

2015
October
no.19

융합 Weekly TIP

Technology | Industry | Policy

발행일_ 2015.10.26 | 발행처_ 융합연구정책센터

Technology

Industry

Policy

플렉시블 디스플레이 기술 개발 동향

박용욱 | 남서울대학교

선정 사유

❖ 플렉시블 디스플레이(Flexible Display)는 이를 탑재한 곡면 TV와 스마트폰, 스마트 워치 등의 등장으로 새로운 디스플레이시장을 창출하는 핵심기술로 부상함

- 내외 주요 TV 제조업체들 간에는 곡면 TV 출시 경쟁이 점차 가열되고, 소형 플렉시블 OLED 디스플레이를 탑재한 스마트폰, 스마트워치를 잇달아 출시하며 소형 플렉시블 디스플레이 탑재 기기 시장도 창출됨
- 아직 진정한 의미의 플렉시블에는 미치지 못하지만 플렉시블 디스플레이 시대를 개척하고 있다는 점에서 의미가 있음



Source: IHS

© 2013 IHS

그림1. 플렉시블 디스플레이 산업 활용도 (※ 출처 : 2013 IHS)

개요

❖ 플렉시블 디스플레이는 종이처럼 얇고 유연한 기판을 사용하여 깨지지 않으며, 다양하게 변형할 수 있는 차세대 디스플레이임

– 얇고 가벼우며 깨지지 않기 때문에 형태의 제약 없이 임의의 모양으로 제작할 수 있고 이동이 편리하여, 다양한 분야에 응용이 가능하여 새로운 시장을 창출할 수 있을 것으로 기대됨

❖ 플렉시블 디스플레이의 디스플레이 모드는 OLED, LCD, E-paper 등으로 구분되며, 각각의 장단점 존재

– OLED와 LCD를 적용한 제품이 다수이나, 고가의 배리어 특성을 요구하지 않는 E-paper 형태의 표시소자의 연구가 상용화되고 있음

표1. 플렉시블 디스플레이의 종류 및 특성

구분	특성	
	장점	단점
Flexible OLED	- 완전한 플렉시블 디스플레이 구현 가능 - 보조 광원(back light unit) 불필요	- 수분이나 산소에 민감 - 대면적 구현을 위한 구동 방식 복잡
Flexible LCD	- 구동방식 및 제조방식이 간단 - 수분이나 산소에 민감하지 않음	- 완전한 플렉시블 디스플레이 적용이 어려움 - 보조 광원 개발이 필요
Flexible E-Paper	- 완전한 플렉시블 디스플레이 구현 용이 - 수분이나 산소에 민감하지 않음 - 소비전력이 작아 모바일 기기에 유리	- 색 구현 및 고색재현율 구현이 어려움 - 느린 응답속도로 동영상 구현이 어려움

(※ 출처 : 특허청, 2014. 6. 30)

❖ 플렉시블 디스플레이는 Hype Cycle 상에서 2단계로 나아가는 중이며, 향후 5~10년 후에는 제품이 안정화 단계에 접어들 전망

– 현재 OLED와 LCD 등 응용 제품이 시장에 출시되고 있지만, 유연성(Flexibility) 구현에 한계가 적은 OLED가 주도하게 될 것으로 전망

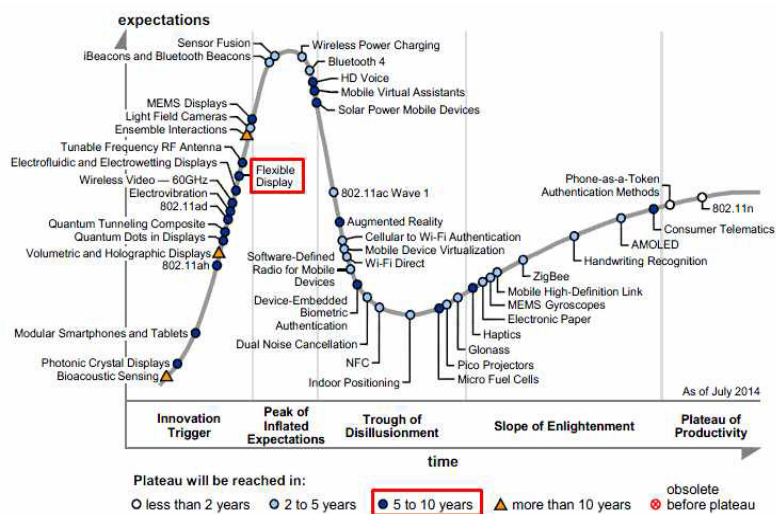


그림2. IT제품서비스의 하이프 사이클 (※ 출처 : Gartner (2014. 7))

※ Hype Cycle은 시장조사 회사인 Gartner가 IT혁신이 확산되는 양상을 설명하기 위해 채택한 개념. 시간 경과에 따른 기술 성숙도(x축)와 업계에 회자되는 가시성(y축)을 이용해 기술의 진화를 설명. 신기술 등장(1단계), 부풀려진 기대의 정점 도달(2단계), 거품 소멸(3단계), 점진적 시장 수용(4단계), 생산성 안정화(5단계)의 5단계로 구성

주요 개발 현황

- 한국은 메가트렌드 변화, 기술 발전 동향, 시장 수요 등을 종합적으로 고려하여 6개의 플렉시블 디스플레이 전략 후보 제품을 도출하여 현재 연구개발 중

표2. 플렉시블 디스플레이 전략 후보 제품

전략제품	개요
롤러블 디스플레이	고내구성 두루마리형 롤러블 디스플레이
스트레처블 디스플레이	3차원 형태변형이 가능한 스트레처블 디스플레이
IO 일체형 디스플레이	I/O 일체형 Multi-function 디스플레이
폴더블 디스플레이	항온 항습 신뢰도 개선형 폴더블 디스플레이
인쇄형 디스플레이	용액형 OLED 발광형 인쇄전자 디스플레이
전자스킨 디스플레이	3차원 굴곡 대응 3D Deformable 전자스킨 디스플레이

(※ 출처 : KIAT, Market Leading products, 2014)

❖ (고내구성 두루마리형 유연 롤러블 디스플레이) 두루마리 형태로 말 수 있는 디스플레이

- 기존 유리기반 디스플레이보다 강한 내구성, 가벼운 무게, 얇은 두께 등의 이점을 가지고 본체 기기보다 넓은 면적의 디스플레이 구현 가능
- 3D-Deformable (모든 방향으로 접혀 3차원적으로 변형가능) 디스플레이가 가능하며, 디스플레이가 전자제품의 표시부에서 벗어나 스스로 제품이 됨으로써 패션 및 건축물 외장 등에 사용가능함
- 향후 5년 이내 출시가 가능한 제품으로, 기존의 광고용/교육용 및 현수막(소형+대형) 시장을 대체할 가능성이 높음



그림 3. 롤러블 디스플레이

(※ 출처 : KIAT, Market Leading products, 2014)

❖ (3차원 형태변형이 가능한 스트레처블 디스플레이) 연신성이 있어 휘거나, 접거나, 신축이 가능하여 다양한 형태의 디자인 구현이 가능

- 전자기기뿐만 아니라, 다양한 산업과의 융합을 통해 신 시장 창출이 가능한 차세대 디스플레이
- 종이접기와 같은 다중접이 모바일 디스플레이, 제로베젤을 통한 초대형 모듈라 Wall 디스플레이 등으로 응용이 가능하며 섬유형 웨어러블 디스플레이, 전자피부형 디스플레이로 진화할 것으로 예측
- 기술 발아단계로 현재 시장은 형성되어 있지 않으나, '15년 초기단계의 접이형 디스플레이를 시작으로 2020년 100억불 규모로 확대될 것으로 예측 (산업부, 미래형 디스플레이 발전전략 보고서(2013))



그림 4. 스트레처블 디스플레이 응용분야

(※ 출처 : KIAT, Market Leading products, 2014)

❖ (I/O 일체형 Multi-function 디스플레이) 기존 디스플레이에 오감기능이 포함된 스마트 디스플레이 제품

- 음성인식, 가상촉각기능, 아이트래킹, 위험가스감지, 음식분석테스트기능 및 바이오테라피, 웰니스(Wellness)기능 등이 포함됨
- Output 기능만을 갖는 1세대 디스플레이와 Touch 기능까지 추가된 Input/Output 기능의 2세대 디스플레이에 이어, 가까운 시일 내 기능이 개선된 3세대 디스플레이 제품이 출시될 예정



그림 5. Multi-function 디스플레이를 이용한 제품 및 기능

(※ 출처 : KIAT, Market Leading products, 2014)

❖ (항온·항습 폴더블 디스플레이) 대형디스플레이의 휴대 및 다양한 디자인적용 가능성의 확대됨

- 접히는 기능, 외부사용환경에 대응하기위한 기능이 보완된 디스플레이
- 웨어러블 스마트기기는 물론, 자동차가전제품·인테리어 등 다양한 분야의 제품에 디스플레이를 확장할 수 있음



그림 6. 폴더블 디스플레이

(※ 출처: KIAT, Market Leading products, 2014)

❖ (용액형 OLED 발광형 인쇄전자 디스플레이) 고가의 노광(Photo-lithography) 기술을 대체하여 전자회로를 종이에 인쇄하듯 제조하는 기술

- 친환경, 저비용, 롤투롤 대량생산, 플렉시블화 디스플레이의 추세에 따라 인쇄공정을 도입하여 OLED, LCD, 전자종이, TSP 등을 제조할 수 있음
- 인쇄전자기술은 플렉시블 디스플레이를 본격적으로 대량생산하는 기술로, 두루마리 형태의 전자신문, 전자잡지, RFID 스마트태그, 면조명, 하이브리드 조명, 스마트제품, OLED 조명, 태양전지 등 다양한 제품에 적용 가능함

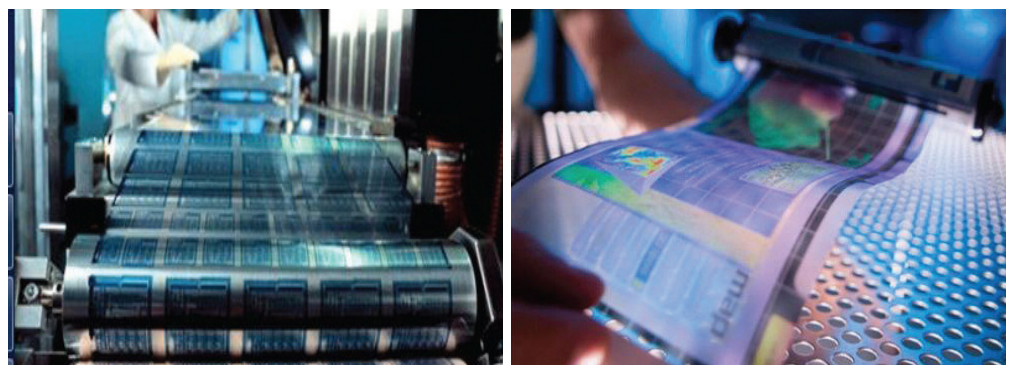


그림 7. 인쇄전자 활용 제품

(※ 출처 : KIAT, Market Leading products, 2014)

- (3차원 굴곡 대응 3D Deformable 전자스킨 디스플레이) 모든 제품의 표면에 장착되어 색상, 패턴, 질감을 원하는 대로 변경할 수 있는 제품으로 정보, 디자인 및 감성 표시가 가능하며 바이오, 의료, 패션 등 소프트웨어와 융합된 새로운 플랫폼으로 활용가능

- 3차원 굴곡 대응 3D Deformable 디스플레이, 초 저소비 전력 기반 메모리 타입 디스플레이 등이 있으며, 유/무선 통신 및 유/무선 전력전달을 통한 디자인 변경 가능 모듈이 필요함
- Liquid powder 기반 초 저소비 전력 메모리타입 디스플레이의 개발이 진행되어 왔으며, 플렉시블 디스플레이 프로토타입의 가능성을 제시함(전자부품연구원)
- 플라스틱 기판위에 Contact printing 기법을 이용하여, 전도성 고무 재료, 유기 발광 다이오드(OLED), 탄소나노튜브로 이루어진 박막 트랜지스터 등을 조합하여 디스플레이를 구현(Nature Materials, '13.7.21)

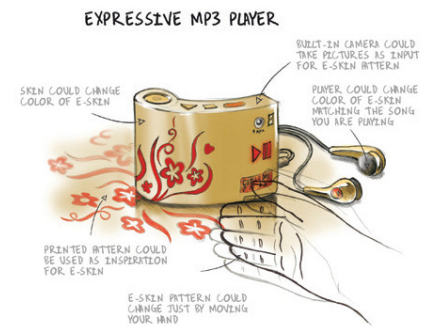


그림 8. 전자스킨 개념도 및 제품 적용도
(※ 출처 : KIAT, Market Leading products, 2014)

국내외 개발 동향

- 국내에서는 플렉시블 디스플레이 등 차세대 디스플레이 개발을 위해 정부·기업 간 협력 체계 구축

- 정부는 디스플레이 분야 세계 선두 기업인 삼성디스플레이, LG디스플레이 등과 함께 「미래 디스플레이 핵심기술 개발을 위한 투자 협력 양해각서(MOU)」 체결('14.7)
- 정부와 삼성, LG는 미래형 디스플레이 원천기술 개발에 앞으로 5년간 총 약 300억 원을 투자할 예정

- 미국, 유럽, 일본 등 주요 선진국에서도 플렉시블 디스플레이의 미래 시장 선점 및 차세대 기술 확보를 위한 경쟁 치열

- (미국) 국방부를 중심으로 Arizona State University(ASU) 연구단지 내에 플렉시블 디스플레이 센터(FDC:Flexible Display Center)를 설립하고, 2004년부터 5년간 4,370만 달러를 지원 하였으며, 추가로 5년간 5,000만 달러 투자
- (일본) 정부차원의 R&D 지원과 관리가 이뤄지는 NEDO(New Energy And Industrial Technology Development Organization)를 구축하여, 플렉시블 디스플레이 R&D 프로젝트 운영
- (유럽) 'FlexiDis' 프로젝트를 통해 Cambridge 대학, Stuttgart 대학, 노키아 연구소, 필립스 연구센터, 톰슨 및 ST마이크로일렉트로닉스 등에서 플렉시블 디스플레이 기술 개발
- * 6년 이내 플렉시블 디스플레이의 상용화를 위한 플렉시블오팜(Flex-o-Fab) 계획에 3년간 추가로 1120만 유로(161억원) 투입('13)

국내·외 산업 동향 및 시장 전망

- (LG디스플레이) 플라스틱 OLED 위주의 첨단 제품을 전시(SID 2015)하였고, 특히 UHD급의 55/65/77인치 대형 OLED TV를 전시하여 제품 경쟁력을 과시하여 중국, 일본 등 타사 대비 높은 완성도를 시연함



그림 9. 77, 65, 55인치 LG UHD OLED TV (※ 출처 : 2015 SID)

- DFHD 해상도의 21.5\"/>



그림 10. LG가 전시한 차량용 21.5인치 커브드 LCD와 플라스틱 OLED (※ 출처 : 2015 SID)

- (삼성전자) 105, 78, 65, 55인치 곡면 UHD TV 전시(CES 2014)하였고, 상반기에 해당제품을 판매함
- Samsung's YOUM Bended Display로 2015년 Award for Display of the Year를 수상 (CES 2015)

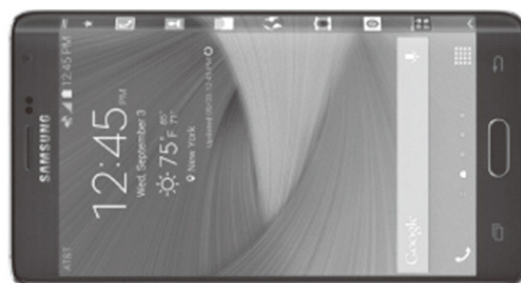


그림 11. Samsung's YOUM Bended Display (※ 출처 : 2015 SID)

- (일본 SEL) 플렉시블 AMOLED를 활용한 폴더블 디스플레이 모듈을 준비하여 2면을 갖는 1축 폴더블 제품과 3면을 갖는 2축 폴더블 제품을 전시(SID 2015)
- 올해 처음으로 기와 연결 방식으로 13.5인치 제품을 6x6개 연결하여 81인치 대형 8k급 'Kawara type AMOLED multi display'를 전시함



그림 12. SEL의 폴더블 AMOLED (※ 출처 : 2015 SID)

- (대만 AUO) 1.4인치 400x400 해상도의 원형 플라스틱 AMOLED와 5.5인치 Full HD 인셀 터치 AMOLED 등을 전시(SID 2015)



그림 13. AUO의 원형 플라스틱 AMOLED 모듈과 제품 (※ 출처 : 2015 SID)

● 시장 전망

- 전세계 플렉시블 디스플레이 시장은 2013년 1억달러에서 연평균 120%씩 성장하여 2020년에는 413억달러 규모에 도달할 전망
- 응용분야별 시장은 기존의 핸드폰, 태블릿 PC와 같은 모바일기기 시장이 전체시장의 54%를 점유할 것으로 예상되며, 웨어러블 기기 등 새로운 응용분야가 40%에 달할 것으로 전망

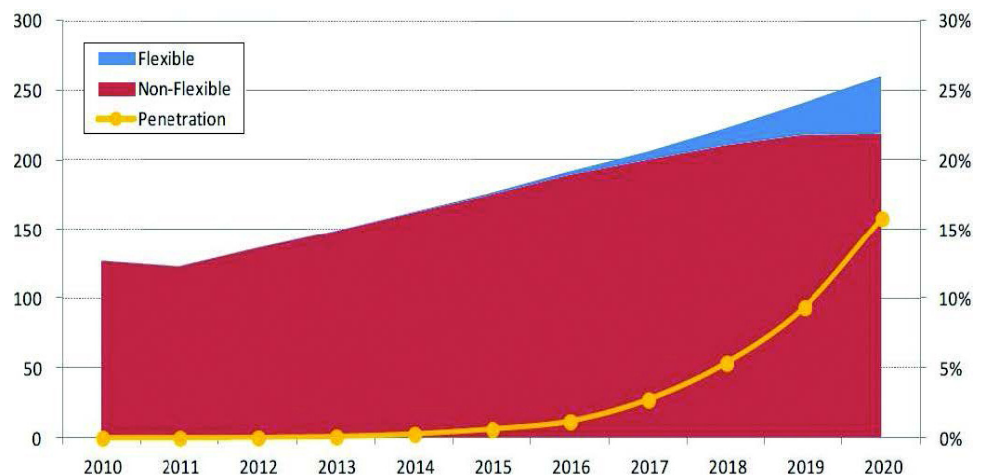


그림 14. 플렉시블-Non 플렉시블 디스플레이 산업 성장 전망 비교

(※ 출처 : Displaybank 2012)

- 국내 평판 디스플레이 패널 생산액은 2012년 기준 43.7조원이며, 수출은 349억달러로 전체 수출의 6.4%를 차지
- 국내 플렉시블 디스플레이 시장은 지속적인 성장이 예상되나 후방산업(장비, 소재)의 경쟁력은 여전히 취약하여 보강 필요
- 플렉시블 디스플레이의 핵심소재 수입의존도가 높아 지속적인 연구개발을 통하여 선제적 시장 선점 노력이 필요하며, 핵심소재의 연구개발을 통하여 국산화율 증대가 필요함
- Display Search에 따르면, 글로벌 곡면 TV 시장은 '14년 78.6만 대, '15년 332.7만 대 그리고 '17년엔 608.9만 대 규모로 성장할 전망
- 전통적으로 디스플레이 부문에 강한 일본이 최근 OLED 사업 본격 추진에 나섰으며, 중국은 초고해상도, 커브드, AMOLED의 키워드 속 개발에 정부가 투자금액의 60%를 지원하는 정책을 펼치면서 OLED 시장 진입을 가속화하는 등 디스플레이 산업이 약진하고 있는 상황



- 한국은 세계 최초로 플렉시블 디스플레이 제품을 생산하면서 모듈분야에서는 최고의 기술력을 확보하고 있으나, 핵심소재 및 장비는 선진국 대비 2년 내외의 기술 격차

표3. 관련 분야의 국·내외 기술수준

기술분야	세부기술분야	해외 수준 (최고 수준 : 100%)	국내 수준 (최고 수준 국가 대비:%)
기술분야	모듈	100%	100%
	소재	100%	80%
	소재	100%	70%

- 하지만, 플라스틱 기판 등 핵심소재의 원자재 및 원천기술은 전량 수입에 의존하고 있어 기술격차를 좁히기 위한 중장기 전략이 필요함
- 일본이 플렉시블 디스플레이용 소재, 장비분야에 세계 최고 기술력을 보유하고 있으며, 미국과 유럽 등이 원천기술을 보유함
- 중국은 모듈기술을 중심으로 기술 추격에 나서고 있으며, 민관 공동의 노력으로 모듈 분야에서는 해마다 기술격차가 줄어들고 있음
- 모듈, 소재, 장비를 종합하여 플렉시블 디스플레이의 상대적 기술수준을 종합하여 비교하면 일본, 미국, 유럽, 한국, 중국 순



- 플렉시블 디스플레이는 디스플레이 산업의 새로운 성장기를 열 것으로 기대됨

- OLED 기반의 플렉시블 디스플레이는 혁신성, 소비자 만족 등 차세대 디스플레이의 핵심적 가치를 제공할 것으로 기대

– 최근까지 상용 제품에 탑재된 플렉시블 디스플레이는 e-paper 형태만 존재했으나, 국내 기업들이 LCD, OLED 기반의 플렉시블 디스플레이 탑재 제품을 출시하며 새로운 전기를 마련

●● **진정한 플렉시블 디스플레이의 구현까지는 다양한 해결 과제가 잔존하고 있어, 기술개발을 통해 디스플레이 주도권 선점이 필요함**

– 시제품으로만 보면 폴더블 제품까지 공개되고 있으나 기기에 탑재된 상용제품의 경우 커브드 단계가 시장에 출시됨

– 플렉시블 디스플레이가 주력 제품으로 성장하기 위해서는 안정적 공급, 안정적인 수율 확보 및 공정 개선을 통한 가격 경쟁력 확보가 필요하며, 대량생산을 위해 인쇄 방식의 개발 등도 해결해야 함