

투명전자소자의 기술 동향

Technical Trends of Transparent Electronic Devices

IT 융합 · 부품 기술 특집

황치선 (C.S. Hwang)	투명전자소자팀 선임연구원
추혜용 (H.Y. Chu)	투명전자소자팀 팀장
전황수 (H.S. Chun)	사업화전략연구팀 책임연구원
조경익 (K.I. Cho)	신소자/소재그룹 그룹장

목 차

-
- I. 투명전자소자의 개요
 - II. 투명전자소자 관련 시장 전망
 - III. 투명전자소자의 기술 개발 동향
 - IV. 투명전자소자 특허맵 분석
 - V. 맺음말

투명전자소자는 투명한 특성을 이용하여 기존의 전자기기가 가지고 있는 공간적/시각적 제약을 해소하려는 목적을 가진 소자이며 투명트랜지스터를 기반으로 한다. 투명트랜지스터는 투명반도체(주로 산화물), 투명절연체, 투명전도체로 구성되어 있다. 투명트랜지스터와 투명 OLED를 결합한 투명디스플레이에 정보 인식/정보 처리 기능이 추가로 구현되어 있는 공간 임베디드 정보 단말기를 스마트 창이라고 부른다. 투명전자소자는 초기에는 투명하지 않은 형태의 산화물 트랜지스터를 이용한 디스플레이 분야에 주로 이용될 가능성이 높고 2010년 이후에 투명 IC, 스마트 창 형태의 신규 시장이 창출될 것으로 예측된다. 또한, 투명전자소자 분야는 세계적으로 개발 초기단계이기 때문에 원천 특허 확보 등에 주력할 필요가 있다.

I. 투명전자소자의 개요

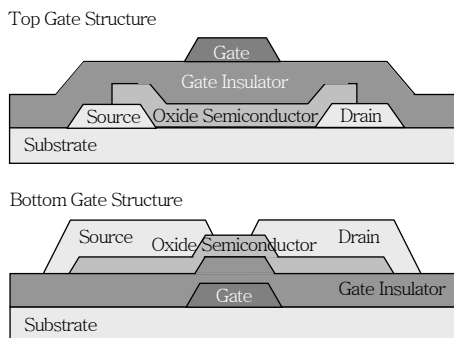
1. 투명전자소자

전자소자는 지금까지 주로 Si 기반의 웨이퍼 상에서 구현되며 발전하여 왔다. 그런데 근래에 들어서 평판 디스플레이 산업 등 새로운 응용분야가 나타나면서 기존의 Si 기반의 반도체 소자가 감당할 수 없는 응용분야에서 새로운 형태의 전자소자가 등장하고 있다. 그 기술의 지향점은 주로 대면적, 저가격, 공정의 단순함이다.

투명전자소자는 위의 특징에 정보 인식/정보 처리/정보 표시의 기능을 투명한 전자기기로 구현함으로써 기존 전자기기가 가지고 있는 공간적/시각적 제약을 해소하려는 목적까지도 이루기 위하여 개발되고 있는 전자소자이다.

투명전자소자는 투명반도체, 투명전도체, 투명절연체를 기반으로 투명기판 위에 제조된 전자소자를 가리킨다. 따라서 투명전자소자의 구현을 위해서는 투명소재 기술과 공정 기술, 트랜지스터 등 단위소자 기술, 그리고 투명 패널 등 소자 설계 및 제작 기술이 필요하게 된다.

이러한 여러 가지 기술 중에서 가장 핵심이 되는 기술은 투명트랜지스터(TTFT) 기술이라고 할 수 있을 것이다. 대부분의 전자소자가 TTFT를 기반으로 구성될 수 있고 이외의 소자들은 축전지(capacitor)나 저항체 혹은 다이오드와 같이 비교적 쉽게 제조할 수 있는 소자들이기 때문이다. (그림 1)은



(그림 1) 투명트랜지스터의 구조도

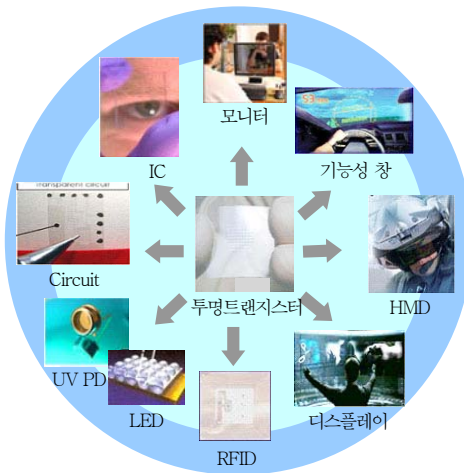
TTFT의 구조도이다. 기존 Si 계열의 TFT에 비하여 상대적으로 단순한 구조를 가지고 있다.

2. 투명전자소자의 응용 분야

투명전자소자는 투명성을 적극적으로 활용하여 제조될 수 있는 투명장치에 이용되어 소비자 전자제품, 수송산업, 군사용에 이용될 수 있다. (그림 2)는 이러한 투명전자소자의 응용 예를 보여주고 있다.

투명전자소자의 여러 응용 가능성 중에서 가장 먼저 응용이 가능할 것으로 예상되는 자동차 방풍유리 디스플레이 분야를 예를 들어 살펴보자. 자동차 방풍유리는 지금까지 방풍과 온도유지의 기능을 수행하며 여기에 덧붙여 과도한 햇빛을 가리는 기능 정도가 추가되어 왔다. 투명전자소자를 이용한 투명 디스플레이를 적용하게 되면 자동차 방풍유리는 시각적 정보를 전달하여 계기판과 내비게이터가 형성될 수 있게 되며 더 나아가서는 증강현실의 기능까지 추가된다면 우리가 유리창을 통해 보는 현실상의 건물이나 도로에 대한 정보를 시각적으로 덧붙여 보여줌으로써 실감나는 안내기능을 구현할 수 있다. 또한 각종 센서 기능까지 내장할 수 있게 됨으로써 주변 상황에 대한 정보를 표시할 수도 있게 된다.

위의 예에서 살펴본 것처럼 투명전자소자의 응용 분야 중에서 가장 핵심적인 분야는 투명디스플레이



(그림 2) 투명전자소자의 응용 범위

〈표 1〉 AMOLED 구동이 가능한 여러 소자에 대한 비교

	LTPS TFT	a-Si TFT	OTFT	Oxide TFT
Uniformity	△	○	○	○
Mobility(cm ² /V·s)	50~150	<1	<1	1~80
Stability	◎	△	△	? (○)
Cost	△	○	◎	◎
Process Temp.	>250°C	~250°C	RT~250°C	RT~250°C
Substrate	Glass, Metal	Glass, Metal, Plastic	Glass, Metal, Plastic	Glass, Metal, Plastic

분야라고 할 수 있다. 투명디스플레이는 위의 예처럼 기존에는 단순한 창으로 역할을 하던 것을 스마트 창(smart window)으로 변모시키게 된다. 이 분야에 대해서는 뒤에 상세히 설명하기로 한다. 또한, 투명한 디스플레이의 특징을 이용하여 다중 중첩 형태의 디스플레이가 가능하기 때문에 실감형 혹은 3-D 디스플레이의 구현도 가능하다. 그리고 디자인적인 측면에서의 장점을 활용하여 기존의 디스플레이 중 일부를 대체하여 소비자의 감성을 만족시킬 수 있는 새로운 제품을 만들어 낼 수도 있다.

이 밖에도 투명센서나 투명통신장치 등을 이용하여 군사용 혹은 보안장치를 제조할 수도 있으며 유비쿼터스 시대에 걸맞도록 우리 주변에 각종 IT 기기를 설치하여야 할 때 투명성을 이용하여 공간적/시각적 제약 없이 사용할 수 있을 것이기 때문에 미래 IT 분야에 있어서 반드시 필요한 소자가 될 것으로 예상된다.

더 나아가 투명전자소자가 집적회로 형태로 발전하게 되면 이러한 투명집적회로를 이용하여 장래에는 눈에 보이지 않는 컴퓨터의 탄생도 가능하리라는 전망도 가능하다.

그러나 위의 예와 같은 투명전자소자가 상용화되기 위해서는 소재나 소자 기술 등 해결해야 할 과제가 매우 많기 때문에 실제로 가장 먼저 응용될 수 있는 분야는 투명전자소자의 일부분이 활용되는 형태가 될 전망이다. TFT를 구성하고 있는 투명반도체의 경우에 투명성을 이용하지 않는다 하더라도 차세대 평판 디스플레이로서 가장 많은 연구가 진행되고 있는 능동구동형 유기디스플레이(AMOLED)에

응용될 가능성이 매우 높다. 또한 플렉시블 디스플레이의 구동소자로의 응용 가능성도 크다고 할 수 있다. 〈표 1〉은 AMOLED에 사용 가능한 여러 TFT의 성능을 비교한 것이다. 산화물 TFT가 여러 가지 면에서 우수한 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

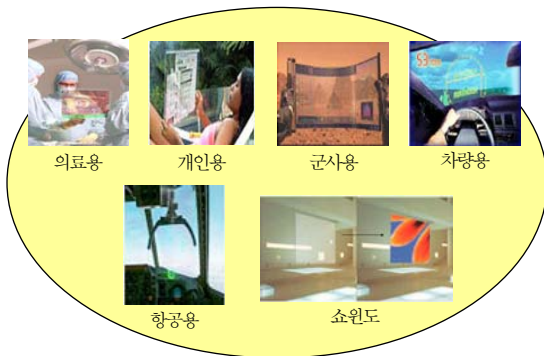
3. 스마트 창

스마트 창은 투명전자소자를 이용하여 구현한 투명디스플레이 소자의 일종으로 볼 수 있으며 정보 인식/정보 처리/정보 전달의 기능을 가지고 있는 시각적으로 투명한 형태의 유리창으로 정의할 수 있으며 용도에 따라 그 기능성을 특화하여 사용될 수 있다. (그림 3)은 이러한 여러 가지 응용 예를 보여주고 있다.

스마트 창의 용도를 살펴보면 앞장에서 상세히 기술하였던 자동차용 방풍유리 디스플레이와 같은 기능성 자동차 유리, 지능형 쇼윈도, 개인용 고글, 항공기 조종사용 디스플레이, 양방향 정보전달창, 정보형 수족관 등이 있을 수 있다.

지능형 쇼윈도는 쇼윈도에 사용되는 창으로서 내부의 전시물을 보여주기 위해 투명한 형태로 있다가 주변의 상황이나 정보에 따라 다양한 디스플레이를 보여줄 수 있는 쇼윈도를 의미한다.

개인용 고글의 경우에는 군인이나 작업자의 시야 바로 앞에 타겟과 지시사항을 표시하는 디스플레이로서 평소에는 투명한 형태를 띄어 사용자의 시야를 가리지 않으면서도 원하는 정보를 제공할 수 있다. 이러한 기능을 응용하여 항공기 조종사용 디스플레이를 제조할 수도 있다.



(그림 3) 스마트 창(투명디스플레이)의 응용 범위

양방향 정보 전달창은 공상과학영화[1],[2] 등에 많이 등장하는 형태인데 공간상에 위치한 디스플레이로서 투명하기 때문에 양쪽에서 사용자가 상대방을 보면서 동시에 디스플레이를 볼 수 있게 된다. 따라서 기존의 디스플레이가 가지는 공간적인 제약(한쪽 벽면에 형성되어야 하며 사용자 역시 한쪽에 위치하여야 함)을 벗어난 활용이 가능하다.

위에서 제시한 예 이외에도 앞으로 다양한 형태를 가지는 스마트 창이 등장할 것으로 예측된다. 특히 미래의 사회에 있어서 정보 전달의 필요성이 급속히 증가할 것으로 예측되기 때문에 디스플레이 소자는 지금보다 그 형태도 훨씬 다양해지고 양 또한 급속히 증가할 것이며 그 중에서 상당한 부분을 스마트 창이 차지할 것이 분명하다.

II. 투명전자소자 관련 시장 전망

1. 디스플레이 시장 전망

앞장에서 살펴본 바와 같이 투명전자소자의 응용 분야가 주로 투명디스플레이 분야이므로 투명전자소자 관련 시장 전망을 살펴보기 위해서는 우선 디스플레이 시장에 대한 전망을 살펴볼 필요가 있다.

최근까지 디스플레이 시장은 지속적인 발전을 해왔고, 특히 평판 디스플레이의 경우 2005년 692억 달러에서 2006년에는 13.8% 증가한 788억 달러의 시장규모를 가지고 있다.

현재 디스플레이 시장의 성장은 LCD 시장이 주도하고 있으며, LCD는 2006년 600억 달러에서 62% 성장하여 2009년에는 약 980억 달러의 시장 규모를 이룰 전망이다. 이 중에서 성장속도가 가장 큰 부분은 LCD TV 시장으로서 2005년에 약 2,070만 대에서 2006년에는 약 103.4% 증가한 4,210만 대의 시장규모로 고성장을 이루고 있다.

디스플레이는 전통적인 CRT 방식의 비중이 낮아지고 평판 디스플레이의 비중이 빠른 속도로 증가하고 있다. CRT의 세계시장은 2006년 128억 달러의 시장을 형성하였으나 평판 디스플레이 분야가 788억 달러의 규모로 성장하면서 비중이 점점 감소하고 있다. 평판 디스플레이 중 LCD가 88% 이상의 비중을 차지하고 있으며, 당분간 평판 디스플레이 시장을 주도할 것으로 예상된다. 그러나 PDP, OLED도 가격경쟁, 신기술 개발 등을 통하여 시장확대를 꾀하고 있어 기술 개발 경쟁은 더욱 치열해질 전망이다.

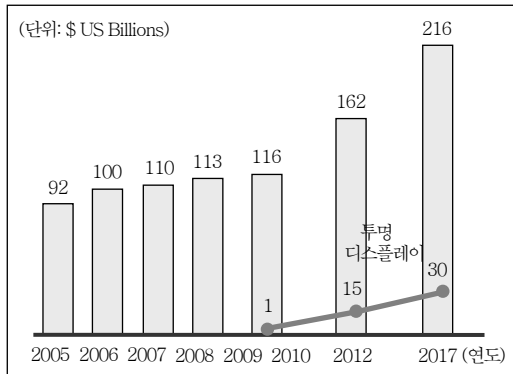
평판 디스플레이는 사용 용도를 다양하게 확대하고 있다. 주요 용도는 노트북, 데스크톱 모니터, 모바일용, TV용으로 나눌 수 있으며, 이 중에서 시장 규모가 가장 큰 TV용에 많은 관심을 두고 기술 개발을 진행 중이다.

2. 투명전자소자 시장 전망

투명전자소자를 이용한 스마트 창, 스마트 쇼윈도, 투명내비게이션 등 투명 IT 전자기기는(그림 4)에 나타나 있는 것처럼 2010년부터 시장을 형성하여 2015년에 200억 달러 규모로 급성장될 것으로 예측된다.(자료: DisplaySearch 2005. 3., CLSA, Deutsche Bank, LG 전자 자체 분석)

투명전자소자는 디스플레이의 형태로 일차 시장 진입 후, 투명한 특성이 요구되는 전자제품 전반으로 시장을 확충할 것으로 기대하고 있다.

한편, 투명전자소자 중 현재 시장이 형성되어 있는 분야는 투명전극 분야로서 디스플레이, 태양전지, 터치패널 등의 응용 분야에 형성되어 있는 시장은 2003년 현재 약 5조 원 정도이며, 매년 약 50% 이



<자료>: iSuppli, 2006. 1., LGE

(그림 4) 디스플레이(투명디스플레이) 시장의 성장 전망

상씩 성장을 하고 있다.(Smalltimes 기사, 2004년)

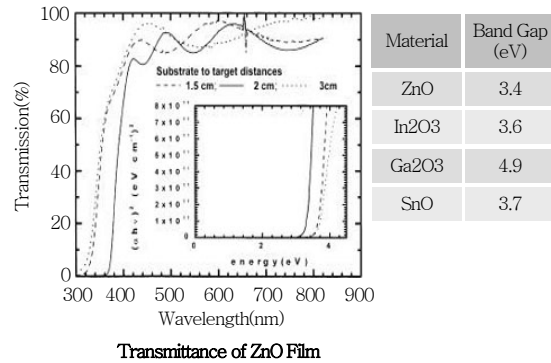
이밖에 TTFT가 응용될 가능성이 높은 플렉시블 디스플레이 시장에 대해 살펴보자. 플렉시블 디스플레이는 아직 시장이 형성되어 있지 않으며, 2011년부터 3인치급 이하의 LCD와 OLED 기반의 플렉시블 디스플레이를 채용한 high-end의 모바일 폰이 등장하고, 2013년에는 4인치에서 9인치급의 OLED 기반의 모바일폰 이외의 다양한 애플리케이션에도 플렉시블 디스플레이가 채용될 전망이다. 전체 디스플레이에서 플렉시블 디스플레이가 차지하는 전망은 2012년 3.7%에서 2017년 34.0% 정도로 예상되며 이 경우 2010년 디스플레이 시장이 3.7%일 경우 41.3억 달러, 34.0%일 경우에는 380억 달러로 전망된다.

Ⅲ. 투명전자소자의 기술 개발 동향

1. 투명전자소자의 기술 개발 분야

투명전자소자를 구현하기 위해서는 투명반도체, 절연체, 전도체 등 재료 기술과 TTFT와 같은 단위소자를 제조하기 위한 공정 기술, 구조설계 기술이 필요하며 이러한 단위소자를 조합하여 투명전자소자를 제조하기 위한 설계 및 제조 기술이 필요하게 된다.

투명 재료 기술 분야에서 투명반도체의 경우 현



(그림 5) 산화물 반도체의 광학적 특성(밴드갭과 투과도)

재는 ZnO나 InO, GaO, SnO 등 산화물 재료와 이들의 조합으로 구성된 재료들이 주로 사용되고 있다. (그림 5)는 이들 산화물 반도체 재료의 광학적 투과도와 물질별 광학적 밴드갭의 크기를 보여주고 있다. 가시광선 영역에서 투명함을 알 수 있다[3].

이중 어떤 재료가 가장 안정적이고 성능이 뛰어난 반도체 성능을 보여줄지에 대해서는 좀 더 많은 재료 연구와 공정 기술 연구가 필요한 상황이다. 현재 산화물 반도체의 경우 대부분 n-type 특성을 보이고 있기 때문에 p-type 특성을 갖는 투명 반도체가 구현될 경우 CMOS 형태의 투명전자소자 제작이 가능하고 OLED의 구동에도 유리한 측면이 많기 때문에 도핑 조절 혹은 신물질 개발 등으로 p-type 투명 반도체 소재를 찾는 연구도 활발히 진행되고 있다[4]. 이 밖에도 칼코게나이드 등도 가능성이 있는 재료로서 연구가 진행되고 있다.

절연체의 경우에는 새로운 소재를 개발하는 것보다는 지금까지 활용되어온 소재 중에서 주어진 투명 반도체와 같이 사용되어 가장 좋은 특성을 보이는 재료를 선정하는 연구가 진행되고 있으며 양산성을 고려하여 실리콘 산화막이나 실리콘 질화막이 가장 많이 연구되고 있다[5].

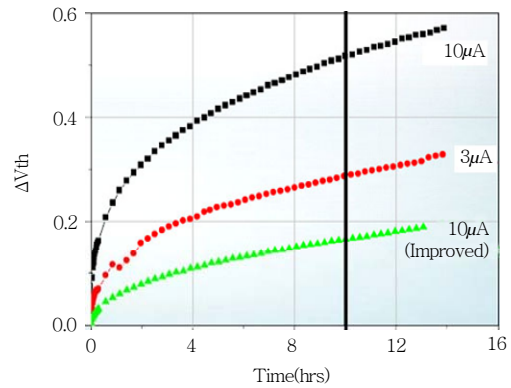
투명전도체는 지금 현재도 많은 응용 시장을 가지고 있기 때문에 많은 연구가 진행되고 있다. 특히 현재 가장 우수한 특성을 가지고 있으면서 많이 사용되고 있고 가격 문제를 가지고 있는 ITO를 대체하기 위한 연구가 활발하다. 투명전자소자에 쓰이기

위한 투명전도체의 경우 그 저항값이 금속배선과 거의 같은 정도로 낮아야 하기 때문에 새로운 구조나 물질을 사용한 접근법이 필요하다. 현재로는 얇은 금속층을 투명전도체 사이에 삽입한 형태가 많이 연구되고 있다. 또한 투명반도체와 접합되어 접합저항이 작아야 할 필요가 있는 경우에 대하여 접합 저항을 낮추기 위한 연구도 필요하다.

투명전자소자를 제조하기 위한 공정개발에서 가장 문제가 되고 있는 것은 투명전자소자를 구성하고 있는 물질이 주로 산화물이라는 것이다. 거의 비슷한 성분을 가지고 있기 때문에 식각시 선택비를 확보하는 것이 쉽지 않다. 또한 대부분의 산화물이 고온공정을 거쳐야 안정된 특성을 보이는 것이 많기 때문에 적절한 저온 공정(값싼 유리기판을 활용하기 위해서는 최대 250°C 이하의 공정온도가 필수적임)을 확보하는 것도 중요한 문제이다[6]. 또한 포토리소그라피 공정에서 투명한 기판, 소재를 사용하기 때문에 생기는 문제도 해결하여야 한다.

TTFT 소자 기술에서 가장 중요한 부분은 안정성의 확보이다. Si 이외의 소재를 사용하는 경우에 가장 문제가 되는 부분이 Si 소자가 달성한 것과 거의 유사한 정도의 안정성을 확보할 수 있는가 하는 문제이다. 상대적으로 안정적인 구조를 가진 것으로 알려진 산화물이지만 여러 가지 공정상의 제약 조건을 만족시키면서 동시에 안정성을 확보하는 것이 필요하다. 소자 성능에 있어서는 현재 Si 계열의 소자로서 TFT로 가장 우수한 성능으로 보이고 있는데, 현재의 연구결과를 보면 상당히 가능성이 많다고 생각된다. (그림 6)은 LG 전자에서 발표한 IGZO-TFT의 bias stress에 대한 안정성 실험결과이다. AMOLED 구동에 해당되는 전류에 대하여 문턱전압의 이동값이 매우 적음을 알 수 있다[5].

투명전자소자를 제작하기 위한 기술과 설계 기술은 대면적 소자를 제조한다는 측면에서 기존의 평판 디스플레이 제조 기술 및 설계 기술과 거의 유사한 측면이 많다. 하지만, 투명전자소자의 경우 디스플레이 이외의 분야에도 응용될 가능성이 많기 때문에



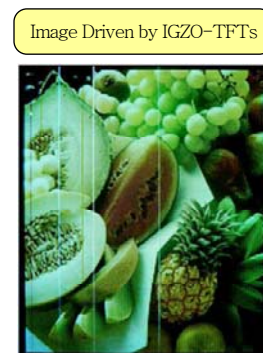
(그림 6) Bias Stress에 따른 IGZO-TFT의 특성 변화

좀 더 다양한 분야에 대한 설계 기술이 필요하다고 하겠다.

2. 국내 기술 개발 동향

국내에서는 현재 일부 기업과 연구소, 학교 등에서 연구가 시작되고 있으며 정부 과제 형태를 띤 연구 개발도 활발히 진행되고 있다. 기업으로는 LG 전자, 삼성 SDI, 삼성전자, LG 화학 등이 연구를 진행하고 있으며 ETRI, KIST, 광주과학기술원, 그리고 연세대, 한양대, 광주과학원, 경북대, KAIST 등 여러 대학, 연구소에 연구가 진행되고 있다.

주로 연구되고 있는 분야는 가장 먼저 응용가능성이 높다고 생각되는 TTFT에 대한 것으로 많은 연구기관에서는 투명전도체 대신에 금속을 사용하여 산화물 반도체만을 이용한 산화물 트랜지스터의 형태로 연구개발이 진행되고 있다. (그림 7)은 LG



(그림 7) IGZO-TFT로 구동된 AMOLED 패널

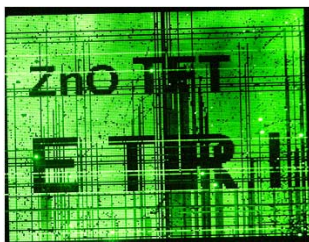
전자에서 올해 SID에서 발표한 IGZO-TFT 구동 AMOLED의 패널 모습이다. 3.5인치급 QCIF+ 패널에 대하여 우수한 구동 능력을 보여주고 있다[5].

한편 ETRI에서는 투명한 형태의 AMOLED 패널을 2006년 이후 발표하고 있다. (그림 8)은 올해 e-MRS에 발표한 ZnO-TFT 구동 투명 AMOLED로서 투명 배선을 적용하고 투명 OLED 기술을 적용하여 패널 투과도가 60% 정도인 패널을 구현하였다[7].

최근에는 이러한 소자를 이용하여 AMOLED를 구동하는 시제품을 디스플레이 분야 우수 학회에 선보이고 있어서 응용 분야에 있어서는 우리나라가 세계에서 가장 앞선 성과를 보여주고 있다[5].

이렇게 앞선 성과를 보여주고 있지만, 원천 소재에 대한 것은 일본, 미국 등 선진국에 의존하고 있는 등 원천 기술 확보에 대한 연구가 미진한 상태이다. 다른 차세대 반도체, 디스플레이 개발 연구 분야와 마찬가지로 투명전자소자 분야에 있어서도 응용 분야 연구와 더불어 원천 기술 분야 연구에 힘을 써야 할 것이다.

TTFT 이외에 투명 전극으로 사용될 투명전도체에 대해서도 디스플레이 분야의 연구과제로 활발한 연구가 진행중이지만, 투명전자소자에 사용되기 위해서는 기존의 디스플레이에 사용되는 투명전극보다 더 뛰어난 특성이 요구되기 때문에 연구개발 방향에 대한 추가적인 고려가 필요한 상황이다.



(그림 8) ZnO-TFT로 구동된 투명 AMOLED 패널

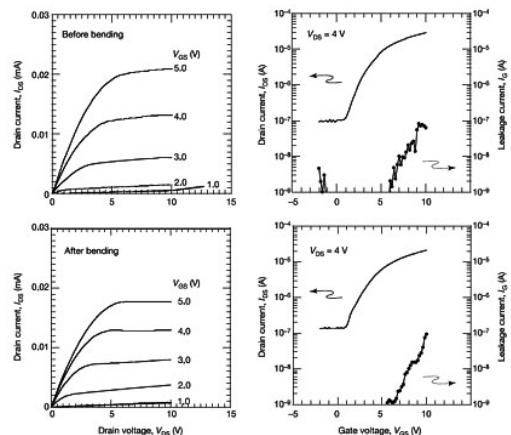
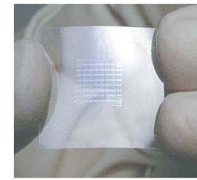
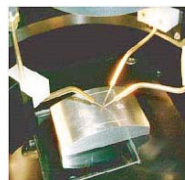
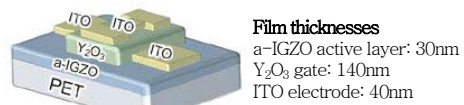
3. 국외 기술 개발 동향

투명전자소자는 미국은 NSF, DARPA, 기업, 유럽에서는 국가와 기업, 일본에서는 NEDO 프로젝트

및 정부 지원 하에 산학연에서 원천 기술 확보에 주력하고 있으며, 디스플레이 및 전자소자의 응용가능성을 발표하고 있다.

미국에서는 Oregon 주립대학을 중심으로 2000년대 초부터 TTFT에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔다. 특히 ZnO 계열의 TTFT에 대해서는 다수의 원천 특허를 확보하고 있고, 특히 HP가 이러한 원천 특허를 대부분 인수하여 산업화에 힘쓰고 있는 상황이다.

일본에서는 동경공대를 중심으로 1990년대 후반부터 여러 가지 형태를 가지는 투명반도체에 대한 연구가 활발히 진행되어 왔으며 (그림 9)에 나타나 있는 것처럼 특히 2004년에는 비정질 형태를 띤 투명반도체를 이용한 TTFT를 플라스틱 기판 위에 구현함으로써 전세계적으로 큰 주목을 받았다[8]. 현재는 Canon, DNP, Casio 등 여러 업체들이 학계와 연계하여 응용 제품 개발에 박차를 가하고 있다.



(그림 9) 플라스틱 기판 위에 구현된 투명트랜지스터의 특성

유럽에서는 포르투갈, 독일 등을 중심으로 주로 학교나 연구소 차원에서 원천 기술 확보를 위한 연구가 진행되고 있다.

최근 HP에서는 언제 어디서나 항상 연결되는 무선 허브를 통하여 구현될 2012년 미래의 신개념의 모바일 제품을 소개했으며, 핵심 기술이 무선 허브와 투명디스플레이였다[9].

이때 소개된 제품을 소개하면, 모바일 환경의 핵심이 되는 손목시계 형태의 무선 허브와 투명디스플레이((그림 10) 참조), 개인 사용 모바일 PC의 가장 이상적인 형태라 할 수 있는 기존의 노트북 및 태블릿 노트북이 더욱 발전된 형태의 것으로 웹 기반의 트렌드가 형성되면서 더욱 얇은 형태를 가지게 되는 울트라 썬 & 라이트 노트북((그림 11) 참조), 그리고 태블릿 또는 썬 클라이언트를 장착하면 커피 테이블 상단이 커다란 디스플레이 역할을 하게 되어 공용의 디스플레이로서 협업에 사용될 수 있으며 충전기 베이스의 역할도 하는 디지털 커피 테이블((그림 12) 참조) 등이다.



(그림 10) 손목시계 형태의 무선허브 및 투명 디스플레이



(그림 11) 태블릿 및 썬 클라이언트



(그림 12) 디지털 커피 테이블

이렇듯 해외에서는 원천 기술 분야와 신개념의 투명전자소자 응용 분야에 대하여 앞선 기술력을 가지고 있으며 이러한 장점을 활용한 연구가 주로 이루어지고 있다.

이렇듯 해외에서는 원천 기술 분야와 신개념의 투명전자소자 응용 분야에 대하여 앞선 기술력을 가지고 있으며 이러한 장점을 활용한 연구가 주로 이루어지고 있다.

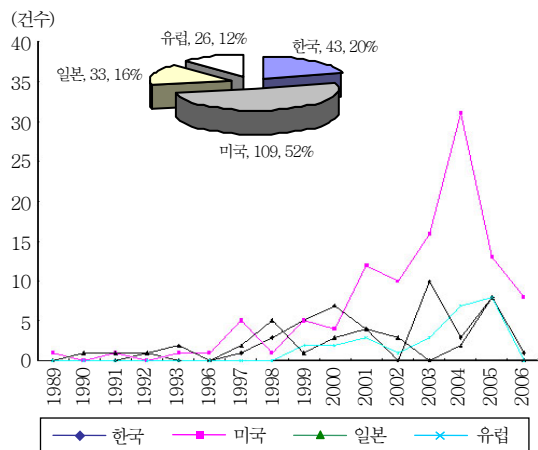
IV. 투명전자소자 특허맵 분석

1. 투명전자소자 분야의 특허 동향

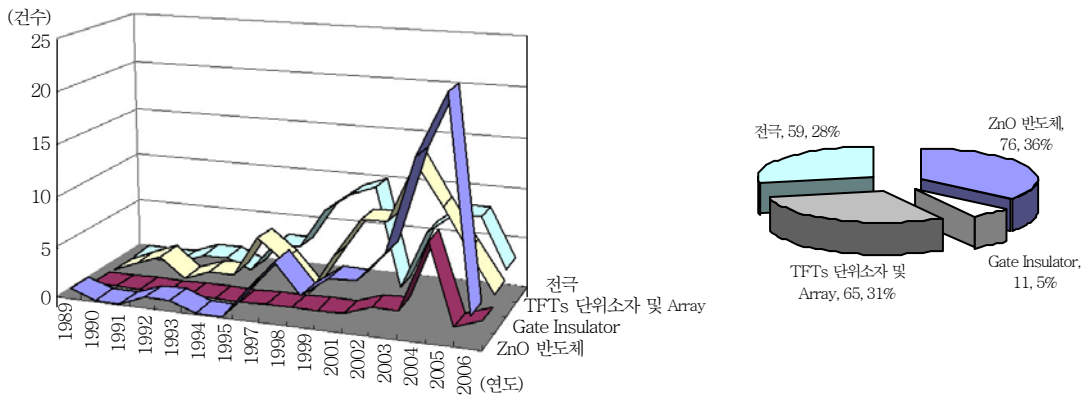
전체특허 출원 동향을 보면, (그림 13)에 나타나 있는 것처럼 미국특허는 1995년 이후 투명소자 기술 분야 전반적으로 특허가 증가하는 추세를 보이고 있으며, 일본특허의 경우 1990년 이후 꾸준한 특허 출원을 보여주고 있고, 한국특허의 경우 1990년 후반부터 증가세를 보이고 있는 등 전반적으로 1990년 이후 지속적인 증가세를 보이고 있다.

최근의 특허출원 증가시점은 미국의 Hewlett-Packard사가 다량의 특허를 출원하기 시작한 2003년 이후로 볼 수 있으며, 특히 미국특허에서 반도체 제조 및 물성제어 기술에 대한 특허 출원이 급증하면서 전반적인 증가세를 보이고 있다.

(그림 14)에서 알 수 있듯이 ZnO 반도체 기술이 전체 기술에서 76건, 36%의 비율로 가장 큰 비중을



(그림 13) 투명소자 분야 전세계 연도별 출원 (등록+공개) 동향



(그림 14) 투명소자 기술의 기술별 출원동향

차지하였고, 기타 기술로는 TFT 단위소자 및 array 기술이 65건, 31%, 전극기술이 59건, 28%의 점유율을 보인다.

기술 수명상 미국특허, 일본특허, 한국특허 및 유럽특허 전체는 기술 발전기 단계에 위치하고 있고, 특히 미국특허는 타 국가특허와 마찬가지로 동일한 발전기 단계에 있음에도 불구하고 타 국가특허와 비교하여 양적으로 보았을 때 50% 이상의 특허 출원을 하여 전반적으로 연구 개발이 활발하다.

ZnO 반도체 기술의 국가 간 최근 특허출원 동향은 유사하며, 미국특허는 2000년부터 급격한 증가세를 보이고 있고, ZnO 반도체 기술은 일본과 유럽에서 2005년에 가장 많은 출원이 이루어졌다.

저저항 배선 기술은 일본 출원특허가 26건, 59%로서 가장 큰 비율로 점유하고 있고, 미국이 8건, 18%로 그 뒤를 차지하였고, 저저항 배선 기술은 주로 재료 기술과 장치 기술, 장치를 이용한 공정 기술이 주류를 이루며 일본 국적의 출원인에 의한 특허출원이 대부분이다.

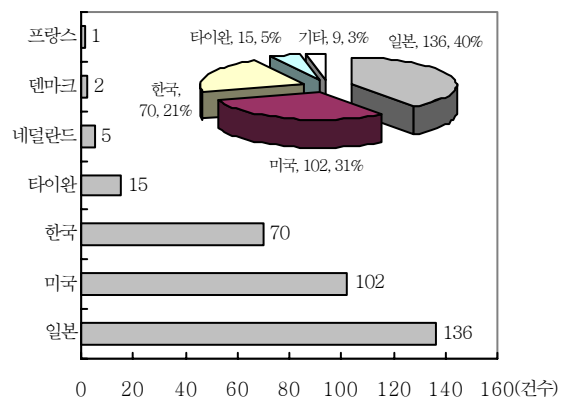
응용(스마트 창) 기술은 미국 특허출원이 57건, 59%로 가장 큰 비율을 점유하고 있고, 미국특허의 경우, 1982년 이후 응용(스마트 창) 기술 분야 특허가 급격히 증가하였으며, 한국, 미국, 유럽특허의 경우, 1982년 이후 꾸준한 특허출원을 보여주고 있으며, 1990년 출원된 이래 현재까지 꾸준히 출원을 하고 있는 대표적인 다출원인자인 GENTEX에 의해 주도되고 있다.

소분류 기술별로는 반도체 제조 및 물성제어 기술이 66건, 87%, ZnO 반도체 기술은 미국이 39건, 51%, 저전압 구동 제어 기술이 7건, 64%의 비율로 각각 가장 큰 비율을 점유하고 있다.

TFT 단위소자 및 array 기술은 미국이 42건, 65%의 비율로 가장 큰 출원을 하였고, 미국특허의 점유율이 42%로 가장 활발하였으며, 한국이 10건, 15%로 그 뒤를 잇고 있다.

투명전자소자 특허출원에 있어서는 (그림 15)의 결과처럼 일본출원인이 136건, 40%, 한국특허출원은 한국출원인이 31건, 69%, 미국특허출원은 미국출원인이 82건, 41%, 일본특허출원은 일본출원인이 23건, 57%, 유럽특허출원은 일본출원인이 26건, 60%로 각각 가장 큰 비율을 차지하고 있다.

전체 최다 출원인으로는 Hewlett-Packard(발명



(그림 15) 투명소자 기술의 출원인 국적별 출원동향

자: Hoffman Randy L.D)사이고, 미국특허의 주요 출원인별은 Hewlett-Packard사이며, 한국특허의 최다 출원인은 Samsung Electronics Corp.이며, 일본특허의 최다 출원인은 Canon 및 Japan Science & Technology 이다. Japan Science & Technology의 경우, 출원인이 개인 발명자(Kawasaki 등)로 출원된 경우가 많아 Canon과 함께 대표적인 다출원인이었다.

미국특허에서의 ZnO 반도체 기술에서의 최다발명자 1위인 Hoffman, Randy는 gate insulator 기술에서도 최다발명자 2위를 차지하였고, 세부 기술 ZnO 반도체 분야에서는 Hoffman, Randy와 Hosono Hideo가, gate insulator 분야에서는 Mardilovich와 Hoffman, Randy 등이 다출원 발명자였다.

국가별 경쟁력 비교 분석 결과, 특허활동지수 분석을 통해 미국출원인들은 gate insulator 기술에서 독보적인 연구 활동을 수행하고 있으며, 일본출원인은 ZnO 반도체 기술과 전극 기술에서 연구 수행을 하고 있어 주로 미국, 일본이 투명소자 기술 분야의 연구개발 활동을 주도하고 있다.

미국특허 인용관계 분석을 통한 기술위치 결과, 기술자립도(TI) 1위는 미국이었고, 미국을 중심으로 국가간 기술흐름이 진행되고 있음을 알 수 있고, 전반적인 지표 지수 및 통계분석 결과 미국 출원인의 기술성, 시장성 분야에서의 경쟁력 정도가 크게 나타나고 있다.

2. 투명전자소자 분야의 특허 확보 방안

투명전자소자 분야의 경우 짧은 연구 기간에도 불구하고 상당히 많은 양의 원천 특허가 이미 설정되어 있기 때문에 이러한 선행 특허를 회피하기 위한 특허 확보 방안이 필요하다.

ZnO 기반 투명 반도체 소재의 경우 3성분계 화합물 반도체(ZnSnO, MgZnO, CdZnO)에 추가적인 치환을 통하여 n-type 혹은 p-type 전기 전도 특성을 개선하는 부분이 공백 기술 분야이다.

비 ZnO 기반의 투명 반도체 소재의 경우에는 In₂O₃나 SnO₂ 등의 산화물 반도체에 대해 조성 조

절/도핑 치환 등을 통한 특성 개선에 대하여 특허화할 수 있는 부분이 남아 있다.

절연막 기술에 대해서는 누설 전류 개선과 관련된 물질 도핑, 캡핑층 증착, 고유전율 복합 박막 형성 등이 유력한 특허 확보 가능 기술 분야이다.

전극용 재료에 대해서는 비 ITO계 투명 전극용 재료 기술 분야에서 ZnO 계열에서 기존에 알려진 Al, Ga, In, B 이외에 추가적인 도핑이나 구조적인 치환을 통하여 안정된 특성을 보이는 재료에 대한 개발이 필요하다.

투명전자소자를 이용한 시스템 응용 분야에 대한 개념 특허나 설계에 대한 특허는 현재 그렇게 많지 않기 때문에 이 분야에 대하여 원천 특허를 신속히 확보하는 것도 중요한 특허 확보 전략이다.

V. 맺음말

투명전자소자에 대해서는 일부 기술을 기존의 기술과 접목시켜 사용하는 경우와 새로운 형태의 응용 기술을 개척하는 경우의 두 가지 연구 방향이 있을 수 있다. 전자의 경우에는 투명도에 대한 강조보다는 기존의 소자들과 비슷한 성능을 내면서 좀 더 안정성이 뛰어난 소자의 개발이 요구되며, 후자의 경우에는 새로운 개념의 정립을 통해 기존의 반도체 소자가 가지지 못하는 투명성이라는 특성을 최대한 활용한 소자 구조나 회로 구성을 가지도록 기술 개발 방향을 선택하여야 한다.

그런데 실제로는 위의 두 가지 연구 방향이 서로 다른 것이 아니라 시간적으로 가까운 시일 내에 응용이 가능한 분야와 시장 형성에 있어서 좀 더 장기적인 개발이 필요한 분야로 생각하여 기술 개발이 이루어지는 시간축 상에서 나누어지는 것으로 생각하는 것이 타당하다.

그런 의미에서 투명전자소자 기술의 핵심은 안정성이 뛰어난 투명반도체 물질의 개발 및 적용에 있기 때문에 이러한 투명반도체 물질은 생산성과 기존의 공정에서 쉽게 적용이 가능한 공정 적합성을 가지고 있어야 한다. 따라서 투명전자소자 기술을 개발

함에 있어서 기존의 반도체 소자 개발 과정에서 쌓여온 노하우를 활용하여 최대한 개발 시간을 단축하고 시행착오를 줄이는 방법을 사용해야 한다.

그리고 국내에서 연구기관별로 추진되고 있는 연구 역량을 집중하여 원천/응용/생산기술 측면에서 국가 경쟁력을 확보하기 위한 지원이 필요하다. 특히 투명전자소자 분야의 경우 상대적으로 새롭게 연구가 시작된 분야이고 원천기술의 확보가 다른 분야에 비하여 가능성이 높다고 판단되기 때문에 원천 기술 분야에서 특허를 확보하기 위한 노력이 절실하다.

● 용어해설 ●

투명반도체: 주로 산화물로 이루어진 반도체로서 광학적 밴드갭이 가시광선의 에너지(~3.1eV) 보다 크기 때문에 가시 광선 영역에서 투명한 특성이 있다. 주로 사용되는 물질은 ZnO, InO, SnO 등이며 이들의 조합으로 이루어진 화합물 형태도 있다. 지금까지는 주로 각종 센서나 광학소자 등에 사용되어 왔으나 최근 TFT로의 응용이 활발히 연구되고 있다.

TFT(Thin Film Transistor): 전자회로에서 스위칭 소자의 역할을 하는 트랜지스터의 일종으로 액티브층이 박막 형태로 증착되기 때문에 박막 트랜지스터(thin-film transistor)라고 부른다. 박막형태로 구성되기 때문에 다양한 기판상에 형성이 가능하며 액티브층에 따라 여러 종류의 TFT가 있다. TFT-LCD에 쓰이는 a-Si TFT의 경우에는 비정질 실리콘 물질이 사용되며 이밖에도 다결정 실리콘을 사용하는 poly-Si TFT와 유기물을 사용하는 organic TFT, 최근에는 산화물을 사용하는 oxide(transparent) TFT가 있다.

약어 정리

AMOLED	Active-Matrix Organic Light Emitting Diode
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CRT	Cathode Ray Tube

ITO	Indium Tin Oxide
LCD	Liquid Crystal Display
NSF	National Science Foundation
PDP	Plasma Display Panel
TTFT	Transparent Thin-Film Transistor

참고 문헌

- [1] Minority Report, Directed by Steven Spielberg, 20th Century Fox, 2002.
- [2] The Island, Directed by Michael Bey, Dream Works, 2005.
- [3] 황치선, "Oxide TFT," 능동형 유기발광 디스플레이 기술개발 현황 세미나 proceeding, Chapter 4, 2007.
- [4] Hideo Hosono, "Recent Progress in Transparent Oxide Semiconductors: Materials and Device Application," Thin Solid Films, Vol.515, 2007, pp.6000-6014.
- [5] H.N. Lee, J.W. Kyung, S.K. Kang, D.Y. Kim, M.C. Sung, S.J. Kim, C.N. Kim, H.G. Kim, and S.T. Kim, "3.5inch QCIF+ AM-OLED Panel Based on Oxide TFT Backplane," SID proceeding, Vol.68, No.2, May 2007.
- [6] 송이현, "Amorphous GaInZnO(GIZO) Thin Film Transistors For OLED Applications," 산화물 트랜지스터 워크샵 proceeding, Chapter 2, June 2006.
- [7] Sang-Hee Ko Park, Chi-Sun Hwang, Jeong-Ik Lee, Chun Won Byun, Hye Yong Chu, Hu Young Jeong, Sung-Yool Choi, Kyoung Ik Cho, Jong Yun Kim, and Tae Hyun Yoon, "Transparent AM-OLED Display Driven by ZnO-TFT," e-MRS proceeding, 2007.
- [8] Kenji Nomura, Hiromichi Ohta, Akihiro Takagi, Toshio Kamiya, Masahiro Hirano, and Hideo Hosono, "Room-temperature Fabrication of Transparent Flexible Thin-film Transistors Using Amorphous Oxide Semiconductors," Nature, 2004, p.488.
- [9] HP 모바일 이노베이션즈 투어(Mobile Innovations Tour), 2007.