넓은 시야각: 160°이상
- (바) 낮은 구동 전압 및 저소비 전력: 구동 전압이 10V 이하이고, 발광 효율이 높기 때문에 소비 전력이 낮다. Sony에서 2001년에 발표한 13"천연색 유기 EL 디스플레이는 300cd/m²에서 소비 전력이 20W로 아직은 높은 수준이나 소자의 효율과 개구율이 향상되고 있어서 소비전력은 크게 개선되고 있다.
- (사) Full color: RGB 각각 높은 발광 효율을 나타내고, CIE 색좌표에서의 색삼각형 면적이 넓기 때문에 총 천연색을 구현할 수 있다.
- (아) 경량 및 박형: 유기 EL 디스플레이의 전체 두께는 유리 또는 플라스틱 기판의 두께(1mm 이하)와 같은 정도로 만들 수 있다.
- (자) 플라스틱 디스플레이: OLED 디스플레이는 낮은 온도에서 제작할 수 있으므로, 플라스틱을 기판으로 사용할 수 있다. 궁극적으로는 우리에게 가장 친숙한 종이와 같은 디스플레이가 OLED로 대표되는 기술을 통해 실현될 수 있다.