

# AMOLED용 산화물 TFT 기술

박 상 희 (한국전자통신연구원 융합부품소재연구부문 신소재/소재연구부 산화물전자소자연구팀)

## I. 서 론

자발광형 디스플레이로서 저전압 구동이 가능하고 종이와 유사한 두께로 제작이 가능하며 동작속도가 매우 빠를 뿐만 아니라 감성적인 색구현이 가능한 OLED는 아이폰의 열풍과 함께 스마트폰의 발전에 힘입어 모바일용 디스플레이에서 AMOLED 소자로 빠른 성장세를 보이고 있다. 최근 OLED의 가장 큰 관심 분야는 모바일용 디스플레이와 대면적 TV, 그리고 OLED 조명이다.

모바일용 응용에서는 레티나 디스플레이의 출현과 함께 해상도를 증가시키는 것이 최고 이슈로서 현재 200~250dpi에서 300 혹은 그 이상의 고해상도를 제작하면서 파워소비량을 줄여야 하는 기술적인 문제가 있다. 최근 SMD에서 올 연말 내에 FHD 급의 해상도를 갖는 제품을 출시할 것이라 발표했다. 모바일용으로 OLED를 고해상도 제품으로 만드는 것은 TFT (thin film transistor) 보다는 OLED 화소 형성의 어려움에 기인하는 것으로 기존의 fine metal mask (FMM) 법을 사용하지 않고 LITI 기술로 화소를 형성하거나 white OLED 상에 color filter를 형성하여 (color by white) 구현 할 수 있다. 현재 모바일용 OLED의 TFT는 LTPS (Low temperature polysilicon) TFT가 사용되고 있으며 5.5세대까지 양산이 가능한 상태이다.

대면적 TV의 경우는 OLED 증착 장비도 개발되지 않았지만 backplane 제조 기술도 확정된 것이 없는 실정이다. 이는 OLED 소자를 통해 흐르는 전류 양에 비례하여

휘도가 증가하는 전류 구동 소자의 특성 상 TFT의 전기적 안정성이 반드시 확보되어야 하는데 대면적 공정이 가능하면서도 전기/광학적으로 안정한 TFT를 제작하는 기술이 개발되지 않았기 때문이다.

조명으로서의 OLED는 무엇보다도 수명과 가격의 이슈와 함께 아직까지는 효율/수명/가격으로 인해 니치마켓 밖에는 기대할 수 없는 상황이다.

본 장에서는 최근 디스플레이에서 가장 화두가 되고 있는 대형 AMOLED TV 기술 중에서, OLED 구동소자로서 최근 5여년 사이에 급속도로 기술의 발전을 이룩하여 주목받고 있는 산화물 TFT 기술에 대해서 간단히 소개하고자 한다.

## II. 산화물 TFT 기술 개요

### 1. 산화물 TFT 기술 개요

a-Si TFT는 LCD의 대표적인 구동 소자로서 비록 전자 이동도는 양산소자의 경우  $0.5\text{cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$  이하로 낮으나 이 정도의 이동도로써도 60인치 급 TFT-LCD 구동에는 사용이 가능하고 특히 대면적에서의 특성 균일성 및 공정의 단순함, 공정의 우수한 재현성 등으로 최근에는 중국에서도 쉽게 대면적화(8세대급) 기술을 재현할 수 있을 정도로 기술의 성숙도가 높다. 그러나 TV의 대형화, 고해상도, 3D TV로의 진화에 따라 TFT-LCD에 필요한 TFT 특성도 a-Si TFT보다 훨씬 더 높은 고이동도 소자를 요구하고 있다. 특히 무안경식 3D TV 용의 TFT 이동도는 적어

[표 1] 디스플레이용 TFT 특성 비교표

	a-Si:H TFT	LTPS TFT	Oxide TFT
mobility (cm <sup>2</sup> /V.s)	~ 1	~100	~ 30
uniformity	good	poor	good
stability	poor	very good	good
light stability	poor	good	Better than a-Si
TFT type	NMOS (LCD)	NMOS (LCD) PMOS (OLED)	NMOS (LCD,OLED)
TFT mask steps	4~5	5~11	4~5
process temp.	150 ~350°C	350 ~450°C	150 ~400°C
Cost/yield	low/high	high/low	low/high
possible display mode	LCD, e-paper	high resolution LCD OLED	LCD, OLED, e-paper
scalability	Gen. 10	Gen. 5.5	Gen. 10
merits	high uniformity	high stability	low off current no hot carrier effect

도 30cm<sup>2</sup>/V.s 이상을 요구하게 될 것이라고 기대한다. 이에 따라, 대면적 공정에서 고이동도 특성을 균일하게 가질 수 있는 신규 TFT를 요구하게 되었으며 이에 대한 방안으로 산화물 TFT가 연구되고 있다.

반면, 고이동도(100cm<sup>2</sup>/V.s)와 고안정성을 갖는 LTPS TFT는 모바일용 AMOLED의 구동 소자로서 양산되고 있지만 8세대 이상의 장비, 공정 등이 아직 결정되지 않았으며 또한 결정화 단계의 긴 공정시간 및 laser crystallization, doping, activation, 양질의 SiO<sub>2</sub> 절연막 등 고가의 공정으로 인해 가격 경쟁력을 갖지 못하는 것이 사실이다. 그러므로 대면적에서 저가격 공정이 가능하고 전기적 특성이 우수한 산화물 TFT를 필요로 하고 있다. 산화물 TFT 공정은 기존의 a-Si TFT 라인의 minor 한 변경만으로도 제작이 가능하기 때문에 초기 투자 비용이 적고 5 마스크 공정으로 제작이 가능하므로 가격 경쟁력이 있다.

산화물 반도체는 기본적으로 화합물 반도체이기 때문에 각 성분 원소의 vacancy, interstitial, substitutional 등이 모두 결합으로 작용한다. 또한 다른 원소 특히 수소의 존재도 결합으로 작용한다. 실제로 Oxide 반도체의 전기적 특성을 일차적으로 좌우하는 것은 산소의 결핍과 관련된 결합과 수소 도핑이 주요한 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다.<sup>1</sup> 산화물 반도체는 주로 n type으로서 산소의 결핍과 도핑된 H가 주된 n type 캐리어로 여겨지고 있다.<sup>2</sup>

산화물 반도체가 비정질 상태에서도 큰 이동도 특성을 보이는 것은 우선 conduction band의 주 구성요소가 금속

의 s 오비탈이어서 bond angle의 의존성을 덜 보이기 때문인 것으로 설명한다.<sup>3</sup> 산화물 반도체의 독특한 특성으로 캐리어 농도와 이동도의 관계이다. 특정 농도까지는 캐리어 농도가 높을수록 이동도도 함께 높아지고 일정 농도 이상에서는 온도에 무관한 이동도 특성을 보인다. 이는 비정질 반도체의 conduction band mobility edge 근처에 에너지 배리어가 존재하여 이에 전자 이동이 영향을 받다가 percolation 방식으로 배리어를 넘으면 전도가 일어나기 때문인 것으로 보고된다.<sup>4</sup>

산화물 TFT의 초기 연구는 주로 반도체 조성의 탐색과 다양한 구조에서의 특성 확보, 반도체 박막의 형성방법, 그리고 소자의 stability에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위한 것에 초점이 많이 맞추어졌다.<sup>5-7</sup> 전기적 안정성을 확보하기 위한 많은 이슈들이 해결된 이후에는 광안정성에 대한 새로운 문제가 불어났으며<sup>8</sup> 이 또한 최근에는 해결방안들이 제시됨으로써 산화물 TFT의 OLED 구동소자로서의 특성이 차츰 검증되고 있다. 현재는 LGD에서 8세대형 AMOLED TV를 개발하기 위해 산화물 TFT 연구가 활발히 진행되고 있으며 LTPS TFT를 주로 사용하고 있는 SMD에서도 대면적 TV 용 backplane으로 산화물 TFT를 개발하고 있다

## 2. AMOLED 용 산화물 TFT의 개발 현황

산화물반도체 박막트랜지스터는 고이동도, 소자 특성의 균일성 및 동작 안정성으로 인해 차세대 대면적 AMOLED의 백플레인 소자로서의 적용 가능성을 크게 높이고 있다. 한국전자통신연구원이 2005년 IDW에서 ZnO를 채널로 사용한 TFT로 AMOLED 패널을 세계 최초로 발표한 이후 LG 전자, 삼성 중기원, SMD, 소니, SEL, AUO 등에서 IGZO TFT로 구동하는 AMOLED를 발표하는 등 지난 3~4년간 산화물 반도체 박막트랜지스터를 적용한 AMOLED 패널에 대한 시연 및 연구 결과가 크게 증가하고 있다. [표 2]는 각 기관에서 발표한 AMOLED를 요약 정리한 것이다. 표에서 볼 수 있듯이 산화물 TFT는 AMOLED 패널 뿐만이 아니라 투명디스플레이 그리고 플렉시블 디스플레이로 적용됨으로써 그 응용성을 확대하고 있다. 그러나 AMOLED 디스플레이

[표 2] 산화물 TFT로 구동한 AMOLED 패널 개발 현황

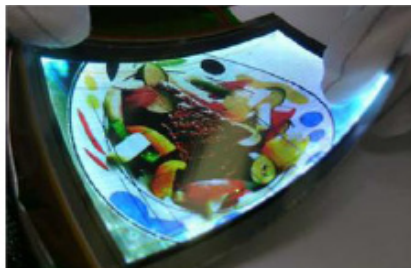
연도	구조/반도체	이슈	발표기관
2005	Bottom gate/ZnO	ALD 법 사용, 세계 최초 oxide TFT driven AMOLED	ETRI (IDW)
2006	Bottom gate/ZnO	세계 최초 투명디스플레이	ETRI (SID)
2007	Top gate/IGZO	3.5" QCIF 풀컬라 (top emission)	LG 전자 (SID)
2007	Bottom gate/IGZO	4.1" (etch stop layer:ESL 도입)	SDI (IMID)
2007	Bottom gate/IGZO	4" (BCE type), bottom emission	SAIT (IMID)
2007	Top gate/IGZO	3.5" flexible AMOLED (금속 기판 사용)	LG 전자 (IMID)
2007	Top gate/ZnO	3.5" QCIF 투명디스플레이 (PL 도입)	ETRI (E-MRS)
2008	ESL/IGZO	12.1" (WXGA)	SMD (SID)
2008	Top gate/ZnO	3.5" 고안정성 ZnO TFT, 산화물TFT 광안정성 보고	ETRI (SID)
2009	ESL/IGZO	4" QVGA (봉지층 공정 개선을 통한 안정성 확보)	SEL (SID)
2009	Bottom/ IZO	2.2" QQVGA 최첨 용액공정 AMOLED	SAIT (SID)
2009	Top & bottom/ AZTO	2.9" QCIF, (소자구조에 따른 TFT 특성)	ETRI (IMID)
2009	ESL/IGZO	19"qFHD (5T2C 구조, 고성능 대면적 AMOLED) 6.5" flexible AMOLED	SMD (FPD)
2010	ESL/IGZO	11.7"(고안정성 TFT, alumina 보호막 사용-스퍼터링)	SONY
2011	ESL/IGZO	3.4"qHD (전사법 이용, 소스및 게이트 드라이버 내장) Flexible display	SEL (SID)

패널의 백플레인 소자로서 산화물반도체 박막트랜지스터를 안정적으로 적용하고, 해당 기술로 제품을 양산하기 위해서는 다음의 요구 사양이 반드시 검토되어야 한다.

첫 번째는 게이트 전압(또는 정전류) 바이어스 스트레스 상황에서의 문턱전압 안정성이다. 이 특성은 주로 Gate Bias Temperature Stress(BTS)라고 불리며, AMOLED TV 세트 어플리케이션 실현을 위해서는 각 픽셀당 10 $\mu$ A의 온전류가 인가되는 상황에서 60°C, 100,000시간의 안정성 목표값을 만족해야 할 필요가 있다.

두 번째는 OLED가 발광되는 상황 또는 외광이 지속적

으로 유입되는 상황에서 일정한 전류를 흘리고 있는 트랜지스터 온상태의 동작 안정성이다. 이 특성은 Constant-Current light Stress stability(CCS)라고 불리며, 다양한 바이어스 상태 및 조광 조건에 따른 산화물반도체 박막트랜지스터의 CCS 동작 안정성 및 특성 변동 기구에 대한 연구 결과가 발표되고 있다. 산화물 반도체를 스퍼터로 증착하기 때문에 박막의 균일성에 대해서는 초반에 크게 우려하지 않았으나 실제로 다조성계 반도체 박막의 reactive sputtering 법에 의한 증착 시, 아직은 8세대 라인에서의 균일성 및 재현성 확보는 상품화의 가장 큰 걸림돌이 될



[그림 1] IGZO TFT로 구동한 플렉시블 AMOLED(좌:LG 전자, 2007)와 HflnZnO TFT로 구동한 14" AMOLED(우: SMD, 2011)

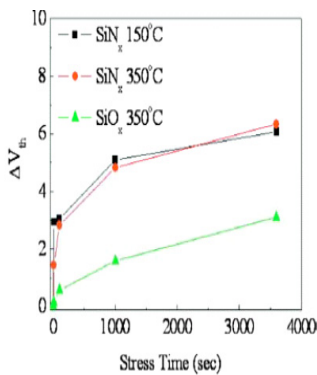
수도 있다.

### III. 산화물 TFT 기술 개발 이슈

#### 1. 산화물 TFT 의 특성에 영향을 미치는 요인

산화물 TFT의 특성은 이동도,  $V_{th}$ , off-current, on/off ratio, subthreshold swing(S.S), 그리고 bias/photo stability 등으로 규정짓는다. 이들의 특성은 게이트 전극, 절연막, 반도체, 소스/드레인 그리고 특히 Passivation에 의해서 총체적으로 결정된다. 그러므로 산화물 TFT의 특성 확보를 위해서는 양질의 게이트 절연막, 결합이 적은 산화물 반도체, 반도체와 절연막간의 interface에 결합이 없도록 잘 형성하고, 소스/드레인 전극의 적절한 선택과 배리어 특성이 우수한 패시베이션 막의 확보가 무엇보다도 필요하다. 그러면서도 산화물 반도체가 산소결합과 수소 도핑에 의해 전기적 특성이 영향을 받음으로 인해 특별히 반도체 형성 전후의 공정에 의한 산화물 반도체의 전기적 특성의 조절이 중요하며 또한 적절한 열처리 공정으로 비정질 이온결합성 반도체 박막의 막질을 향상 시키는 이슈가 있다.

우선, 게이트 절연막의 영향에 대해 살펴본다. [그림 2] 처럼 동일한 소자 구조에서 게이트 절연막의 charge trapping center는 transfer 특성에서의 히스테리시스 야기는 물론이고 positive bias stress 중에 지속적인 charge trapping를 야기함으로써 소자의  $V_{th}$  가 positive 로 계속 이동하는 instability를 보인다.<sup>9</sup>

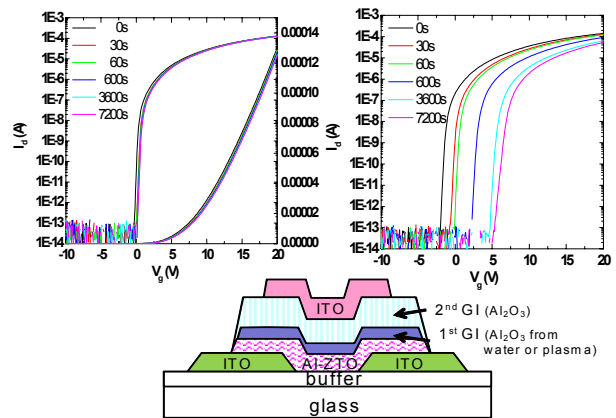


[그림 2] 절연막이 산화물 TFT의 신뢰성에 미치는 영향

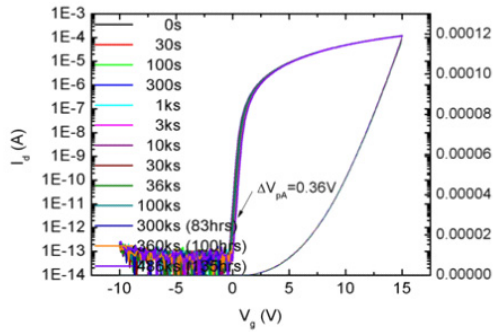
top gate 구조의 경우에는 게이트 절연막 증착 시 반도체에 결함을 야기하면 interface에서의 charge trapping에 의해 bias stability가 나빠진다. [그림 3]은 top gate AZTO TFT 제작 시, 반도체/절연막 계면을 형성할 때 산소 플라즈마를 도입한 것과 그러하지 않은 소자의 bias stability를 보여준다.<sup>10</sup> 플라즈마 공정에 의한 결함 생성은 적절한 열처리를 통해 회복이 가능하지만 경우에 따라서는 반도체의 전기적 특성 변화 혹은 S/D 과 반도체간의 계면 형성으로 인해 열처리가 충분히 진행되지 않을 경우 결함은 고스란히 bias instability의 원인으로 작용한다. 이때 염두에 두어야 할 것은 열처리 시 게이트 절연막으로부터 반도체내에 수소의 주입으로 인해 캐리어가 증가할 수 있다는 것이다.

절연막내의 산소 결함 역시 중요한 요소로 작용한다. 산화물 반도체와 산화물 절연막간의 inter-diffusion은 온도와 바이어스를 동시에 가할 때 발생하는 instability의 주요 요인이 될 수 있으므로 절연막은 절연막대로, 반도체는 반도체대로 stoichiometric하게 잘 형성하는 것이 매우 중요하다. 여태까지의 보고된 소자 특성을 비교 시 옥사이드 절연막이 나이트라이 절연막 보다 더 우수한 특성을 보인다. SiO<sub>2</sub>의 경우 SiH<sub>4</sub>로 형성한 절연막 보다 고온에서 TEOS로 형성한 SiO<sub>2</sub>가 더 전기적으로 우수한 특성을 보인다. ALD로 증착하는 알루미늄의 경우 150의 저온에서 증착해도 우수한 절연막 특성을 보이고 있다.

반도체 박막은 반도체 내의 donor(산소결합, H)의 조



[그림 3] bias stability of AZTO TFT ( $V_g=20V$ (좌) first GI from water (우) first GI from O<sub>2</sub> plasma

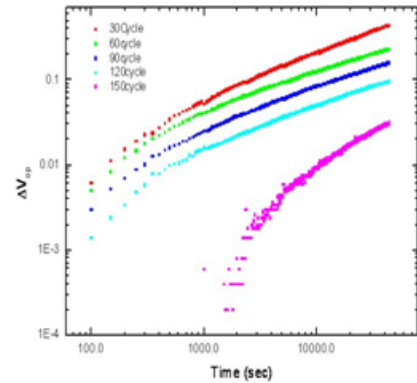
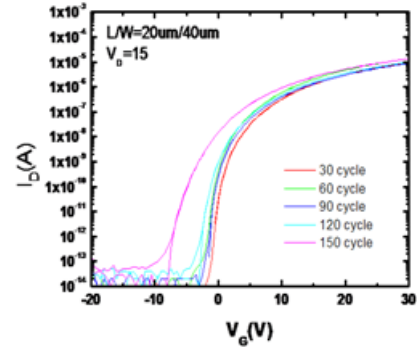


[그림 4] ZITO TFT의 정전류 스트레스하에서의 트랜스퍼 특성 변화

정, 양이온의 조성비(예: In/Ga 비), 그리고 반도체막의 두께에 영향을 받는  $V_{th}$ 의 조절이 무엇보다 중요하다. 최근 가장 많이 보고되고 있는 InGaZnO를 기반으로 하는 TFT의 경우 전기적인 안정성을 확보할 수 있는 조건에서 확보할 수 있는 소자의 이동도는  $10\sim 15\text{cm}^2/\text{Vs}$  정도이며 고해상도 AMOLED를 제작하기 위해 그 이상의 이동도를 얻기 위해서는 신규 조성의 반도체 확보가 필요한 실정이다. ETRI와 소니에서는 각각 전기적 안정성이 높으면서도 이동도가  $20\text{cm}^2/\text{Vs}$  이상을 보이는 ZITO TFT를 발표하기도 하였다.<sup>11,12</sup> 아래 그림은  $3\mu\text{A}$ 의 온전류가 흐르는 정전류 스트레스를 60도에서 135시간 가했을 때  $0.19\text{V}$ 의  $V_{th}$  이동량을 보여주는 ZITO TFT 특성을 보여준다.

AMOLED 용 산화물 TFT는 무엇보다도 전기적 신뢰성이 가장 중요한 요구특성이다.  $V_{th}$ 가  $0.1\text{V}$ 만 이동하여도 OLED 휘도는 20%의 변화량을 보인다. 현재까지 보고된 바에 의하면 산화물 TFT 구조 중에서 back channel etch(BCE)구조의 TFT는 ESL 구조에 비해 전기적 신뢰성이 떨어지므로 AMOLED 용 산화물 TFT 제작 시 반도체 상에 직접 S/D를 형성하지는 않을 전망이다. 이는 TFT-LCD용 산화물 TFT에 비해 반도체 박막의 화학적 안정성에 대한 요구사항은 낮은 것이다.

산화물 반도체의 증착 중의 산소 분압은 bottom gate TFT의 전기적 안정성에 많은 영향을 준다고 이미 잘 알려져 있다. 산소분압이 높을수록 게이트 절연막상에 charge trap center가 많이 발생하기 때문인 것으로 해석된다. 그러므로 반도체막 공정 시 산소분압의 최적화는 매우 중요한 요소이다.

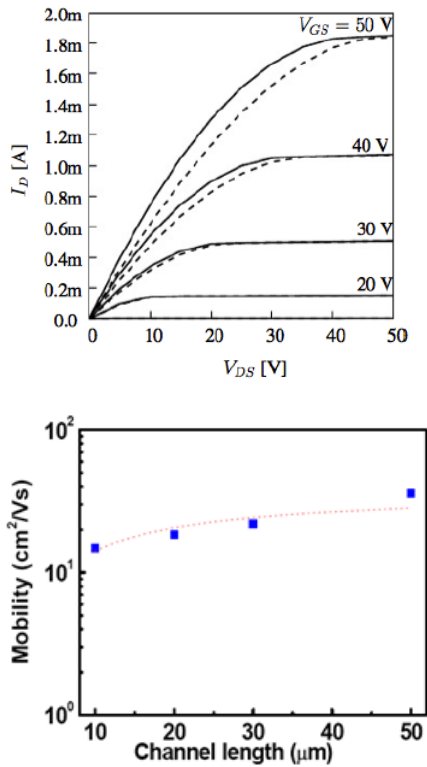


[그림 5] ZnO TFT의 두께별 트랜스퍼 특성(위)과 정전류 스트레스 하에서의  $V_{th}$  이동량(아래)

산화물 반도체 두께가 소자 특성에 미치는 영향으로는  $V_{on}$ , S.S, leakage current, 그리고 long channel과 short channel TFT의  $V_{on}$ 의 차이 등으로 구분되는데, 반도체 두께가 얇을수록  $V_{on}$ 은 0의 값에 가까워지고, S.S는 작아지며, off-current가 줄어들며, long channel과 short channel에서의  $V_{on}$ 의 차이가 줄어들어 확인되었다. 그러나 반도체의 두께는 소자의 전기적 안정성에 직접적으로 영향을 주므로 두께의 최적화가 필요하다.

반도체에 별도의 도핑 공정 없이 직접 소스/드레인과 접촉하게 되는 산화물 TFT의 경우 금속과 반도체의 band-offset이 큰 경우에는 접촉 저항을 유발한다. 반도체와 금속의 접합이 저항성분을 가지게 될 경우는 TFT의 이동도의 감소를 유발하고 다이오드형의 접합을 가질 경우는  $V_{ds}$  값이 작은 영역에서 output curve에서의 왜곡도 야기 시킨다. 이러한 접촉 저항은 short channel에서 더욱 두드러지게 된다.

전극의 선택은 대면적에서 소자 특성의 균일도에도 영



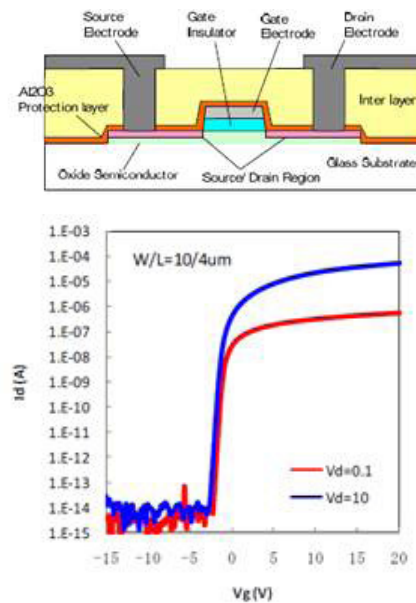
[그림 6] 반도체와 소스/드레인 전극사이의 접촉저항으로 인한 output curve 왜곡(위)과 접촉저항으로 인한 short channel에서의 이동도 감소(아래)

향을 미치게 되는데, 소니는 Ti가 반도체와 접촉하는 경우에 비해 Mo로 접촉하는 경우 TFT의 균일도가 더 좋다고 보고한 바 있다.<sup>13</sup> 디스플레이의 대형화와 고해상도는 backplane 전극의 저저항 특성을 요구하게 되고 이는 산화물 TFT에서도 Cu 기반의 전극 개발을 요구하고 있다. Cu 전극의 개발은 S/D 전극 형성 이후의 passivation 공정 과도 관련이 있는데 나중에 기술될 패시베이션 공정 시 SiO<sub>2</sub>를 증착할 경우 산화 분위기에 Cu가 노출이 되며 이는 Cu의 산화를 야기 시킨다. 그래서 self-protection layer를 형성 할 수 있는 Cu alloy에 대한 연구가 최근에 진행 중이며 그 중에서도 Cu-Mn을 사용한 TFT 특성에 대해 보고되었다.<sup>14</sup> 저저항 배선에 대한 연구는 앞으로도 계속 진행되어야 할 기술적인 이슈인 것으로 여겨진다.

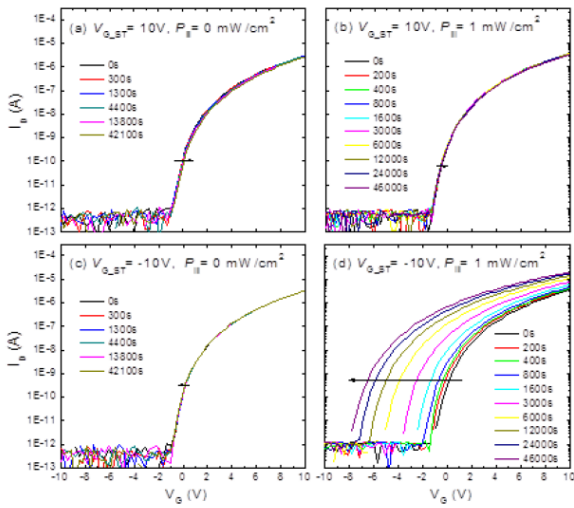
산화물 반도체는 공기 중의 O<sub>2</sub>의 흡착/탈착에 의해서, 또한 수분에서 공급되는 H에 따라서도 전기적 특성이 달라진다고 잘 알려져 있다. 이는 bias stress 중에는 더 악

화되는 현상이므로 산화물 TFT의 패시베이션막의 특성이 매우 좋아야 함을 알 수 있다. 통상적으로 고온에서 증착하는 절연막이 저온에서 증착하는 것에 비해 배리어 특성이 더 우수하다. 또한 SiO<sub>2</sub> 보다는 SiN<sub>x</sub>의 배리어 특성이 더 우수하다. 그럼에도 불구하고 SiN<sub>x</sub>을 배리어막의 first layer로 사용하지 못하는 것은 PECVD로 SiN<sub>x</sub>를 증착하는 과정에서 주입되는 수소에 의해 산화물반도체의 전기적 특성 조절이 불가하기 때문이다 그러므로 패시베이션막을 형성할 때는 first layer는 수소 주입이 적은 것으로, 그리고 second layer로 배리어 특성이 좋은 막의 이중 구조로 형성하는 것이 바람직한 것으로 알려져 있다.

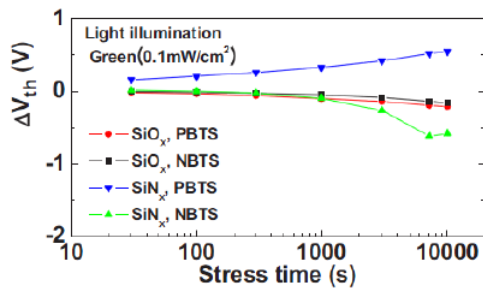
최근에 모바일 디스플레이나 대면적 디스플레이나 고해상도 패널의 제작은 중요한 이슈로 등장하고 있다. 디스플레이가 고해상도로 진화해 감에 따라 게이트 전극과 소스/드레인 전극간의 기생축전량의 최소화가 필요하며 이를 위해서는 self-aligned 구조가 가장 적절하다고 여겨진다. 산화물 TFT의 self-aligned 구조는 경희대에서 2007년도에 처음으로 발표하였다. ZnO를 사용하였고 S/D contact을 위해서는 B를 도핑 하였는데 이런 경우 열처리 시, 도핑시킨 B가 제거되면서 S/D과 active간의 contact



[그림 7] self-aligned oxide TFT 단면 구조(위)와 트랜스퍼 특성(아래):이동도 9.8cm<sup>2</sup>/Vs

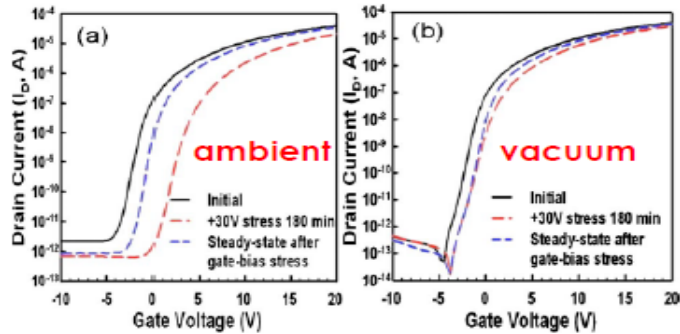
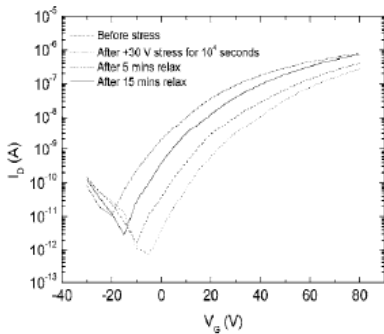


[그림 8] ZnO TFT의 빛과 바이어스 스트레스 조건에 따른 트랜스퍼 특성 변화

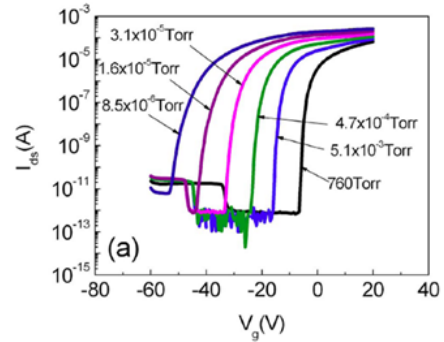


[그림 9] 절연막의 종류에 따른 IGZO TFT의 광불안정성

issue가 발견되었다. 그 이후 캐논에서는 패시베이션 막으로 증착하는 SiN 공정 중에 저질로 H가 IGZO상에 도핑 되도록 하여 전극을 형성하기도 했다.<sup>15</sup> 2011년에 소니에



[그림 11] (좌)ZnO TFT의 바이어스 스트레스 하에서의 instability(우) 게이트 바이어스 스트레스 후의 environment-dependent metastability of IGZO TFT



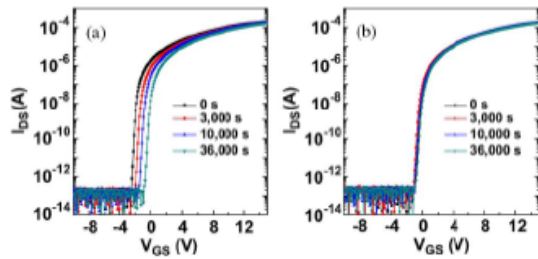
[그림 10] back channel에 O2의 흡착 정도에 따른 IGZO TFT의 Vth 변화량

서는 게이트 전극을 형성한 후에 알루미늄을 얇게 증착한 후 산소분위기에서 열처리하여 산화시켜 S/D 전극을 활성화시킴으로써 안정적인 self-aligned 소자를 구현했다.<sup>16</sup>

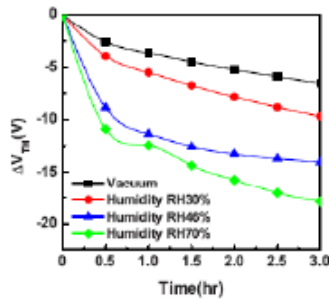
## 2. AMOLED 용 산화물 TFT의 metastability

산화물 TFT의 전기적, 광적, 환경적, 그리고 이들 요소가 조합된 요인에 대한 불안정성은 전술한 요인들에 의해 발생한다. 가장 대표적인 것으로는 전하가 interface 혹은 게이트 절연막상에 트랩됨으로써 발생하는 것과 반도체 박막내에서의 defect creation으로 인한 instability가 있다. 특히 산화물 반도체의 수분과 산소에 대한 반응성으로 인해 환경적인 instability를 보이는데 이는 바이어스가 없는 상태에도([그림 10]), 바이어스가 있는 상태에서도([그림 11]), 그리고 심지어 빛을 조사하는 경우([그림 12], [그림 13])에도 모두 발생한다.

전술한 불안정성은 경우에 따라서는 외부 에너지 없이



[그림 12] AlSnZnInO TFT의 환경에 따른 게이트 전압 스트레스 하에서의 트랜스퍼 커브 변화 (a)패시베이션 전 소자, (b)패시베이션 한 소자



[그림 13] 수분이 IGZO TFT의 광/negative bias stress/온도 스트레스 하에서의 instability에 미치는 영향

self-recovery가 되는 경우도 있으나 온도 등의 에너지 제공 하에 recovery가 되기도 한다. 산화물 TFT의 불안정성 중 외부 환경에 의한 것은 적절한 패시베이션의 채택으로 안정성을 향상시킬 수 있으며 반도체내의 defect가 생김으로 인한 instability는 반도체 양이온의 최적화, 산소 결합의 조정, 그리고 H<sub>2</sub>O 후처리 및 열처리 등을 통해 안정성을 확보할 수 있으며 interface에 의한 charge trapping 및 광/negative bias stress/온도 스트레스에 의한 instability는 고품위의 절연막 성장과 소자 제작 중 게이트 절연막 상의 defect formation을 최소화함으로써 향상시킬 수 있다.

#### IV. 결 론

본 기고에서는 AMOLED 용 산화물 TFT 기술 개발 현황, 산화물 반도체의 물성, 산화물 TFT의 기술적 이슈에 대해 살펴보았다. 디스플레이 시장의 기술 및 시장의 포화로 인하여 새로운 기술 개발을 요구하는 시기에 대면적 AMOLED의 개발은 현재 우리나라 디스플레이 업계가

겪고 있는 어려움을 해결할 수 있는 유일한 해결책이 될 것이다. 대면적 AMOLED 용 산화물 TFT는 초기의 instability 문제를 차츰차츰 해결해 감으로써 고안정성을 요구하는 OLED를 구동하는데 손색이 없음을 증명하고 있다. 특히 최소한의 장비 개발로써도 기존 라인을 충분히 활용할 수 있는 산화물 TFT는 가격 경쟁력 측면에서도 우위를 점유함으로써 대면적 AMOLED가 post LCD 자리를 차지할 것이라 생각한다. 추후 산화물 반도체가 갖는 물성으로 인한 소자 특성에 대한 원천적인 연구와 로열티를 지불할 필요 없는 신규 소재 등의 개발 및 대면적 적용 전극 개발을 통하여 AMOLED에서도 기술 우위를 점유해야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] T. Kamiya, K. Nomura, M. Hirano, and H. Hosono, Phys. Status Solid c, 5, 3098 (2008).
- [2] Kamiya T, Nomura K and Hosono H. Phys. Status Solidi a, 206, 860 (2009).
- [3] Kamiya T and Hosono H NPG Asia Mater. 2 1522 (2010).
- [4] Kamiya T, Nomura K and Hosono H. Disp. Technol.,5, 462 (2009).
- [5] Suresh A and Mutha J. F. Appl. Phys. Lett. 92, 033502 (2008).
- [6] D.-H. Cho, S. Yang, C. Byun, J. Shin, M. K. Ryu, S.-H. K. Park, C.-S. Hwang, S. M. Chung, W.-S. Cheong, S. M. Yoon, and H.-Yo. Chu, Appl. Phys. Lett. 93, 142111 (2008).
- [7] S.-H. K. Park, C.-S. Hwang, M. Ryu, S. Yang, C. Byun, J. Shin, J.-I. Lee, K. Lee, M. S. Oh, and S. Im, Adv. Mater., 21,678 (2009).
- [8] J.-H. Shin, J.-S. Lee, C.-S. Hwang, S.-H. K. Park, W.-S. Cheong, M. Ryu, C.-W. Byun, J.-I. Lee and H. Y. Chu, ETRI Journal, 31, 62 (2009).
- [9] J. Lee, J.-S. Park, Y. S. Pyo, D. B. Lee, E. H. Kim, D. Stryakhilev, T. W. Kim, D. U. Jin, and Y.-G. Mo, Appl. Phys. Lett. 95, 123502 (2009).
- [10] S.-H. K. Park, D.-H. Cho, C.-S. Hwang, M. Ryu, S. Yang, C. Byun, S. M. Yoon, W.-S. Cheong, and K. I. Cho, IMID Digest, 385 (2009).



- [11] M. K. Ryu, S. Yang, S.-H. K. Park, C.-S. Hwang, and J. K. Jeong, Appl. Phys. Lett. 95, 173508 (2009).
- [12] E. Fukumoto, T. Arai, N. Morosawa, K. Tokunaga, Y. Terai, T. Fujimori and T. Sasaoka, IDW '10, 631 (2010).
- [13] T. Arai, N. Morosawa, K. Tokunaga, Y. Terai, E. Fukumoto, T. Fujimori, T. Nakayama, T. Yamaguchi and T. Sasaoka, SID 10 DIGEST . 1033 (2010).
- [14] P. S. Yun, M. Naito, R. Kumagai, Y. Sutou and J. Koike, SID 11 DIGEST . 1177 (2011).
- [15] R. Hayashi, A. Sato, M. Ofuji, K. Abe, H. Yabuta, M. Sano, and H. Kumomi, SID 08 DIGEST . 621 (2008)
- [16] N. Morosawa, Y. Ohshima, M. Morooka, T. Arai and T. Sasaoka, SID 11 DIGEST, 479 (2011).
- [17] T. Kamiya<sup>1</sup>, K. Nomura, and H. Hosono, Sci. Technol. Adv. Mater. 11, 044305 (2010).
- [18] B. Ryu, H.-K. Noh, E.-A. Choi, and K. J. Chang, Appl. Phys. Lett. 97, 022108 (2010).

## 저자약력

### 박상희



- 1987년 : 서울대학교 화학교육과 학사
- 1989년 : 서울대학교 과학교육과 석사
- 1997년 : University of Pittsburgh 화학과 박사
- 1998~1999년 : 한국전자통신연구원 박사후연수
- 1999년~현재 : 한국전자통신연구원
- 관심분야 : OLED passivation, oxide TFT, transparent display, flexible display