

기술 특 집

유기박막트랜지스터의 플렉시블 디스플레이 패널 적용 연구

이명원, 류기성, 송정근(동아대학교 전자공학과)

요 약

유기박막트랜지스터(OTFT)는 지난 십 수년 간 개발되어 상용화의 단계에 도달하여 우선적으로 플렉시블 디스플레이에 적용될 것으로 예상된다. 본 논문에서는 EPD와 OLED의 구동소자로서 OTFT를 사용한 플렉시블 디스플레이 패널 제작에 대해서 살펴본다. EPD와 OLED는 소자의 구조와 특성이 다르기 때문에 OTFT 어레이와 집적화 시 고려해야 할 요소들도 다르다. EPD는 문턱전압이 없으므로 스위칭 소자로서 OTFT가 반드시 필요하다. 또한 전압구동소자이고 동작이 느리기 때문에 OTFT의 이동도가 0.01cm²/V.sec 이상만 되어도 사용 가능하고 쌍안정 소자임에도 불구하고 저장 캐패시터를 사용하여야 한다. 그리고 OTFT 패널과 EPD 패널을 상호 부착해야 하므로 OTFT 어레이에 영향을 주지 않는 중간층이 중요한 요소이다. OLED는 전류구동소자이므로 OTFT의 이동도가 최소 0.1 cm²/V.sec 이상이어야 하고, OTFT 어레이와 동일한 패널을 사용하므로 제조 공정의 호환성이 필수 요건이다.

I. 서 론

유기박막트랜지스터(Organic Thin Film Transistor ; OTFT)는 지난 십 수년 간 개발되어 상용화의 문턱에 도달해 있다. OTFT는 우선 플렉시블 디스플레이의 구동소자로 상용화될 가능성이 높다. 특히, 전기영동 디스플레이(Electrophoretic ; EPD)를 이용한 시제품들이 곧 시장에 출시가 될 것으로 예상된다.

OTFT 어레이의 플렉시블 디스플레이에의 적용 사례는 위와 같이 발표되고 있으나 구체적인 설계 주요 요건이라든지 공정의 어려운 점등에 대해서 상세히 보고된 바가 거의 없는 실정이다. 이것은 기업의 기밀 사항일 수 있으나 OTFT의 연구를 촉진하고 상용화를 앞당기기 위하여 공개 논의될 수 있도록 하여야 할 것이다.

따라서, 본 논문에서는 OTFT를 유기발광소자(Organic

Light Emitting Diode ; OLED)와 EPD에 적용하여 패널을 제작한 사례를 중심으로 설계와 공정의 문제점들을 논의하고자 한다.

II. OTFT 어레이 기술

서론에서 언급 하였듯이 플라스틱 기판을 이용한 플렉시블 전자소자의 비약적인 발전과 함께 지금까지 축적된 기술을 바탕으로 제품에 매우 근접한 시제품 형태의 보고가 잇따르고 있다. 우선은 그 적용이 비교적 쉬운 EPD를 구동하는 방향으로 접근을 하고 있으며, EPD에 비하여 고성능을 요구하는 OLED 분야에서도 상당한 연구가 진행이 되었다. [표 1] 특히, 영국의 plastic logic사의 유기반도체 공장 설립은 OTFT의 실용화를 앞당기는 의미 있는 것으로 평가된다. 이러한 연구를 바탕으로 OTFT-EPD 패널 기술과 OTFT-OLED 패널 기술을 중심으로 논의하고자 한다.

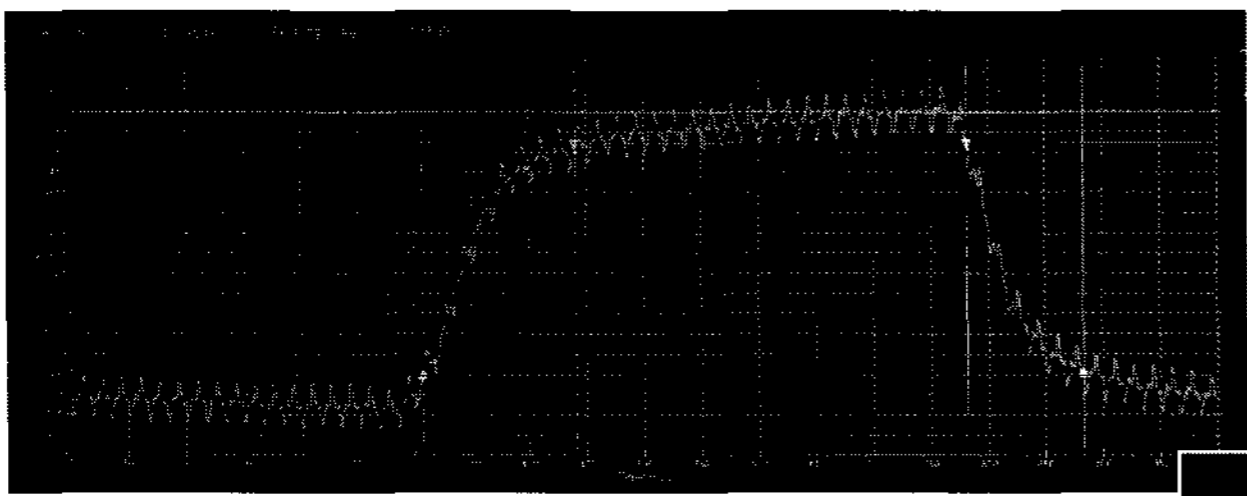
[표 1] OTFT를 이용한 EPD, OLED 연구 동향

표시형태	연구 그룹	내 용	구동소자
EPD	Samsung	14.3" color flexible 전자종이	α -TFT ^[1]
	E-ink	Color 전자종이 동영상 시연	α -TFT ^[2]
	Dupont	rollable 전자종이	OTFT ^[2]
	Plastic logic	10" flexible 전자종이	OTFT ^[3]
OLED	ETRI	Plastic 기반 176×144 (2.0")	OTFT ^[4]
	DTC/ITRI	Plastic 기반 32×32 (4.1")	OTFT ^[5]
	LG전자	Glass 기반 160×120 (3.5")	OTFT ^[6]
	삼성SDI	64(×3)×120 (4.0")	OTFT ^[7]

1. OTFT-EPD 패널

1) OTFT-EPD 패널 설계

EPD는 문턱전압이 없으므로 문턱전압 역할을 해줄 수 있는 스위칭 소자와 반드시 결합해야 하며, OTFT가 그 역할을 담당하게 된다. 따라서, EPD는 능동형 구동(active matrix) 방식을 채택하게 된다.^{18, 91} EPD는 일반적으로 응답속도가 느리다. [그림 1]은 EPD의 인가 펄스 전압에 대한 광응답특성을 나타내고 있다. 상승시간은 130ms, 하강시간은 100ms, 그리고 명암비는 9:1이었다. 따라서, EPD를 구동하기 위해서는 최소 130ms 이상 동안 전압을 인가하여야 하므로 구동시간을 단축하기 위하여 캐패시터를 병렬로 연결한다.



[그림 1] 펄스 인가전압에 대한 EPD의 광응답특성 그래프

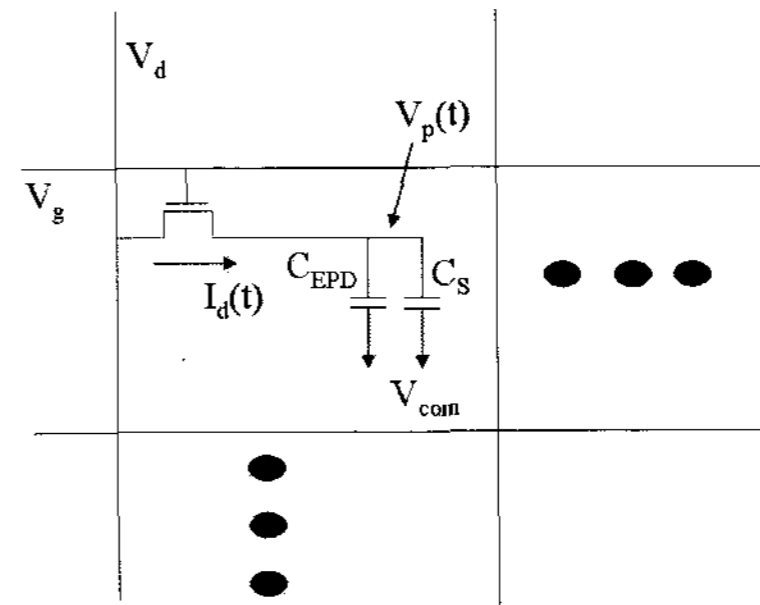
단위 화소는 [그림 2]와 같이 하나의 OTFT와 커패시터 그리고 EPD로 구성되어 있다. 스위칭 역할을 담당하는 OTFT에서 게이트 전극에 ±전압을 인가하여 OTFT의 On/Off 동작을 조절한다. OTFT의 쓰기 동작의 경우 V_g 는 $-20 \sim -25V$, V_d 전압은 $-10 \sim -15V$ 를 사용하고 V_{th} 는 $5V$ 이하이므로 항상 $V_g > V_d + V_{th}$ 조건을 만족하기 때문에 OTFT는 선형영역에서 동작한다. 선형영역에서의 I-V 특성은 식 (1)과 같이 나타낸다.

$$I_d = K \{ 2(V_g - V_{th}) - V_d \} V_d \quad (1)$$

여기서 $K = \frac{1}{2} \mu_{eff} C_g \frac{W}{L}$ 이며, μ_{eff} 는 TFT의 전계효과 이동도, C_g 는 OTFT의 채널 영역의 단위 면적에 해당하는 게이트 커패시턴스, W 는 채널의 폭, L 은 채널의 길이를 의미한다. μ_{eff} 와 C_g 는 TFT의 제조공정에 의해 결정되는 공정 변수이기 때문에 단위 픽셀 설계에서는 이들 특성을 기준으로 필요한 OTFT의 전류구동능력(K)을 고려하여 W/L 을 결정해야 한다. 그리고 [그림 2]에서 OTFT의 부하용량을 $C_t = C_{EPD} + C_s$ 라 하면 전류와 전압관계식은 식 (2)와 같이 되고 식 (1)과 (2)로부터 전류구동능력 K 값을 구할 수 있다. 한 라인에 인가되는 스캔시간(해상도가 SVGA(600×800)급으로 라인수는 $300 \times 400 (\times 2)$ 으로 4개의 구동드라이버 IC가 조절한다고 가정하면)은 $T_{on} = \frac{1}{60Hz} \times \frac{1}{400line} = 42\mu sec$ 이고, T_{on} 의 50% 이내에 $C_s = 1.04pF (100\mu m \times 100\mu m)$; PVP의 두께 350nm, 유전율 4.11)를 데이터 전압 $V_d = 15V$ 의 99%로 충전하기 위해서

는 식 (1)과 (2)로부터 전류구동능력 $K = 1.48 \times 10^{-8} sec/volt$ 이상되어야 한다. 따라서, μ_{eff} 와 C_g 가 각각 $0.2cm^2/V \cdot sec$, $1.04 \times 10^{-8} F/cm$ 인 경우 OTFT의 폭/길이 비율 (W/L)은 14 이상이 되어야 한다.

$$I_d(t) = C_t \times \frac{dV_p(t)}{dt} \quad (2)$$



[그림 2] 전압인가를 고려한 단위픽셀 등가회로

EPD는 쌍안정 특성을 가지는 전자소자이므로 병렬 C_s 가 불필요하나 [그림 1]에서 알 수 있듯이 응답 속도가 매우 느리기 때문에 스캔시간을 상승시간 만큼 무작정 늘릴 수는 없다. 따라서 짧은 스캔시간동안 C_s 에 전압을 충전시키고 이 전압으로 상승시간 동안 EPD에 전압을 인가하여 명암을 변화시킨다. K 값을 추출할 때 도통시간(T_{on}) 시간을 길게 할수록 W/L 값은 작아지지만, T_{on} 시간이 길어지는 만큼 차단시간(T_{off}) 시간도 길어지고 그 시간동안 C_{on} 값의 유지를 위해 I_{off} 도 작아져야 하기 때문에 설계자가 허용하는 범위 내에서 특정한 값을 산출해야 한다.

OTFT의 I_{off} 는 프레임시간 ($T_f = \frac{1}{40Hz} = 16.7msec$) 동안 C_s 의 전압감소량 V_{drop} 이 게조전압(gray voltage) 보다 작아야 하는데 여기서는 C_s 의 충전 전압의 1% 즉 150mV를 게조전압으로 가정하였다. OTFT가 Off 상태인 경우 누설전류를 I_{off} , 누설 저항을 R_{off} 라 가정하면, 시간 t 경과 후의 EPD전압 $V_p(t)$ 와 전압강하 V_{drop} 은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$V_p(t) = V_p(t_{on}) \cdot \text{Exp} \left\{ \frac{-t}{R_{off} \cdot C_t} \right\} \quad (3)$$

따라서 허용되는 R_{off} 는 충분히 커서 다음 식 (4)를 만족해야 하고 이를 통해 I_{off} 는 식 (5)가 되어야 한다.

$$R_{off} > \frac{T_f}{C_t \times \text{Ln} [V_p(t_{on}) / \{ V_p(t_{on}) - V_{drop} \}]} \quad (4)$$

$$I_{off} < \frac{V_p(t_{on})}{R_{off}} \quad (5)$$

$V_p(t_{on}) = -15V$, $V_p(t) = -14.85V$ 이라 하면 주어진 조건에서 R_{off} 는 $1.47 \times 10^{12} \Omega$ 이상되어야 한다. 즉, 식 (5)에서 I_{off} 는 $1.47 \times 10^{-11} A$ 이하가 되어야 한다.

[표 2] SVGA급 AMEPD 패널 설계 사양

		설계 사양
해상도		600×800(SVGA) 6 inch
주파수		60Hz(화면 변화시 인가)
픽셀 pitch		152.4um×152.4um
스위칭 OTFT	W/L	>14.3
	누설 전류	< 14.7 pA
배선저항		< 10kΩ/□

설계 결과는 [표 2]와 같다. 또한 실제의 어레이 동작에서는 게이트 신호배선의 RC-delay로 인하여 게이트 배선의 가장 끝에 연결된 OTFT의 도통시간이 짧아지게 되므로 이러한 상황도 고려한 설계가 이루어 져야 한다. 400번째 OTFT에 충분한 전압인가를 위해 허용 RC 지연시간을 8.4μsec(T_{on}의 20%)로 설계할 경우 도선의 선폭이 15μm라면 요구되는 배선 전극의 면저항은 17.5kΩ/□ 이하의 값을 가지면된다.

2) OTFT-EPD 패널 제작 및 동작

AMEPD의 제작은 DuPont Teijin에서 판매되는 PEN 필름위에 하부전극 구조로 제작을 하였고, 오염원의 방지를 위해 class 1000의 클린룸에서 세정공정과 기판의 수축을 줄이기 위한 열공정을 진행하였다. 게이트 절연막은 cross linked-PVP(poly-vinyl-phenol)를 스핀코팅 공정으로 성막을 하였고, 소스 드레인(S/D)전극은 사진식각(photo-lithograph)공정으로 채널 30μm 폭 150μm로 금(Au)를 진공 증착하여 형성하였다.

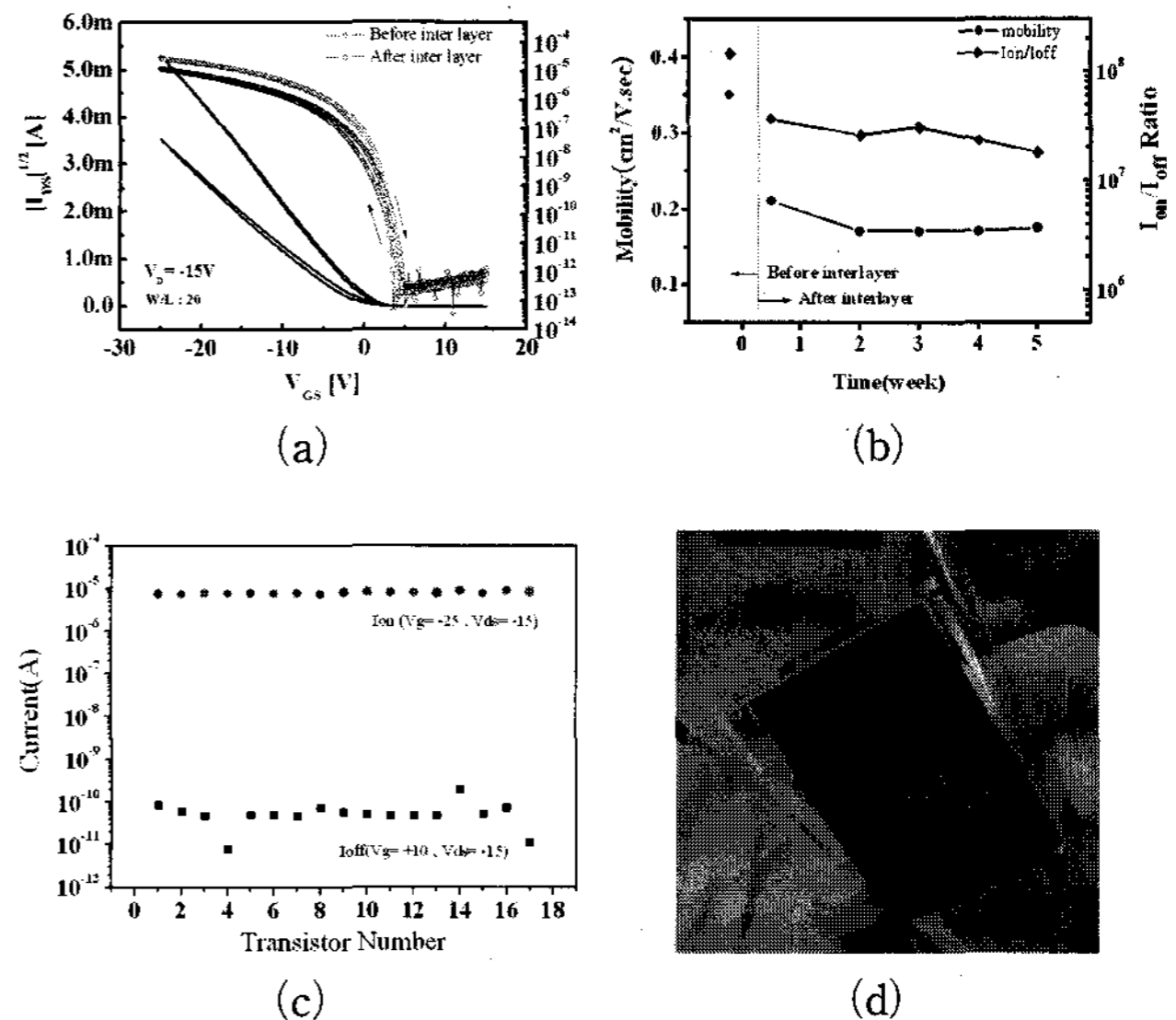
그리고 OTFT의 드레인 픽셀전극 외에 배선 전극 등 다른 전극으로부터 EPD에 전압이 인가되지 않도록 하기 위하여 OTFT 하판과 EPD 상판 사이에 중간층을 삽입하고 하판의 OTFT 드레인 전극을 EPD 상판으로 연결하기 위한 비어 홀을 중간층에 형성한다. 중간층은 OTFT 상층에 형성되므로 유기물인 OTFT에 최소의 영향을 주어야 한다.^[10,11] 이러한 조건을 충족시키기 위하여 먼저 수용성 재료로써 OTFT 위에 1층을 형성하고 외부의 수분 침투를 막을 수 있는 유기재료를 그 위에 성막한 2층 구조의 중간층을 사용하였다.

마지막으로 EPD 상판을 중간층 위에 부착하여 디스플레이 패널을 완성하였다. 200mm×200mm 기판에 4패널을 동시에 제작하였으며, 수율과 재현성이 높은 공정기술을 확보하였다.

제작된 OTFT 어레이상에서 각각의 성능을 추출하여 분석하였고 [표 3]과 같이 성능편차도 20% 이내로 전체적으로 균일한 특성을 보였다. [그림 3](a)에서는 중간층 도포 전후의 성능을 비교하였다. OTFT의 이동도는 도포 전 0.35cm²/V.sec이었으며, 도포 후 0.21cm²/V.sec로 약 40% 정도 감소하였다. 특히 중간층이 도포된 OTFT는 [그림 3](b)에서 보듯이 이동도 및 Ion/Ioff 비 등 장시간 안정된 동작을 보였다. 또한, [그림 3](c)에서는 무작위로

[표 3] OTFT backplane의 성능 및 중간층 도포 후 성능 비교

	Uniformity	After interlayer (before interlayer)
Mobility (cm ² /v·s)	0.213 ± 0.021	0.21(0.35)
SS(V/dec)	2.43 ± 0.43	0.69(0.32)
I _{on} /I _{off}	4.8 ± 1.36×10 ⁵	3.66(14.5)×10 ⁷
V _{Th} (V)	7.42 ± 0.59	-3.7(-0.5)
Off-state current (pA/um)	0.056 ± 0.0142	0.0003(0.0002)



[그림 3] 중간층 공정 전 후의 (a) OTFT 특성 그래프 (b) 시간에 따른 이동도 및 Ion/Ioff비 변화 (c) OTFT array On/Off 점멸비 테스트 (d) OTFT-EPD panel 구현 이미지

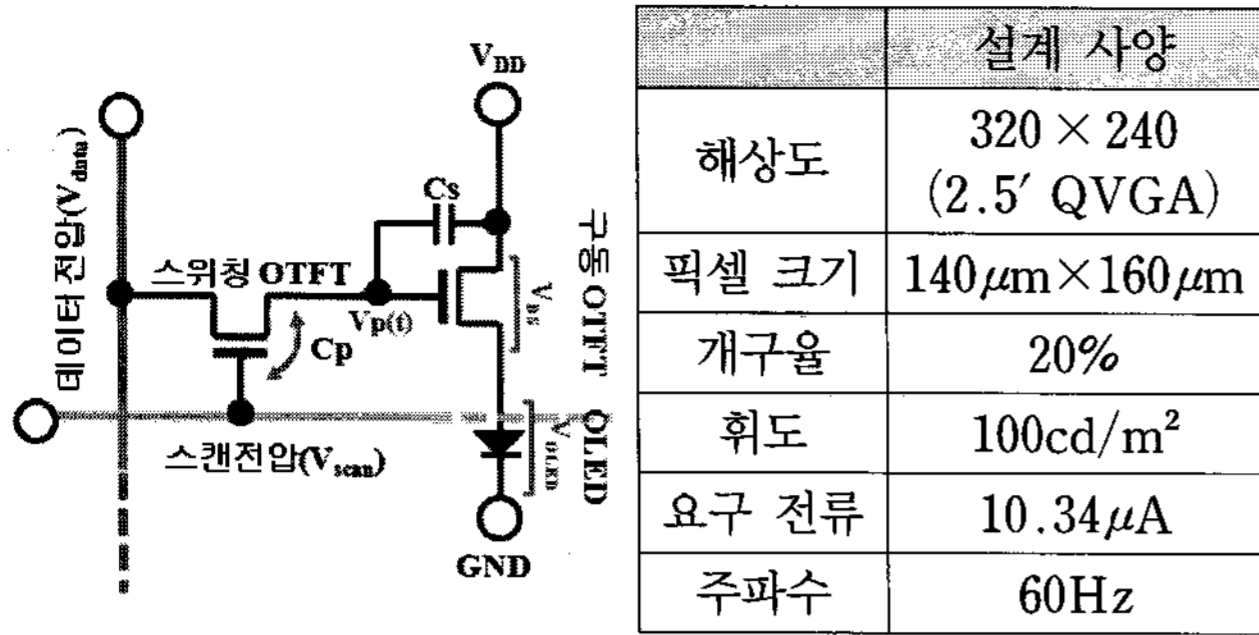
OTFT 선택하여 On/Off 점멸 테스트 진행한 결과이고, 스위칭 소자로서 역할을 충분히 수행하고 있음을 확인하였다. [그림 3](d)와 같이 EPD 패널은 성공적으로 작동하였다.

2. OTFT-OLED 패널 기술

1) OTFT-OLED 설계

AMOLED의 픽셀회로는 [그림 4](a)와 같이 2개의 트랜지스터와 하나의 캐패시터 그리고 하나의 OLED 소자로 구성된다. OLED를 구동하기 위해서는 독립 전류원 V_{DD}가 필요하며, 이 전류를 제어하는 소자가 구동 OTFT이다. 구동 OTFT는 저장 캐패시터 Cs에 충전된 전압에 의하여 통제가 되고, 이 전압은 스위칭 OTFT에 의하여 제어된다. 그리고 스위칭 OTFT의 동작은 게이트에 인가되는 스캔전압과 드레인에 인가되는 데이터 전압에 의하여 조절된다.

AMOLED를 구동하기 위해서는 픽셀 사이즈를 결정하고 그에 맞추어 구동 및 스위칭 OTFT, 저장캐패시터를 설계

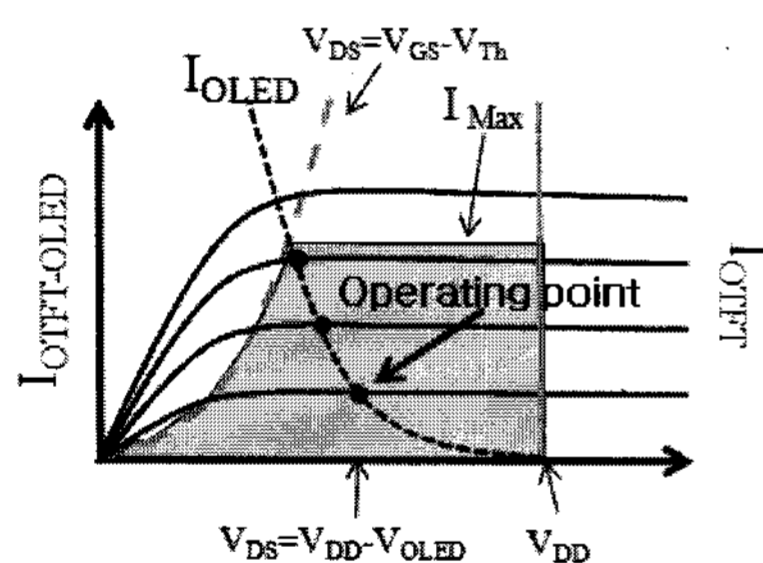


[그림 4] OTFT-AMOLED 픽셀회로 및 설계사양

해야 한다.^[12] 본 논문에서는 [그림 4]와 같은 사양을 목표로 설계를 진행하였다.

구동 OTFT의 설계에서 결정하여야 하는 중요한 사양은 구동 OTFT의 W/L이다. 개구율 20%에서 OLED가 100 cd/m² 휘도를 내기 위한 전류는 10.34 μA이고, 이 전류를 공급하기 위해서는 구동 OTFT(이동도 0.1cm²/V.sec)의 W/L은 24보다 커야 한다. 또한 구동 OTFT는 안정된 출력전류를 공급하는 포화영역에서 동작하도록 설계한다. V_{DD}는 OTFT와 OLED에 의해 전압이 분배되며 동일한 전류값을 가지므로 [그림 5]와 같이 두 개의 특성 그래프가 만나는 부분이 동작점이 되며, 이 동작점이 포화영역에 포함되도록 해야 한다. 따라서, 식 (5)의 조건을 만족해야 한다.

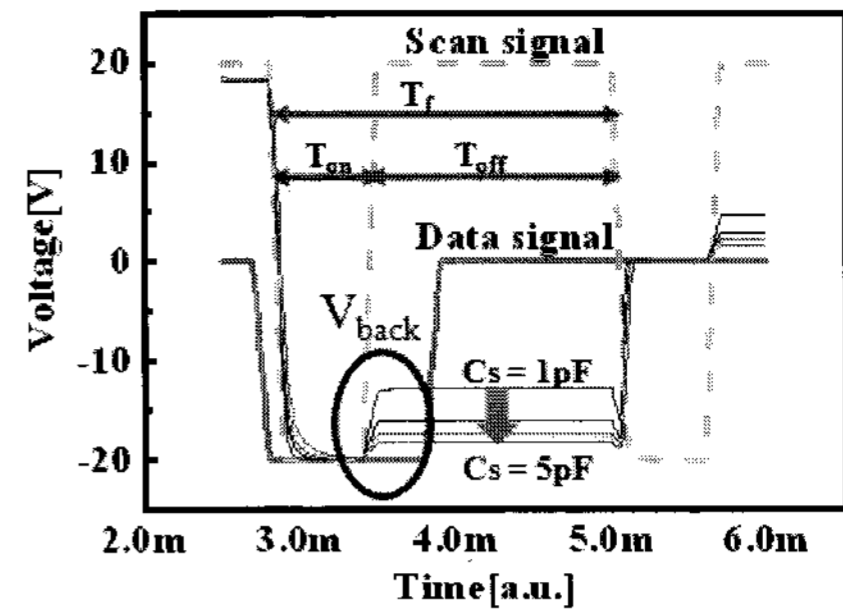
$$V_{DD} = V_{DS} + V_{OLED} > (V_{GS} - V_{Th}) + V_{OLED} \quad (5)$$



[그림 5] 구동 OTFT와 OLED의 동작점 결정

저장 캐패시터(C_s)는 픽셀의 면적을 결정하는 중요한 요소이다. 스위칭 OTFT를 통하여 C_s를 충전할 때, 스위칭 OTFT의 게이트와 소스 전극간의 중첩에 의한 기생 캐패시턴스(C_p)는 C_s와 직렬연결 구조로 함께 충전된다. 충전된 C_p의 전하는 스위칭 OTFT가 차단되는 스캔 전압(V_{G1})이 인가될 때 C_p에 충전된 전하(Q_p)는 게이트 전극으로 방전함으로서 V_p(t)의 전압이 순간적으로 감소하며 이를 kick-back 전압(V_{back})이라고 한다. 이 전압은 T_{on} 동안 충전된 총 전하량(Q_t) 중에서 C_p에 충전된 전하량(Q_p)의 비율에 비례하며 식 (6)과 같다.

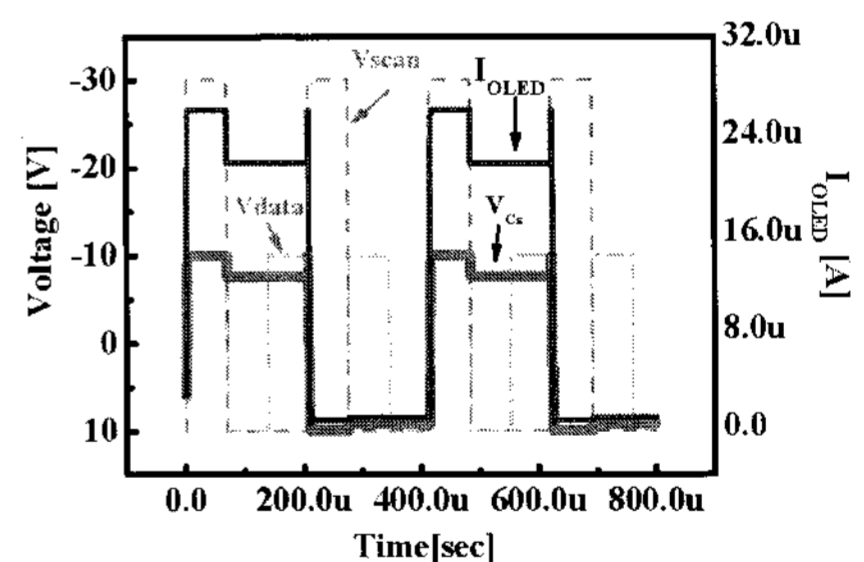
$$\Delta V_{back} \propto \frac{Q_p}{Q_t} \propto \frac{1}{1 + \frac{C_s[V_{DD} - V_p(t)]}{C_p[V_p(t) - V_{G1}]}} \quad (6)$$



[그림 6] Cs에 따른 Vp(t) 시뮬레이션 결과

V_{back}를 줄이기 위해서는 C_p에 비하여 C_s가 충분히 크면 된다. [그림 6]의 시뮬레이션 결과는 C_s가 클수록 V_{back}이 작았고, 이러한 현상을 잘 설명하고 있다. 그러나 큰 C_s는 픽셀의 크기를 증가시킬 뿐 아니라 개구율을 감소시키므로 절충이 필요하다.

스위칭 OTFT는 앞에서 언급한 EPD의 OTFT와 동일한 역할을 하며, 34.5 μsec(T_{on}의 50%) 동안 충전률 99%의 조건으로 스위칭 OTFT의 W/L=5을 설계하였다. 또한 T_{on} 동안 충전된 C_s의 전압은 T_{off} 동안 누설 전류에 의해 감소(V_{drop})하므로, 스위칭 OTFT의 누설전류는 식 (4)를 만족하여야 한다. 여기서 C_t는 C_s와 동일하다. 누설 전류의 설계 조건으로 제조전압 차를 기준으로(150mV)로 하였으며, 산출된 스위칭 OTFT의 누설 전류는 1.32pA 이하여야 한다. [그림 7]은 설계된 픽셀의 시뮬레이션 동작 결과이다. T_{on} 동안 데이터 전압은 C_s에 충전되었으며, C_p에 의한 V_{back} 전압이 확인되었다. T_{off} 동안 V_p(t) 전압은 일정하게 유지되며 OLED의 전류 또한 일정하게 유지되었다.



[그림 7] 픽셀회로의 시뮬레이션 결과

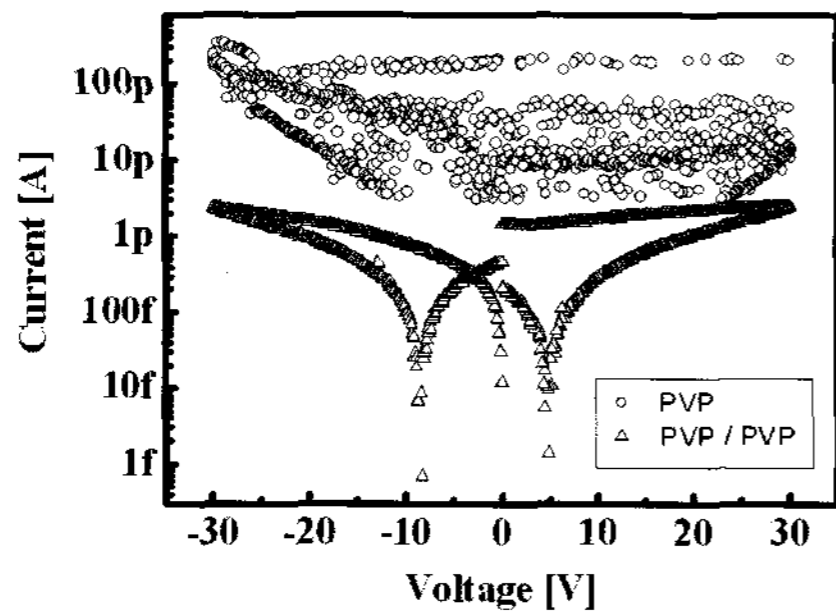
[표 4] 2.5" QVGA OTFT-AMOLED 패널 설계 사양

픽셀 설계		요구 사양	설계 사양
요구 전류		10.34 μA	10.34 μA
구동 OTFT	W/L	>24	24
	V _{DD}	<-27	-30
C _s		0.146pF	0.146pF
스위칭 OTFT	W/L	>0.46	5
	누설전류	<-1.32pA	<-1.32pA
배선 저항		< 68k Ω/□	< 10 Ω/□

2) OTFT-OLED 제작 및 동작

소자 제작은 OLED의 양극 전극 및 캐패시터의 하부 전극으로 ITO를 습식 식각으로 형성하고, 스캔 전극과 외부 배선은 알루미늄을 사용하였다. 게이트 절연체는 EPD와 동일하게 PVP를 사용하였고,^[13] 핀홀에 의한 누설전류를 줄이기 위하여 2층 구조를 사용하였다. [그림 8]은 2층 PVP가 1층 보다 누설전류가 약 100배 정도 감소하였음을 보여 준다. 포토공정 후 O₂플라즈마를 이용하여 게이트 절연체를 형성화 하였고, S/D 전극은 금을 lift-off 공정을 이용하여 형성하였다. 활성층은 펜타센을 웨도우 마스크를 이용하여 진공 증착하였으며, OLED 유기물(2-TNATA, NPD, Alq₃)과 OLED 음극 전극을 형성하였다.

공정 중 ITO/Al 박막은 포토레지스트의 현상 시 현상액에 의하여 막이 파손되는 현상이 나타났으며, ITO와 Al 사이에 현상에 침투로 인한 전지화학반응에 의한 것이다. [그림 9]는 ITO/Al 막의 파손이 현상액에 노출된 시간과 비례함을 보여주고 있다. 현상액의 농도를 진하게 하여 현상시간을 줄임으로써 막의 파손을 막을 수 있었다. 또한 ITO 막과 알루미늄막 사이에 버퍼층(Mo, Ti 등)을 도입하여 화학반응을 방지할 수 있으며 현상액에 불소계 계면활성제를 첨가하여 사용할 경우 막의 손실을 방지할 수 있는 것으로 알려져 있다. 제작한 전극의 면저항은 [표 5]와 같으며, QVGA 급 픽셀에 전극 배선으로 사용이 가능하다. 각각의 구조, 공정, 재료에 따라 전극 간 접촉저항이 큰 변화를 보였다. 알루미늄이 하부층에 위치한 경우에는 대부분 접촉 저항이 높았으며(수MΩ@100μm×100μm) 금이 하부 층에 위치한



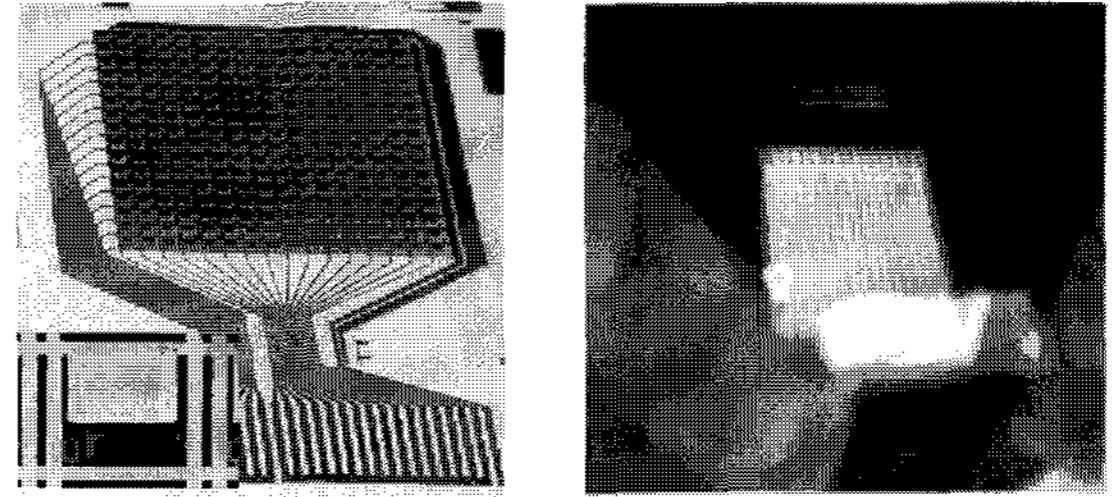
[그림 8] 1층과 2층 PVP 박막의 누설 전류 비교; 2층 PVP가 1층 PVP의 핀홀을 포장함으로써 누설전류가 100배 감소하였다.



[그림 9] 현상 공정후 (a) 현상액에 의하여 손상 받은 ITO, (b) 농도가 높은 현상액을 사용하여 현상 시간을 줄임으로써 손상 받지 않은 ITO

[표 5] 각 전극들의 면저항

전극	면저항
ITO	8.63Ω/□
스캔 전극(Al)	1.55Ω/□
데이터 배선 전극(Al)	0.65Ω/□
S/D 전극(Au)	5.34Ω/□
OLED 음극 전극(Al)	1.17Ω/□



[그림 10] 제작된 OTFT-AMOLED 패널 및 동작 사진

경우에는 접촉 저항이 낮았다(7Ω@100μm×100μm). 이것은 층과 층 사이에 전극이 연결될 때 하부가 알루미늄인 경우에는 O₂플라즈마 노출에 따라 알루미늄 표면에 자연산화가 원인인 것으로 판단된다. 제작된 픽셀 소자를 측정된 결과 캐패시턴스 15nF/cm², OTFT의 이동도는 0.4cm²/V.sec, 전류 점멸비 ~10⁵, 누설 전류 ~10⁻¹¹A, 문턱전압 1.4 V의 특성을 얻었다. 제작된 패널의 동작을 [그림 10]과 같이 확인할 수 있었다.

III. 결 론

본 논문에서는 OTFT-EPD와 OTFT-OLED 패널의 제작 사례를 통하여 OTFT의 설계 요건과 공정의 문제점들을 살펴보았다. EPD는 동작속도(상승시간 130msec)가 느리기 때문에 높은 성능의 OTFT는 필요하지 않았다. 오히려 느린 동작 때문에 쌍안정 소자임에도 불구하고 동작속도를 높이기 위하여 캐패시터가 필요한 것과 프레임시간 동안 전압을 유지하기 위하여 OTFT의 차단전류가 10pA 이하이어야 하는 요건들이 중요하다. 그리고, EPD 패널이 OTFT 패널 위에 부착되므로 OTFT 패널의 여러 가지 전극들 중에서 드레인 전극 외에 다른 전극들이 EPD에 전압을 인가하지 못하도록 하는 중간층을 사용하여야 한다.

OLED는 EPD 보다 더 높은 성능의 OTFT를 필요로 한다. 구동 OTFT는 OLED에 일정한 전류를 공급해야 하며, 이것은 캐패시터의 전압과 이 전압을 유지시키는 스위칭 OTFT의 차단전류에 의하여 결정된다. 여기서는 고분자 유전체에서 흔히 나타나는 핀홀에 의한 누설전류를 감소시키기 위하여 2층의 유전체 박막을 사용하였다. 또한 다양한 재료의 전극을 사용하는데 공정 과정에서 발생하는 산화에 의한 저항증가를 주의하여야 한다.

그리고, 패널의 안정성은 상용화의 필수 요건이며 OTFT의 문턱전압과 차단전류의 변화는 시급히 해결해야할 과제이다.^[14]

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 21세기 프론티어기술개발사업인 차세대정보디스플레이기술개발사업단의 기술개발비(F004061) 지원으로 수행되었습니다.

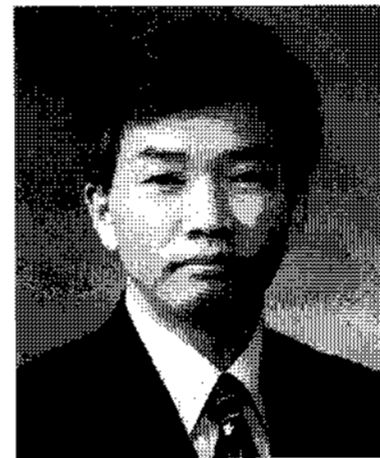
참고 문헌

- [1] Tae Hyung Hwang et al SID'07 Digest 1684 (2007).
- [2] Exhibition at SID 2007.
- [3] S. E. Burns et al SID'06 Digest 74 (2006).
- [4] I.Yagi, N.Hirai, M.Noda, A.Imaok, Y.Miyamoto, N.Yoneya, K.Nomoto, J.Kasahara, A.Yumoto, T.Urabe SID Technical Digest, 1753 (2007).
- [5] S.H.Han, Y.R.Son, S.H.Lee, K.J.Lee, G.S.Cho, W.S.Kim, T.J.Park, W.S.Jeon, D.J.Choo, J.JangSID Technical Digest, 1757(2007).
- [6] K.S.Suh, I.K.You, S.Y.Kang, S.D.Ahn, J.Y.Oh, G.H.Kim, K.H.Baek, C.A.Kim, C.S.Hwang, S.H.K.Park, Y.S.Yang, S.M.Chung, J.I.Lee, L,M.Do, H,Y.Chu and K.Y.Kang IMID Technical Digest, 181 (2006).
- [7] M.C.Suh, J.H.Jeong, T.Ahn, J.S.Park, S.Y.Kim, Y.J.Kim, T.J.Kim, H.J.Lee, S.M.Lee, Y.W.Park, Y.G.Mo, H.K.Chung, B.W.Koo, S.Y.Kim, S.Y.Lee, SID Technical Digest, 116 (2006).
- [8] S. Forrest, P. Burrow, M. Thompson IEEE Spectrum 37, 8, 29 (2000).
- [9] G. P. Crawford, IEEE Spectrum 37, 10, 40 (2000).
- [10] C. D. Sheraw, L. Zhou, J. R. Huang, D. J. Gundlach, T. N. Jackson, M. G. Kane, I. G. Hill, M. S.

Hammond, J. Campi and B. K. Greening, J. Franci and J. West, Appl. Phys. Lett. 80, 1088 (2002).

- [11] C. Pizzocaro, C. Lafond and M. Bolte, J. Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 151, 221 (2002).
- [12] Gi-Seong Ryu, Ki-Beom Choe, Chung-Kun Song Thin Solid Films 514 302 (2006).
- [13] Hyun Sook Byun, Yong-Xian Xu, Chung Kun Song Thin Solid Films 514 278 (2005).
- [14] Tae Ho Kim, Chang Gi Han and Chung Kun Song, will be published in Thin Solid Film.

저자 소개



송정근

1980년 서울대학교 전자공학과 학사, 1984년 서울대학교 전자공학과 석사, 1992년 U. Cincinnati, ECE 박사, 1992년~현재: 동아대학교 전자공학과 교수



이명원

2001. 2 동아대학교 전자공학과 학사, 2003. 2 동아대학교 전자공학과 석사, 2005. 2 ETRI 연구원, 현재: 동아대학교 전자공학과 박사과정



류기성

2003. 2 동아대학교 물리학과 학사, 2003. 2 동아대학교 전자공학과 학사, 2005. 2 동아대학교 전자공학과 석사, 현재: 동아대학교 전자공학과 박사과정