

플렉서블 디스플레이의 연구 및 상용화 동향

이 글에서는 가볍고 얇고 투명하고 잘 깨지지 않는 플라스틱 기판 위에 제작하여 컴퓨터, 휴대폰, 어린이용 완구, 의복에까지 적용할 수 있는 플렉서블 디스플레이를 제작하기 위한 여러 기술 동향을 살펴본다.

현재 정부에서는 차세대 성장동력 중의 하나로 디스플레이 산업을 지정하여 육성하고 있다. 디스플레이 산업은 메모리 반도체와 더불어 수출을 주도하고 있으며 현재 세계 시장의 50% 이상을 차지하고 있다. 미래에도 현재의 경쟁력을 유지하려면 기술개발을 부단히 하여야 한다. 현재 활발히 연구되고 있는 플렉서블 디스플레이를 소개하고자 한다.

가볍고 얇고 투명하고 잘 깨지지 않는 플라스틱 기판 위에 제작하게 되는 플렉서블 디스플레이는 다른 디스플레이 기술에 비해서 많은 장점이 있어서 휴대폰,

컴퓨터, 어린이용 완구, 심지어는 의복에까지 적용될 수 있다. 플렉서블 디스플레이에 대한 시장수요는 광범위해서 주요 전자회사 등이 군용, 민수용 액정디스플레이 및 OLED 디스플레이 제작을

위한 실온공정개발을 위한 투자를 하고 있다. 특히 미 육군은 대학 등의 연구소에 4,360만 달러(2004년)를 투입하여 플라스틱에 금속박막을 입혀 박막트랜지스터 백판을 가진 반사형 디스플

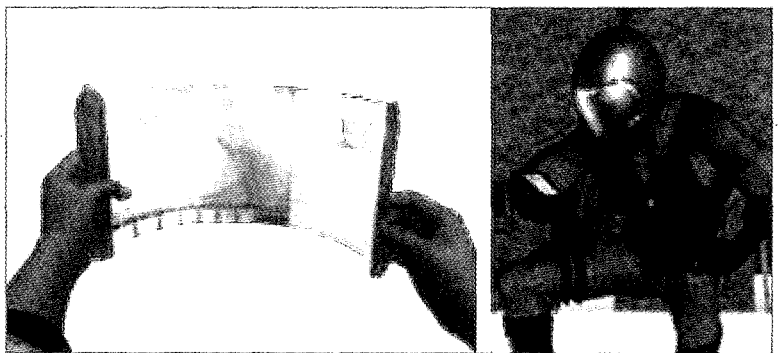


그림 1 플렉서블 디스플레이

레이를 상용화하기 위한 연구에 박차를 가하고 있다. 플렉서블 디스플레이는 구겨짐에도 강하고 충격에도 강하며, 전력소모도 적고 가벼워서 컴퓨터시스템을 군복에 직접 부착할 수 있게 되므로 전장에서 원활한 통신을 구현할 수 있게 된다.(그림 1)

또한, 화랑에서 벽지에 그림들을 나오게 한다든지 또는 매일 아침 컴퓨터에서 다운로드를 받아서 말아가지고 다닐 수 있는 재사용이 가능한 전자신문 등 새로운 개념의 정보화 사회를 상상할 수 있다.

유기 EL 디스플레이는 이미 상용화되어 있어서 디지털카메라, 전기면도기 등에 이미 사용되고 있지만, 전자서적, 전자신문에 사용하기 위해서 필립스, 소니, 제록스 등에서 무선인터넷이 가능하고 전지로 전원을 공급받는 제품을 상용화되어 있다. 위의 제품들은 유리 기판을 사용하고 있지만, 플렉서블 디스플레이에 구현하는 것은 아직도 연구 중이다. 샤프전자는 4인치 컬러 폴리실리콘 박막트랜지스터에 의해서 구동되는 플라스틱 디스플레이를 제조하였는데, 해상도는 240 X240이다. 필립스에서는 유기계열의 QVGA(320X240)의 5인치 액티브매트릭스타입의 디스플레이를 개발하였다. 디스플레이의 구부러지는 반지름은 2cm에 85dpi로 8만 개의 박막트랜지스터를 가지며, 현재 가장 큰 유기

계열의 디스플레이 중의 하나이다.(그림 2)

플렉서블 디스플레이 기술

최근 20년간 다양한 플렉서블 디스플레이 기술이 연구되어 왔으며, 각 기술들은 플렉서블이지만, 내구성이 있으며, 저렴하며, 좋은 해상도와 명암, 컬러, 시야각(viewing angle)과 스위칭 속도를 가진 디스플레이를 개발하기 위해서 경쟁해왔으며, 현재는 가장 최고의 기술은 없으며, 소비자의 필요에 따라서 각 기술들은 각자의 고유영역을 가지게 되었다.

미 육군의 최초의 플렉서블 디스플레이 기술은 전기영동을 이용하여 전자종이, 전자서적 등과 같은 절전형의 디스플레이 개발에 집중하였다. Gyricon 사의 Smart paper는 얇은 플라스틱 사이에 수백만 개의 두 가지 색깔을 띠는 구슬을 둔다. 구슬의 양단은 양의 전기나 음의 전기를 띠며, 플라스틱 표면에 전압을 가하면, 구슬들이 회전하여 각각의 색깔을 띠게 하여 상을 만들 수가 있다. 이는 흑백만을 표현하는 단점이 있다.

E Ink는 백색과 검은 색 입자와 투명한 유체를 안에 가진 정지한 마이크로캡슐을 이용한다. 전압을 캡슐에 가하면 흑색입자

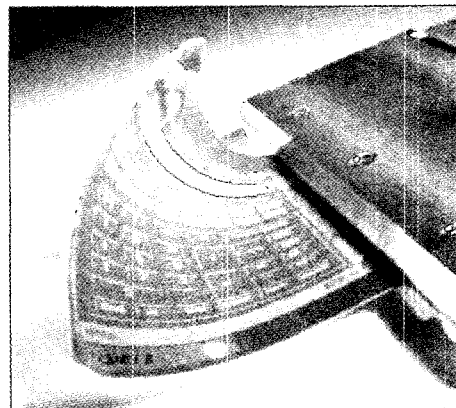


그림 2 필립스의 유기계열 QVGA

가 위로 가고 반대전압에 의해서 백색입자가 위에 위치하게 된다. 필립스는 이 기술을 발전시켜 흑색기름과 물을 작은 셀에 밀폐시켜 흑색과 백색의 화소를 만들어 전하가 물이 흑색기름을 양쪽으로 밀어내어 백색 화소를 만들어 상을 구성한다. 이를 이용한 디스플레이는 그림 2에 나타내었으며 흑백만을 나타낸다는 단점이 있다.

컬러를 구현하기 위해서 액정디스플레이(LCD : Liquid Crystal Display)도 또한 연구되고 있다. 투과형태의 액정디스플레이는 백판에 광원이 필요하나 높은 명암도를 가지며, 반사형태의 디스플레이는 광원이 필요없어 배터리의 수명을 연장시키나, 주변의 빛을 사용하기 때문에 명암이 좋지 않다. 저전압 소모 때문에 콜레스테릭(cholesteric) 액정이 전자서적과 다른 플렉서블 디스플레이 응용에 사용될 수 있다. 여러 연구팀에서 이의 성능을 개선하기

디스플레이를 구동하기 위한 박막트랜지스터는 폴리실리콘 박막트랜지스터와 '유기계열의 박막트랜지스터'가 연구되고 있다.

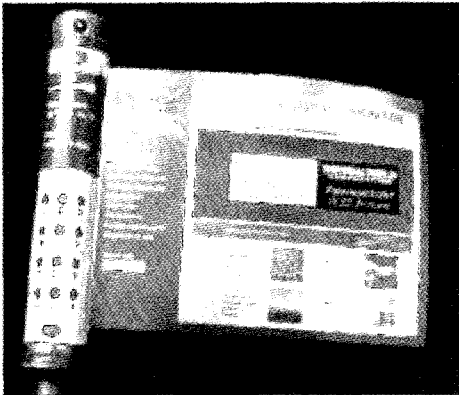


그림 3 유기 LED를 금속박막 위에 제작한 디스플레이(코닥)

위해 연구 중인데 오하이오에 있는 켄트 디스플레이 회사는 콜레스테릭 액정이 전원을 소모하지도 않으면서 화상을 그대로 유지할 수 있는 성질을 이용하여 해상도가 높은 반사형 액정디스플레이를 개발하려고 하고 있다.

보통 사용되는 액정디스플레이에 이용되는 네마틱타입은 박막트랜지스터로 전압을 가하면 전장의 방향으로 길이방향으로 배열되어 두 직각으로 위치하고 있는 편광판 사이에서 빛을 차단하며, 박막트랜지스터에 전압을 가하지 않으면 빛이 90도를 회전하여 두 편광판을 빠져나가게 하여 ON 상태를 만드는데 현재 이는 유리 기판에 응용되고 있지만 곧 플라스

틱 기판에도 응용이 될 것이다. 이의 장점은 컬러를 구현할 수 있다는 것이다.

유기 LED와 박막트랜지스터

완벽한 컬러 디스플레이를 구현하기 위해서 유기 LED가 유력한 후보가 되고 있다. 유기

LED는 스스로 발광을 하기 때문에 광원, 편광판 등이 필요가 없기 때문에 크기와 무게가 줄어들게 된다. 시야각도 넓고 전원소모도 작지만 다른 디스플레이보다 밝기가 떨어진다. 밝기를 개선하기 위해서 유기 LED를 금속박막 위에 제작하여 좀더 안정적이고 밝은 디스플레이를 코닥에서 제작하였다(그림 3). 그러나 유기 LED는 산소와 습기에 극도로 민감하기 때문에 플라스틱 기판에 습기방벽을 폴리머와 세라믹을 교대로 증착하여 제작하는 기술을 산호세에 있는 바이텍스사에서 개발하였다. 이는 3마이크론 이하의 두께로 디스플레이를 여전히 손상을 입히지 않고 구부리

거나 심지어는 말수도 있다.

또 다른 중요한 부품은 플라스틱 기판 위에 제작된 유기 LED, 액정과 전기영동 디스플레이들을 구동할 수 있는 박막트랜지스터이다. 또한 플렉서블한 기판에 제작되어야 한다. 실리콘박막트랜지스터는 플라스틱이 연소되는 이상의 온도에서 제작되므로 저온공정의 개발이 필수적이다. 그래서 폴리실리콘을 레이저 어닐링을 이용해서 제작하거나 또는 폴리실리콘입자를 폴리머와 같이 증착하는 기술이 개발되었으나 후자는 식각에서 레시피를 찾는 데 많은 어려움이 있다. 또 다른 방법은 유기 계열의 박막트랜지스터를 제작하는 것이다. 그래서 직접 플라스틱 기판 위에 잉크젯 프린터의 기술을 이용하여 인쇄하는 방법으로 CMOS트랜지스터를 제조하기 위해서 P나 N 타입으로 도핑된 유기계열의 플라스틱을 이용하기도 한다.

이와 같이 플렉서블 디스플레이를 제작하기 위한 여러 기술 동향을 살펴보았으며 아직도 연구되어질 부분은 많이 있다. 이는 공정기술개발과 적합한 재료를 찾는 문제와 연관 되어 있으므로 기계공학도를 위해서도 많은 일들이 있다고 할 수 있고, 관심을 가질 수 있는 계기가 되었으면 한다.