

# 플렉서블 디스플레이 기술

한정인

전자부품연구원 디스플레이연구센터

hanji@keti.re.kr

## 1. 서론

1980년대 후반 기술혁신을 통한 산업용기기의 저 가격 실현은 새로운 전자기기를 가정과 개인으로 침투, 확대시켰고 최근에는 급속한 정보화 기술의 진전으로 언제 어디서나 정보를 접할 수 있는 유비쿼터스 컴퓨팅의 시대로 접어들고 있으며, 네트워크, 인터넷, 디지털 콘텐츠, 휴대 정보기기, 멀티미디어, 유무선 통신기술 등이 융합하며 종래 개념으로 정의할 수 없는 새로운 기기로 점점 진화되어 가고 있다. 이러한 시대적 요구 및 사회적 필요성에 의해 기존의 디스플레이를 대체할 수 있는 차세대 플렉서블 디스플레이에 대한 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 플렉서블 디스플레이 역시 기존의 평판 디스플레이(Flat Panel Display)와 마찬가지로 액정을 이용한 Liquid Crystal Display(LCD), 유기 발광물질을 이용한 OLED(Organic Light-Emitting Diode), 그리고 E-Paper(Electronic Paper) 등의 형태로 세분화되어 연구 개발이 진행되고 있다. 최근의 LCD와 OLED 방식의 플렉서블 디스플레이의 개발 동향을 살펴보면 기존의 단순한 수동구동 혹은 Segment 방식에서 능동구동 방식으로 전환되고 있는 상황이며, 능동구동을 위한 구동 소자로는 비정질 실리콘 (a-Si) TFT 및 다결정 실리콘(Poly-Si)을 이용한 ULTPS(Ultra Low-Temperature Poly-Si) TFT 기술과 Pentacene, Polythiophene 계열 등의 유기 반도체를 이용한 OTFT(Organic Thin-Film Transistor) 기술이 주요 핵심기술로 자리 잡고 있다.

LCD와 OLED와 더불어 최근에 차세대 디스플레이로 각광 받고 있는 E-Paper는 LCD나 OLED가 주로 고화질과 고선명성을 요구하는 멀티미디어 기기용 디스플레이에 적용될 기술인 반면, 주로 E-Book이나 Price Tag, 광고판 등의 응용 분야에 사용될 디스플레이로 예측되고 있다.

## 2. 플렉서블 디스플레이 기술

### 2.1. Liquid Crystal Displays

LCD 방식의 능동구동형 플렉서블 디스플레이는 일반적으로 패널 내에 존재하는 구동 소자의 종류에 의해 분류될 수 있으며 현재 주로 사용되고 있는 LCD 모니터, LCD TV 등에 사용되고 있는 a-Si TFT와 Poly-Si TFT, 그리고 OTFT 등으로 나뉘어 진다. a-Si TFT 기술은 이미 기술 성숙도에 있어 다른 기술보다 우위에 있다고 할 수 있으나 플렉서블 디스플레이에 있어서는 큰 Merit이 없다. 이는 a-Si TFT의 성능이 poly-Si TFT에 비해 매우 뒤떨어지고 최근에는 Pentacene을 이용한 OTFT 보다도 그 성능이 뒤떨어지기 때문이다. 또한 a-Si TFT 기술은 그 성능에 비해 OTFT 기술보다 많은 공정이 요구되고 있으며 고분자 기판과 무기물의 열적 특성 차이에서 나타나는 잔류 응력 및 구분된 상태에서 발생하는 외부 스트레스에 대한 응력에 대한 영향이 크기 때문에 이를 극복할 기술이 요구된다.

다결정 실리콘을 이용하는 Poly-Si TFT 기술은 최근 디스플레이 패널 상에 구동회로, 프로세서 등을 집적시킬 수 있다는 장점 때문에 많은 연구가 이루어지고 있다. 최근의 추세는 고분자 기판 상에 직접 Poly-Si TFT를 제작하는 기술과 유리 기판을 이용한 Transfer 기술이 차세대 기술로 대두되고 있다. Transfer 기술을 이용한 플렉서블 Poly-Si TFT 제작 기술에 있어서는 Sony, Seiko-Epson 등이 우수한 기술을 확보하고 있다. Poly-Si TFT 기술을 적용할 경우 상기에서 언급한 것처럼 패널 상에 구동 회로를 실장할 수 있기 때문에 한 차원 높은 수준의 플렉서블 디스플레이를 구현할 수 있다. 이 기술의 핵심은 유리 기판 상에 제작한 패널을 고분자 기판으로 transfer하는 기술인데, Sony에서는 유리 기판에 제작된 패널을 우선 다른 기판에 접착제로 붙인 후 유리 기판을 식각하고 다시 고분자 기판에

접착하는 방식을 사용하고 있으며, Seiko-Epson에서는 XeCl laser를 이용한 SUFTLA<sup>®</sup> (Surface Free Technology by Laser Ablation/Annealing) 방식을 채택하고 있다. 그림 1에서는 LCD를 이용한 플렉서블 디스플레이의 시제품을 보여주고 있다.

**2.2. Organic Light-Emitting Diode**

OLED를 이용한 플렉서블 디스플레이는 자체 발광형으로 LCD 달리 별도의 백라이트 광원이 필요 없고, 또한 고휘도의 디스플레이 구현이 가능하기 때문에 기계적으로 유연한 특성을 유지해야 하는 플렉서블 디스플레이 적용에 있어 LCD 보다 우수하다고 할 수 있다. 현재 OLED를 플렉서블 디스플레이로 적용하는데 있어 가능 큰 이슈로 떠오르고 있는 것은 수분 및 산소를 효과적으로 차단할 수 있는 Gas Barrier 제작 기술과 또한 능동구동형 OLED에 필요한 Backplane의 개발이다.

현재 OLED용 고분자 기관의 개발에 있어서는 미국 Vitex의 Barix<sup>™</sup> Coating, 독일 Fraunhofer ISC의 ORMOCER<sup>®</sup> 등이 향후 유망한 기술로 관심을 받고 있으며 국내에서도 I-component, 삼성코닝 등에서도 고성능의 Gas Barrier에 대한 연구를 진행하고 있다.

능동구동형 OLED를 위한 능동소자 개발에 있어서는 다결정 실리콘을 이용한 Poly-Si TFT가 유력시 되고 있지만 고분자 기관을 이용하기 때문에 향후 이에 따른 문제점들을 해결해야만 한다. 최근에는 공정이 복잡한 Poly-Si TFT 대신 유기물반도체를 이용한 OTFT를 이용하여 능동구동형 OLED를 제작하는 방법이 각광받고 있으며, 미국의 Penn. State University (PSU)와 일본의 NHK 방송기술연구소 등에서 연구가 진행되고 있다.

**2.3. Electronic Paper**

E-Paper 기술의 장점은 전자 디스플레이의 특성을 지니면서도 기존의 종이와 유사한 특성을 가지고 있기 때문에 향후 이를 이용한 E-Book, Price Tag, 광고판 등에 사용될 가능성이 매우 높다. 현재 개발되고 있는 E-Paper 기술은 Electrophoretic, Electrochromic, PDLC, Cholesteric 등이 있으나 아직까지 LCD나 OLED처럼 완벽한 색재현성 및 빠른 응답속도 등의 구현이 어렵다. 그러나 E-Paper 기술은 다른 디스플레이 기술에 비해 저가격화 및 박형화, 안정성 등이 뛰어나기 때문에 향후 이 기술을 응용한 제품 개발이 가속화 될 것으로 기대되고 있다.

아래 그림에서는 일본의 Bridgestone에서 최근 QR-LPD (Quick-Response Liquid Powder Display)를 이용하여 제품 개발에 성공한 플렉서블 디스플레이(좌) 및 Philips에서 E-Ink를 이용하여 개발한 시제품(우)을 보여주고 있다.



그림 1. Poly-Si TFT 기술을 이용한 플렉서블 TFT-LCD (Sony)

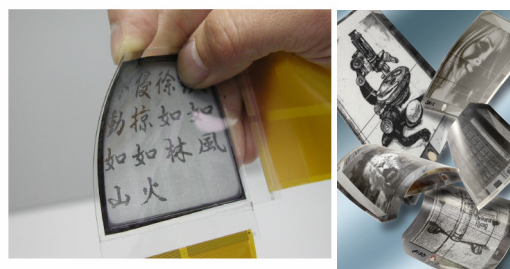


그림 2. QR-LPD(좌, Bridgestone) 및 E-Ink(우, Philips, E-Ink)를 이용하여 개발한 플렉서블 디스플레이 시제품

**3. 결론**

이처럼 LCD, OLED, E-Paper 기술을 이용한 플렉서블 디스플레이는 현재 여러 가지 형태로 발전하고 있는 상황이지만, 아직까지 플렉서블 디스플레이에 대한 사회적인 관심이 뒤따르지 않아 시장 진입은 다소 늦춰질 전망이다. 하지만 플렉서블 디스플레이는 향후 5년 이내에 구체적인 시장이 형성되고 시장 규모 역시 폭발적으로 증가될 것으로 예측됨에 따라 이에 대응하기 위한 원천기술 확보 및 지적재산권 등의 확보에 더욱 관심을 가져야 할 것이다.