

# Thema | 플렉시블 디스플레이의 발전과 전망

## 1. 서론

문 대규 책임연구원  
(전자부품연구원 디스플레이연구센터)

한 정인 수석연구원  
(전자부품연구원 디스플레이연구센터)

김 영훈 전임연구원  
(전자부품연구원 디스플레이연구센터)

1980년대 후반 기술혁신을 통한 산업용기기의 저가격 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, 휴대정보기기, 멀티미디어, 유·무선 통신기술 등이 융합하며 종래 개념으로 정의할 수 없는 새로운 기기로 점점 진화되어 가고 있다.

이러한 전자기기의 진화와 더불어 다양한 정보를 인간에게 언제 어디서나 전달하는 정보전달 매체로서 외부충격에 강하며, 휴대하기 편하고, 경량, 박형이면서 임의의 형태로 패널구현이 가능하고, 특히 유연하여 종이처럼 접거나 두루마리의 형태까지도 가능한 유비쿼터스 디스플레이의 개발 필요성이 증대하면서 현재의 유리기판을 고분자 기판으로 대체하려 하고 있다.

이러한 시대적 요구 및 사회적 필요성에 의해 기존의 디스플레이를 대체할 수 있는 차세대 플렉시블 디스플레이에 대한 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다. 플렉시블 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 OLED방식의 플렉시블 디스플레이의 개발동향을 살펴보면 기존의 단순한 수동구동 혹은 Segment방식에서 능동구동방식으로 전환되고 있는 상황이며, 능동구동을 위한 구동소자로는 비정질 실리콘(a-Si) TFT 및 다결정 실리콘(Poly-Si)을 이용한 ULTPS(Ultra Low-Temperature Poly-Si) TFT기술과 Pentacene, Polythiophene계열 등의 유기 반도체를 이용한 OTFT(Organic Thin-Film Transistor)기술이 주요 핵심기술로 자리 잡고 있다.

ULTPS TFT기술은 고분자 혹은 Steel Foil기판 상에 Excimer Laser Annealing 등의 방법을 이용하여 고성능의 Poly-Si TFT를 제작하는 방법

으로서 이 기술의 주된 장점으로는 패널 상에 주변 구동회로를 집적시킴으로서 향후 System On Panel(SOP)구현이 가능하다는 것이다. 이와 함께 OTFT기술도 최근 비약적인 발전으로 인해 현재 성능이 기존의 a-Si TFT의 성능과 비슷한 수준 혹은 그 이상의 수준으로 향상되었으며 향후 이를 이용한 각종 플렉시블 디스플레이 및 나아가서는 구동회로까지 선보일 것으로 기대되고 있다.

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

따라서 본고에서는 다양한 형태로 개발되고 있는 플렉시블 디스플레이를 기술적으로 분류하여 최근의 개발동향 및 발전방향을 제시하고자 하며 향후 플렉시블 디스플레이의 응용분야에 대하여 다루고자 한다.

## 2. 플렉시블 디스플레이 기술

### 2.1 Liquid Crystal Displays

LCD방식의 능동구동형 플렉시블 디스플레이는 일반적으로 패널 내에 존재하는 구동 소자의 종류에 의해 분류될 수 있으며 현재 주로 사용되고 있는 LCD모니터, LCD TV 등에 사용되고 있는 a-Si TFT

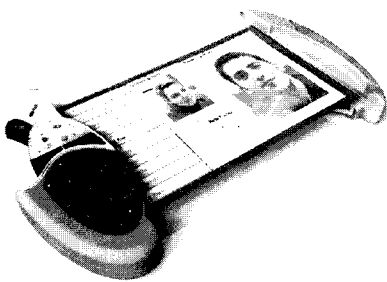


그림 1. 플렉시블 디스플레이를 적용한 제품의 모형도 (Philips).

와 Poly-Si TFT, 그리고 OTFT 등으로 나뉘어 진다.

a-Si TFT기술은 이미 기술 성숙도에 있어 다른 기술보다 우위에 있다고 할 수 있으나 플렉시블 디스플레이에 있어서는 큰 Merit이 없다. 이는 a-Si TFT의 성능이 Poly-Si TFT에 비해 매우 뒤떨어지고 최근에는 Pentacene을 이용한 OTFT보다도 그 성능이 뒤떨어지기 때문이다. 또한 a-Si TFT기술은 그 성능에 비해 OTFT기술보다 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 유리기판을 이용한 Transfer 기술이 차세대 기술로 대두되고 있다. Transfer기술을 이용한 플렉시블 Poly-Si TFT 제작 기술에 있어서는 Sony, Seiko-Epson 등이 우수한 기술을 확보하고 있다. Poly-Si TFT기술을 적용할 경우 상기에서 언급한 것처럼 패널 상에 구동 회로를 실장할 수 있기 때문에 한 차원 높은 수준의 플렉시블 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 유

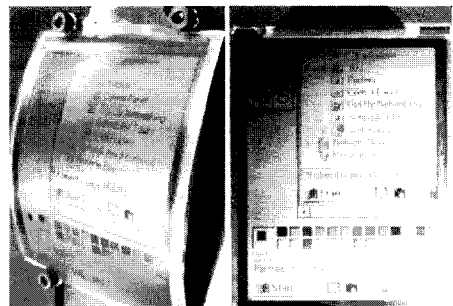


그림 2. Poly-Si TFT 기술을 이용한 플렉시블 TFT-LCD (Sony).

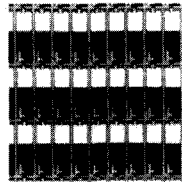


그림 3. OTFT 기술을 이용한 플렉시블 TFT-LCD (Hitachi).

리 기판을 식각하고 다시 고분자 기판에 접착하는 방식을 사용하고 있으며, Seiko-Epson에서는 XeCl Laser를 이용한 SUFLA<sup>®</sup>(Surface Free Technology by Laser Ablation/Annealing) 방식을 채택하고 있다. 아래 그림에서는 LCD를 이용한 플렉시블 디스플레이의 시제품을 보여주고 있다.

### 2.2 Organic Light-Emitting Diode

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

현재 OLED용 고분자기판의 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.

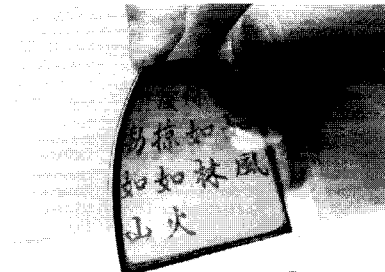
능동구동형 OLED를 위한 능동소자 개발에 있어서는 다결정 실리콘을 이용한 Poly-Si TFT가 유력시되고 있지만 고분자 기판을 이용하기 때문에 향후 이에 따른 문제점들을 해결해야만 한다. 최근에는 공정이 복잡한 Poly-Si TFT 대신 유기물반도체를 이용한 OTFT를 이용하여 능동구동형 OLED를 제작하

는 방법이 각광받고 있으며, 미국의 Penn. State University(PSU)와 일본의 NHK방송기술연구소 등에서 연구가 진행되고 있다.

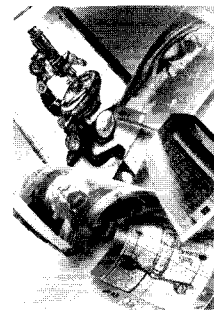
### 2.3 Electronic Paper

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-Paper기술은 Electrophoretic, Electrochromic, PDLC, Cholesteric 등이 있으나 아직까지 LCD나 OLED처럼 완벽한 색재현성 및 빠른 응답속도 등의 구현이 어렵다. 그러나 E-Paper기술은 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)



(a)



(b)

그림 4. QR-LPD((a), Bridgestone) 및 E-Ink((b), Philips, E-Ink)를 이용하여 개발한 플렉시블 디스플레이 시제품.

를 이용하여 제품 개발에 성공한 플렉시블 디스플레이(a) 및 Philips에서 E-Ink를 이용하여 개발한 시제품(b)을 보여주고 있다.

### 3. 결론

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



성명 : 김 영훈

◆ 학력

- 1999년 서울대 재료공학부 공학사
- 2001년 서울대 재료공학부 공학석사

◆ 경력

- 2001년 ~ 현재

전자부품연구원 디스플레이연구센터  
전임연구원

#### 저자|약력



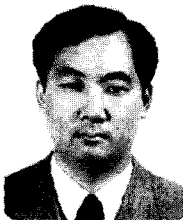
성명 : 문 대규

◆ 학력

- 1988년 연세대 세라믹공학과 공학사
- 1990년 KAIST 재료공학과 공학석사
- 1994년 KAIST 재료공학과 공학박사

◆ 경력

- 1993년 ~ 1998년 LG-Philips LCD 선임연구원
- 1999년 ~ 2000년 영국 Oxford Univ. Post-Doc.
- 2000년 ~ 2001년 FDTech 수석연구원
- 2001년 ~ 현재 전자부품연구원 디스플레이연구센터 책임연구원



성명 : 한 정인

◆ 학력

- 1983년 연세대 금속공학과 공학사
- 1985년 KAIST 재료공학과 공학석사
- 1989년 KAIST 재료공학과 공학박사

◆ 경력

- 1989년 ~ 1992년 삼성전자 반도체연구소 선임연구원
- 1992년 ~ 현재 전자부품연구원 디스플레이연구센터 수석연구원
- 1998년 ~ 2000년 경기대 첨단산업공학부 교수

