OLED 소자의 디스플레이 및 광원으로의 응용

이창희
서울대학교 전기컴퓨터공학부
chlee7@snu.ac.kr

급속히 정보화시대로 진입하면서 전자정보기기와 인간의 인터페이스 역할을 하는 디스플레이(Display)의 중요성이 더욱 커지고 있다. 최근 새로운 평판디스플레이 기술로서 유기 발광다이오드 디스플레이 (Organic light-emitting diode Display, OLED)가 전 세계적으로 활발하게 연구되고 있다. OLED는 빛의 삼원색이 RGB 모든 색에서 우수한 발광효율을 나타내는 등 디스플레이로의 특성이 우수할뿐만 아니라 소자 구조가 간단하여 제작이 용이하고 궁극적으로 두께 1 mm 이하의 초박형, 초경량 디스플레이 제작이 가능하므로 진정한 의미의 벽걸이형 TV의 구현이 가능하다. 더 나아가서 OLED는 유리기판 뿐만 아니라 플라스틱 기판 등에도 제작할 수 있어서 종이처럼 얇고, 필요할 때 펼쳐 볼 수 있는 플렉시블 디스플레이 (flexible display)에 가장 적합한 기술이다.[1,2] 현재 OLED는 휴대폰과 디지털 카메라 등 소형 디스플레이에 응용되고 있으나 향후 대형 HDTV에까지 응용되고 연 100 %이상의 높은 성장률을 보일 것으로 예상되고 있다. 본 강의에서는 OLED 소자의 기본적인 특성에 대해서 설명하고 OLED 소자의 디스플레이와 광원으로서의 응용에 대해 간략하게 소개하고자 한다.

일반적으로 OLED 구조는 양극 (ITO), 유기 박막, 음극 전극의 구조를 가지고 있다. OLED 소자에 순방향의 전압을 가하면 양극에서는 유기층의 HOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) 준위로 정공이 주입이 되고, 음극에서는 유기층의 LUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital)로 전자가 주입된다. 주입된 전자-정공의 재결합 에너지에 의해 발광층의 유기분자가 여기하여 엑시톤 (exciton)이 생성된다. 여기된 엑시톤은 여러가지 경로를 거쳐 바닥상태로 천이하는데, 이 과정에서 빛을 방출하는 경우를 전기 발광 (electroluminescence, EL)이라고 한다. OLED 소자의 전류-전압 특성은 다이오드와 유사한 정류 특성을 나타내며 순방향으로 수 볼트 정도인 문턱 전압 이상에서부터 전류가 급격히 흐르기 시작한다. OLED 소자의 발광 휘도는 전류밀도에 선형적으로 비례한다.

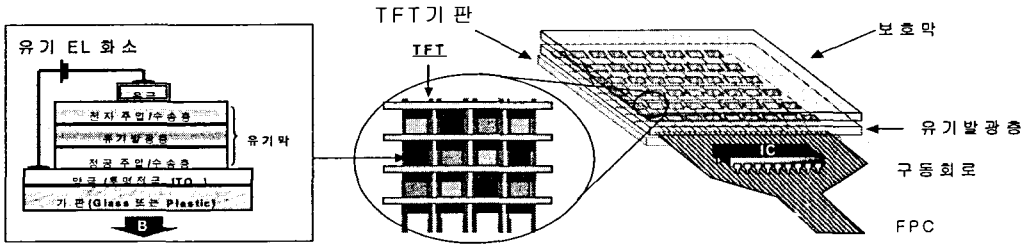

그림 1. OLED 및 AMOLED 디스플레이의 구조

OLED 디스플레이는 소자의 구동 방식에 따라 크게 수동형 (Passive Matrix, PM)과 능동형 (Active Matrix, AM)으로 분류된다. PMOLED는 양극과 음극의 교차되는 부분이 유기 EL 화소를 형성하는 단순한 구조로 되어 있고, AMOLED는 각 화소에 TFT가 있는 구조로 되어 있다. PMOLED는 짧은 시간 동안 선택된 유기 EL 화소를 높은 휘도로 발광하도록 하므로 해상도가 높아지면 순간 발광 휘도가 더욱 높아져야 한다. 따라서 소자의 열화 및 전력 소모 등의 단점 때문에 대면적 디스플레이에는 부적합하다. 이에 반해 AMOLED 방식의 경우에는 낮은 전류로 구동이 가능하여 소비전력 및 표시 해상도 측면에서 유리하다.

그림 2에 대표적인 평판디스플레이인 LCD와 OLED의 구조 및 시야각과 반응속도를 비교했다. LCD (Liquid Crystal Display)는 자체 발광형이 아니므로 별도의 광원을 필요로 하며, 시야각, 응답 속도 등의 측면에서 한계가 있다. 그런데, OLED는 LCD와 달리 자체 발광형이므로 백라이트가 필요 없어

서 훨씬 얇게 만들 수 있고, 소비전력이 낮다. 또한 시야각이 넓으며, 화소의 응답속도가 10 μs 이하로 아주 빠르기 때문에 고화질의 동영상을 표현할 수 있다. 또한 OLED의 최대 효율은 녹색의 경우 약 80 lm/W 수준이고, 백색 OLED의 경우 약 18 lm/W로서 광원으로서도 유망할 것으로 예상되고 있다.

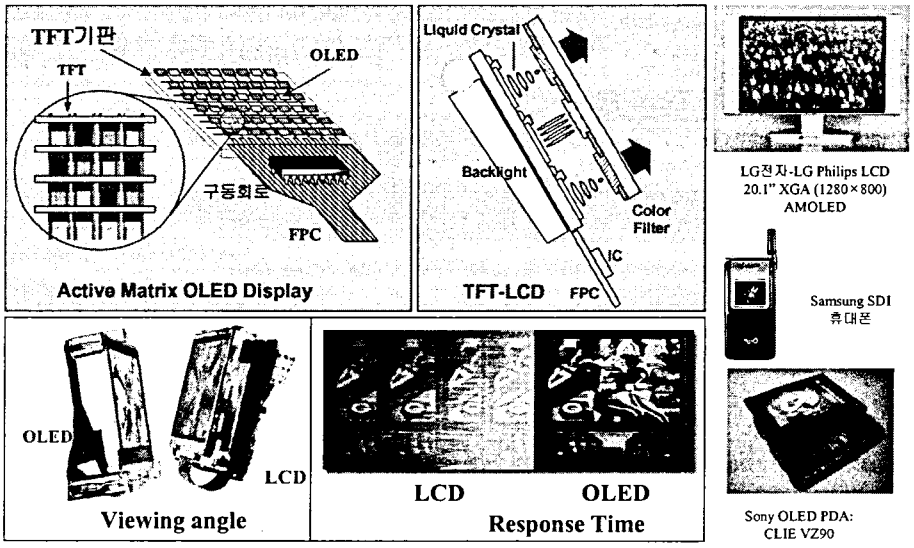

그림 2. OLED와 LCD의 특성 비교 및 OLED제품의 예

그림 3에 OLED의 디스플레이와 광원으로의 응용 분야를 나타냈다. OLED 디스플레이는 1997년에 일본 Pioneer 사에서 자동차용 스테레오의 표시 화면용으로 최초로 상업화했고, 최근 다양한 종류의 휴대폰, 디지털 카메라, PDA용의 OLED 디스플레이가 시장에 나오고 있다. 또한 진공 증착방법을 이용하여 유기 저분자를 사용한 full-color AMOLED의 경우 21인치까지 발표되고 있고, 잉크젯 프린팅 기술을 이용한 고분자 AMOLED의 경우의 경우 40인치까지의 시제품이 발표되고 있다. 따라서 OLED는 현재 휴대폰, 디지털 카메라, PDA 등의 휴대용 디스플레이 시장에 적용되고 있으나, 몇 년 안에 데스크탑 및 노트북 PC 등의 모니터 시장과 TV 등의 시장에서 TFT-LCD 등과 경쟁하는 단계로 발전할 것으로 예측하고 있다. 우리나라는 공정기술 측면에서는 세계적인 경쟁력을 가지고 있고 현재 TFT-LCD, PDP에 이어서 OLED에서도 세계 1위를 차지했다. 우리의 장점인 공정 기술을 더욱 발전시키고, 핵심 원천 기술 개발에 적극 나서면 지속적으로 세계 1위의 디스플레이 강국을 유지할 수 있을 것이다.

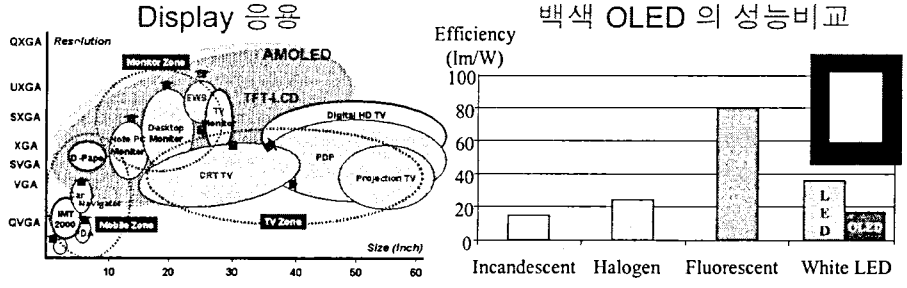

그림 3. OLED의 디스플레이 및 광원으로의 응용 분야

참고문헌

1. R. Sheats, H. Antoniadis, M. Hueschen, W. Leonard, J. Miller, R. Moon, D. Roitman, and A. Stocking, Science **273**,884 (1996).
2. R. H. Friend, R. W. Gymer, A. B. Holmes, J. H. Burroughes, R. N. Marks, C. Taliani, D. D. C. Bradley, D. A. Dos Santos, J. L. Bredas, M. Logdlund and W. R. Salaneck, Nature **397**, 121 (1999).