

CAE 기반 플렉시블 디스플레이 터치 패널 및 구동 집적회로 개발 전략

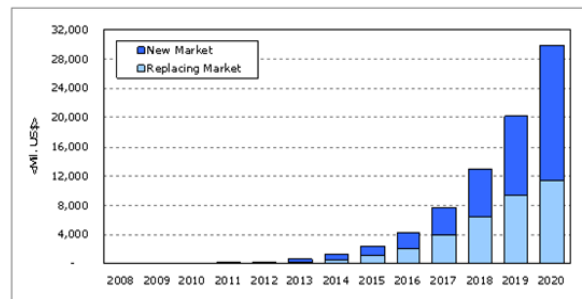
김경록 (울산과학기술대학교)

I. 서론

현재 디스플레이 산업의 패러다임이 기존 대형화, 대면적화에서 이동성(mobility)을 강조하는 소형화로, 이 소형화에서 더 나아가 유연성(flexibility)을 갖는 디스플레이로 이동하고 있으며, 이에 따라 디스플레이 산업의 신성장 동력으로 플렉시블 디스플레이가 주목을 받고 있다. 즉, 액정디스플레이(liquid crystal display, LCD) 및 플라즈마 디스플레이 패널(plasma display panel)로 대변되는 기존 대형 디스플레이 산업이 현재 기술포화 및 평가하락으로 인해 새로운 시장을 창출하는 동력을 잃어버린 상황으로서, 최근 폭발적으로 수요가 증가하는 모바일 기기 등에 적용되는 능동형유기발광다이오드(active matrix organic light emitting diode, AMOLED) 등 상대적으로 소형 디스플레이 산업이 시장을 주도하고 있으며, 디스플레이의 이동성(mobility)이 현재 디스플레이 산업의 패러다임이라 할 수 있다.

현재의 패러다임인 이동성(mobility)에 더하여 크기에 대한 유연성(flexibility)이 향후 20년간 지향해야 할 화두로 떠오르고 있으며 이 두 가지의 적절한 조합(flexibility + mobility)인 플렉시블 디스플레이(flexible display) 시장이 미래 핵심 디스플레이 산업으로 각광받고 있다. <그림 1>에서 보는 바와 같이, 플렉시블 디스플레이 전체 시장은 2015년 약24억불에서 2020년 약300억불로 성장할 것으로 예상되고 있으며, 이 중, 기존 평판(flat panel) 디스플레이 시장을 대체하는 플렉시블 디스플레이 시장은 2015년 약 11억 1천만불, 2020년에는 약 114억불에 이를 것으로 전망되고, 신규시장은 2015년 약 12억 8천만불, 2020년에는 약 184억불로 급증할 것으로 전망되고 있다.^[1]

본 연구에서는 거대한 시장으로 부상하고 있는 플렉시블



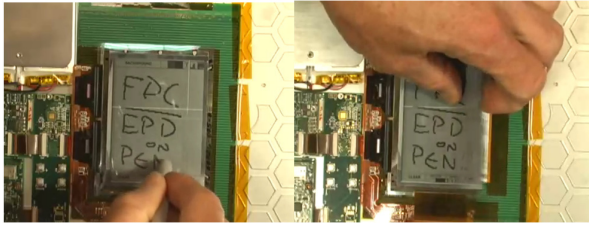
<그림 1> 플렉서블 디스플레이 시장전망

디스플레이의 핵심 기술 동향에 대해 분석하고, 지속 가능한 개발 전략을 위한 CAE 기반 플렉시블 디스플레이 패널 및 집적회로 개발 방법 및 전략을 소개하고자 한다.

II. 플렉시블 디스플레이 기술 동향

디스플레이 산업은 인간의 다섯 가지 감각인 시각, 청각, 촉각, 후각, 미각 중 가장 중요한 시각을 지배하는 산업분야로서 그 발전 지속성은 타 산업과 비교불가한 상황이라 할 수 있다. 또한, 통신 산업과의 효과적인 접목으로 이미 휴대(hand-held) 전화 등 모바일 기기를 통해 시각과 청각을 지배하고 있으며, 최근 스마트폰 등에서 보편화 된 터치기술과의 접목을 통해 촉각까지 지배하고 있는 상황이다.

이러한 역사적인 기술 융합의 흐름을 분석해 볼 때, 인간의 감각과 밀접한 관련이 있는 디스플레이 산업의 특성 상 터치 기술과의 접목은 필수 불가결한 융합기술이며, 앞으로 디스플레이 산업 기반 기술 융합의 큰 흐름이라 할 수 있다. 이에, 디스플레이 산업 강국인 우리나라가 기술 선도국으로 발전하기 위해서는 차세대 디스플레이 시장을 선도할 플렉시블



〈그림 2〉 미국 Arizona State University Flexible Display Center (FDC) 의 Flexible TSP (2009)

디스플레이 자체의 연구개발도 중요하지만, 플렉시블 디스플레이와 터치 스크린 패널 (touch screen panel, TSP) 기술과의 접목에 대한 연구는 반드시 필요하다.

미국 애리조나 주립대(arizona state university)의 플렉시블 디스플레이 센터(flexible display center, FDC)는 미 육군 및 산업체와의 협력연구를 통해 전기구동방식의 터치패널 기능을 갖춘 플렉시블 디스플레이를 개발했음을 〈그림 2〉에서와 같이 2009년 이미 발표하였으며,^[2] 플렉시블 터치 스크린 패널(flexible TSP)과 구동 IC가 조합된 플렉시블 디스플레이 개발이라는 측면에서 기술 선도국 기업 및 연구소인 애플(US)과는 상대적으로 73% 기술수준 차이가 있으며 1년 정도 기술격차를 보이고 있다.^[3] 특히, 〈그림 2〉에서 보는 바와 같이, 현재 구현되고 있는 플렉시블 디스플레이는 디스플레이 스크린 패널만 휘어지고 주변 집적회로는 여전히 기존의 경직(rigid) 기판 위에 구현되고 있어, 진정한 플렉시블 디스플레이를 구현하기 위한 플렉시블 패널과 집적회로의 연구가 시급히 선행되어야 한다.

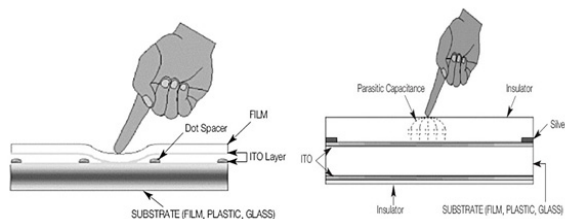
III. CAE 기반 플렉시블 디스플레이 터치 패널 및 집적회로 개발 전략

플렉시블 TSP로 대변되는 플렉시블 디스플레이와 터치 기술과의 접목은 기술적인 측면에서 재료, 공정, 소자, 회로 등 각 모든 레벨에서 기존에 해결한 적이 없는 전혀 새로운 문제점을 가지고 있으며, 디스플레이 패널 외에 터치센서 및 구동 회로의 유연성(flexibility)이라는 환경 변화에 대응 가능한 새로운 관점의 연구가 필요하다. 특히, 전극 재료 및 공정 등 디자인의 하위 기술 레벨과 플렉시블 회로설계 및 알고리즘 등 디자인의 상위 시스템 레벨 등 전체 레벨에서 상용화를 위한 기술적 난제들이 유기적으로 얽혀있는 상황임을 고려할 때, 진정한 올인원 (all-in-one) 플렉시블 터치 디스플레이이 제품 개발 및 응용을 위한 재료 선택부터 소자 개발 및 구동 회로까지 하나의 디자인 framework으로 통합 해석하는 관점의 연구가 반드시 필요한 상황이다.

이에, 실질적으로 구현 가능한 플렉시블 TSP의 개발이라

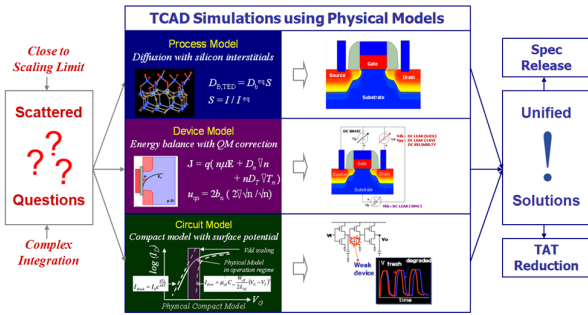
는 관점에서 재료-공정-소자-회로 레벨에서의 유기적으로 연관된 기술적 난제 해결을 위해 CAE (Computer-Aided Engineering) 기반 플렉시블 TSP 디자인 플랫폼 구축 전략을 제안하고자 한다. 터치 스크린 패널의 핵심부품은 터치 센서(touch sensor)로서, 〈그림 3〉에서 보는 바와 같이 터치 센서 방식에는 여러 가지가 있지만 대표적으로 압력에 감응하는 감압식 (또는 저항막 방식, resistive touch sensor) 과 전기전도에 감응하는 정전용량 방식 (capacitive touch sensor) 이 있다.^[4] 현재 유리 기반의 경직(rigid) TSP 시장에서의 주류는 멀티터치가 가능한 정전용량 방식이지만, 플렉시블 TSP에서는 재료 선택 및 어플리케이션 등을 고려하여 감압식, 또는 감압식과 정전용량 방식의 조합 등 여러 가지 센싱 방식 및 구동 회로에 대한 연구가 필요하다.

유연성(Flexibility)이라는 항목 내에서도 ‘구부러질 수 있는’ (bendable) 스크린에서 ‘접을 수 있는’ (foldable), 그리고 ‘둥글게 말수 있는’ (rollable) 스크린으로 진화함에 따라 플렉시블 TSP 기술 또한 재료 선택부터 회로 구동까지 유기적으로 연결되어 변화할 것으로 예상되며, 계층구조 상 중간 레벨인 플렉시블 터치 센서 및 구동 회로를 중심으로 재료 및 공정, 회로 및 알고리즘 기술을 유기적으로 연결시키는 디자인 플랫폼 개발을 중심으로 응용에 맞는 재료 선택부터 구동 회로 디자인까지 통합하여 연구하는 전략을 제시한다. 특히, 체계적인 플렉시블 TSP개발 관점에서 재료-공정-소자-회로 레벨에서의 유기적으로 연관된 기술적 난제들을 해결하기 위해, 〈그림 4〉와 같이 기존 반도체 산업의 혁신적인 발전과정에서 효용성을 입증한 CAE 환경을 벤치마킹하고자 한다.^[5] 이는 현재 반도체 산업 현장에서 문제점 해결 및 다양한 제품 성능 예측을 위해 활발히 활용되고 있는 디자인 플랫폼으로서, 공정, 소자, 회로 각 레벨에서 흩어져 있는 것처럼 보이는



구분	감압식(Resistive)	정전식(Capacitive)
반응속도	상대적으로 느림	빠름
투과율	< 85 %	> 90%
압력 내구성	100만 ~ 2,000만회	2,000만 회 이상
비용	저비용	보통
장점	세밀한 터치 가능	멀티터치 가능
단점	감압기능 저하문제	회로설계 어려움
기술난이도	낮음	높음

〈그림 3〉 감압식(resistive) 및 정전식(capacitive) 터치 소자 방식 구조 및 특성 비교^[4]



〈그림 4〉 반도체 CAE기반 공정-소자-회로 통합 해석 플랫폼 구성도

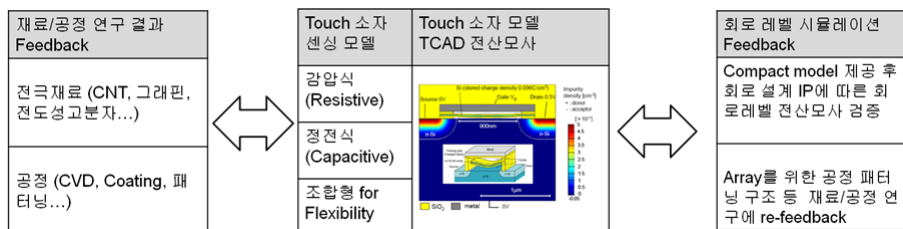
문제점들을 공정-소자-회로 통합 해석 관점에서 보아야만 명확한 해결책 및 의미 있는 솔루션 제공이 가능하다는 결과로서, CAE 기반 플렉시블 디자인 플랫폼을 다음과 같이 구분하여 제시한다.

1. 플렉시블 TSP 공정-소자-회로 통합 플랫폼

플렉시블 TSP를 위한 CAE 기반 공정-소자-회로 통합 디자인 플랫폼은 공정-소자 구조 디자인과 소자-회로 연계 디자인 플랫폼 개발로 나누어서 설명하고자 한다.

먼저, 공정-소자 구조 디자인 플랫폼 개발은 재료 및 공정 분야에서 개발되는 다양한 전극 재료 및 공정 변화에 대해 터치 센싱 소자 관점에서 유효한 터치 센싱 방식을 전산모사 할 수 있는 모델을 개발함으로써 플렉시블 TSP의 응용처에 따른 새로운 터치방식의 센싱 소자 디자인을 가능하게 하는 핵심 플랫폼을 제공할 것으로 판단된다.

이후, 소자-회로 연계 디자인 플랫폼 개발은 재료 및 공정 분야의 피드백(feedback)을 받아 디자인되는 터치 센싱 방식에 따른 회로레벨 전산모사를 위한 터치 소자의 compact model을 개발하고 회로 디자인 연구팀에 제공함으로써, 회로 전산모사 결과를 다시 재료 및 공정 분야 연구팀에게 다시 피드백(re-feedback)할 수 있는 선순환 디자인의 핵심 플랫폼이며, 이러한 통합 디자인 플랫폼은 〈그림 5〉와 같이 정리될 수 있다.



〈그림 5〉 플렉시블 TSP 개발을 위한 CAE 기반 공정-소자-회로 연계 디자인 연구 방법. 내부그림: 플렉시블 소자구조 예시^[6]

2. 공정-소자-회로 연계 통합 데이터베이스

플렉시블 TSP를 위한 재료 및 공정, 터치 센서 및 구동 회로 레벨에서 확보되는 모델과 모델 파라미터 (model parameter, MP) 데이터베이스 (database, DB) 구축 연구는 개발되는 Framework 및 디자인 플랫폼의 예측력 있는 전산모사를 가능하게 하는 핵심 contents를 각 레벨에서 공유하게 함으로써, 제품개발의 TAT (Turn-around-time) 단축을 위한 핵심기술을 제공할 것으로 기대된다. 이러한 DB의 정합성 및 CAE 기반 전산모사의 예측력은 지속적으로 확보되어야 하며 산업 현장에서 발생하는 다양한 문제에 대한 대응 및 정합성 있는 예측을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 향후 연구 및 결론

플렉시블 디스플레이의 기술동향에 대해 살펴보았고, 기존의 반도체산업의 변명을 이끈 성공적인 플랫폼인 CAE기반 디자인 플랫폼을 살펴본 후, CAE기반 플렉시블 TSP 및 구동 회로 개발 전략 수립 방안을 제시했다. 두 가지 핵심 차세대 디스플레이 기술의 융합, 즉 플렉시블 TSP로 대변되는 플렉시블 디스플레이와 터치 기술과의 접목은 기술적인 측면에서 재료, 공정, 소자, 회로 등 각 레벨에서의 새로운 문제점을 해결해야 할 숙제를 가지고 있으며, 디스플레이 패널 외에 플렉시블 터치센서 및 구동회로라는 새로운 관점의 연구가 수행되는 과정에서 전혀 새로운 문제점이 도출되기 때문에 CAE 기반 통합 디자인 플랫폼을 기반으로 문제 해결 및 성능 예측에 대한 연구가 지속적으로 수행되어야 한다.

CAE 기반 플렉시블 디스플레이 터치 패널 및 구동 집적회로 디자인 플랫폼은 재료-공정-소자-회로의 모든 레벨에서의 문제점을 해결하는 과정에서 생성되는 모델 및 모델파라미터 등의 데이터를 DB화를 가능하게 하고, 이를 기반으로 예측력 있는 전산모사를 가능하게 하는 핵심 데이터를 각 레벨에서 공유하게 함으로써, 플렉시블 TSP의 응용 분야 및 실제 제품이 정해진 상황에서 구체적인 제품을 구현하기 위한



디자인 선행 예측에도 기여할 수 있을 것으로 기대되며, 구체적인 제품개발 과정의 TAT (Turn-around-time) 단축을 위한 핵심기술을 제공할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] Displaybank MarketTrack™ 2011
- [2] 애리조나 주립대 플렉시블 디스플레이 센터 Press release 2009 (<http://flexdisplay.asu.edu>)
- [3] 자료출처: e-특허나라 (www.patentmap.or.kr)
- [4] 삼성아몰레드, '스마트 기기속 터치스크린의 세계' (<http://www.samsungamoled.net/403>)
- [5] Kyung Rok Kim et. al., The 4th Samsung conference, 2007.
- [6] T. Nagami, et. al., Proc. of Si Nanoelectronics Workshop 2008.



김 경 록

1999년 2월 서울대학교 전기공학부 (학사).
 2001년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (석사).
 2004년 8월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (박사).
 2004년 9월~2006년 8월 스탠포드 대학교 연구원 (박사후 과정).
 2006년 9월~2010년 1월 삼성전자 반도체연구소 책임연구원.
 2010년 2월~현재 울산과학기술대학교 교수.
 <관심분야> 반도체소자/회로, CAE/TCAD