

OLED 기술 개발 및 공정 기술 동향과 시장 전망

I. 서론

1990년, Conjugated polymers를 이용한 발광 소자에 대한 논문이 발표된 이후^[1], Organic Light Emitting Diode(OLED)는 지속적으로 개발되어 왔으며, 현재는 Liquid Crystal display(LCD)와 더불어 대표적인 표시장치가 되었다. 차세대 display이 산업의 발전에는 OLED가 필수적으로 사용될 것이다. 그 이유는 첫째는 0.1mm의 막이 한 장의 유리처럼 기판에 칠하는 것으로 되어 매우 얇고 구조가 간단하다. 둘째는 backlight를 가지고 있는 LCD와 다르게 OLED는 소자 자체가 스스로 빛을 내는 자체발광형으로 시인성(visibility)가 좋다. 셋째는 영하 40℃에서 영상 100℃까지 온도변화가 심한 곳에서도 사용할 수 있다. 넷째는 응답속도가 LCD의 약 1000배 정도 빨라서 스포츠 동화상 재생에 유리하다.

〈그림 1〉은 OLED TV 산업 시장 전망으로 2014년 현재는 삼성과 LG의 경쟁체제로 시장을 주도해 나가고 있다. 그러나 2016년 이후부터는 여러 후발업체의 진입으로 치열한 경쟁이 예상된다. 또한, OLED TV 시장은 지속적으로 성장하여 2020년경에는 15배 이상 세계시장이 커질 것으로 예측된다. 한편, OLED는 표시장치 외에 조명으로 활용될 수 있다. 〈그림 2〉는 OLED 조명 시장 전망으로 2015년에는 \$1.5 billion에서 2018년에는 \$6.3 billion으로 4배 이상 성장할 것으로 예측된다. 여러 유기 소자 중에서 OLED는 현재 상업적으로 이용되고 있는 대표적인 소자이며, 잠재적인

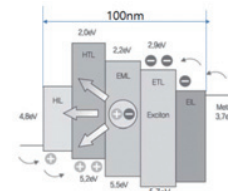
여러 유기 소자 중에서 OLED는 현재 상업적으로 이용되고 있는 대표적인 소자이며, 잠재적인 큰 시장을 갖고 있다. 따라서 이러한 시장을 확보하기 위해서 지속적인 기술 개발이 필요한 실정이다.



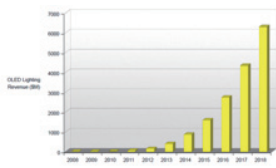
이종근
부천대학교



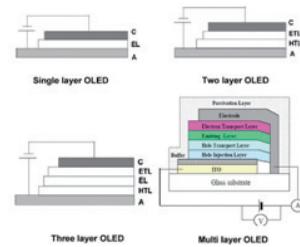
〈그림 1〉 OLED TV 산업 시장 전망^[2]



〈그림 4〉 OLED 발광 Mechanism



〈그림 2〉 OLED 조명 산업 시장 전망^[3]



〈그림 5〉 OLED 다양한 구조^[6]

큰 시장을 갖고 있다. 따라서 이러한 시장을 확보하기 위해서 지속적인 기술 개발이 필요한 실정이다.

본 논문에서는 OLED의 기본적인 원리 및 구조 살펴보고, 차세대 전자소자인 OLED를 제작하기 위한 공정방법을 설명하고자 한다. 그리고 OLED의 제품 적용 분야별 동향과 시장 전망을 살펴볼 것이다.

II. 본론

(1) OLED 원리 및 구조

OLED의 발광 원리는 반딧불이라는 곤충에서 빛을 내는 원리와 비슷하다. 반딧불은 발광물질인 루시페린단백질이 산소와 결합하여 산화루시페린이 되면서 빛을 내는데 이때 루시페라제 효소와 마그네슘이온, 아데노신삼인산이 있어야 한다. 세포에 산소가 공급되면 아데노신삼인산이 생성되고 이것이 루시페라아제와 결합하면서 불안정한 상태의 고 에너지 물질로 바뀌었다가 안정된 물질로 변화할 때 그 에너지 차이로 빛을 내는 것이다.

현재 Organic Light Emitting diode(OLED)가 발명된



〈그림 3〉 자연에서의 반딧불

것은 1987년 미국 Eastman Kodak의 C.W. Tang 등을 통해, 박막 적층형 소자의 제안으로 결실을 맺게 된 것이다.^[4] 기본적으로 발광원리는 N-type과 P-type의 유기 반도체 물질이 접합된 구조로, 주입된 전자와 정공의 결합에 의해 빛이 발생한다. 〈그림 4〉는 음극과 양극에 전압을 가하여 각각의 전자와 정공을 주입하고 주입된 전자와 정공은 전자 수송층 및 정공 수송층을 통과하고 발광층에서 결합하여 발광하는 mechanism을 나타낸 것이다.^[5]

〈그림 4〉에서 HIL(Hole Injection Layer)은 정공 주입층, HTL(Hole Transporting Layer) 정공 수송층, EML(Emitting Layer)은 발광 층, ETL(Electron Transporting Layer)은 전자 수송층, EIL(Electron Injection Layer)은 전자 주입층을 나타낸 것이다. 〈그림 5〉의 OLED 구조를 살펴보면 단일층 구조에서부터 다층 구조까지 다양한 구조가 있다.

〈그림 5〉에서 C는 Cathode(Aluminum), EL은 Emissive Layer, ETL은 Electron Transport Layer, HTL은 Hole Transport Layer, HIL은 Hole Injection Layer, EIL은 Electron Injection Layer, A는 Anode 이다.

OLED가 발광하기 위해서는 주입된 전자와 정공이 만나 재결합이 되어야 하는데, 이러한 과정이 원활하게 진행되기 위해서 다양한 층이 사용된다. 이러한 다양한 층

〈표 1〉 OLED를 구성하는 여러 층에 대한 물질 종류^[7]

Layer of OLED's	Materials generally used in different layers of OLED's
Anode	High work function: ITO, IZO, ZNO; TCP (PANI, PEDOT); Au, Pt, Ni, p-Si; ITO; Surface treatment: Plasma (O ₂ , NH ₃); Solution (Aqueous); Thin insulator AlO _x , SiO ₂ ; RuO ₄ (4.9eV); MoO ₃ (5.4 eV)
Cathode	Low work function: Mg:Ag; Li:Al; Ca...; thin insulator; LiF; MgO _x .
HIL	HOMO level: Spiro-TAD; CuPc; m-MTDATA; PTCDA; ZTNATA; TPD; NPD; DPVBI...; PPV; PVK; Dendrimer
ETL	LUMO level: Alq ₃ ; BeBq ₃ ; PBD; OXD; TAZ; BCP
EML: Dopant	Alq ₃ ; CFB; Balq; DPVBI; Rubrene; Spiro DPVBI; Quinacridone; Coumarin; DSA; Ir(ppy) ₃ ; Pt(OEP); emitting assistant; rare earth complexes

〈표 2〉 OLED의 기능에 따른 분류^[7]

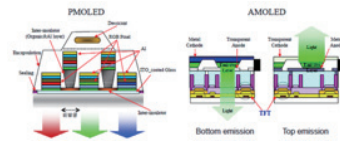
Formulation of OLED's	Structure	Material	Emission type	Power consumption	Cost	Applications
PMOLED	Anode/organic layer/cathode	Organic	-	More	Expensive	For small screen and cell phone applications
AMOLED	Anode/organic layer/cathode with TFT matrix	Organic	Top	Less	Cheaper	Computer monitor, large TV screen applications
Transparent OLED	Substrate/anode/conductive layer/emission layer/cathode	Organic	From both the sides	-	-	Head up displays
Top emitting OLED	Substrate/anode/conductive layer/emission layer/cathode	Organic	Top	-	-	-
Bottom emitting OLED	Transparent glass/TFT/emission layer/cathode	Organic	Bottom	-	-	Smaller as well as larger displays
Foldable OLED	-	Polymers	-	Less	Cheaper	Smaller as well as larger displays
White OLED	-	Conjugated and metal complexes, organic dyes	-	-	-	Back light in OLEDs

에 의해 단일 및 다층 구조가 결정될 수 있다. Anode에서 정공이 전극과 유기물 사이의 주입을 원활하게 해 주는 정공 주입층(Hole Injection Layer, HIL), 주입된 정공이 발광층으로 효과적으로 전달하게 하는 정공 수송층(Hole Transport Layer, HTL), 전달된 정공과 전자가 만나 빛을 내는 발광층(Emissive Layer, EML), cathode에서 전자의 주입과 전달을 원활하게 하는 전자 수송층(Electron Transport Layer, ETL)과 전자 주입층(Electron Injection Layer, EIL) 등으로 구분할 수 있다. 이러한 다양한 층에 활용되는 물질의 종류를 살펴보면 〈표 1〉과 같다.

한편, OLED의 구동방식에 따라 PMOLED, AMOLED로 구분할 수 있으며, 발광면의 위치에 따라 Top emitting OLED, Bottom emitting OLED로 구분할 수 있다. 그리고 활용 목적에 따라 투명 (Transparent) OLED 및 Foldable OLED로 구분될 수 있으며, 정리하면 〈표 2〉과 같다.

구조 및 공정이 단순하고 투자비용이 낮은 PM OLED를 중심으로 성장하여 왔으나 최근에는 저전력 긴 수명의 장점을 보유하고 있고 고해상도 및 대면적화에 유리한 AM OLED가 빠르게 성장하고 있다.

〈그림 6〉은 PM OLED와 AM OLED의 구조 단면도를 나타내고 있다. PMOLED에서 맨 아래 부분에 ITO coated glass가 있고 그 위에 red, green, blue의 빛이



〈그림 6〉 PM OLED와 AM OLED의 구조 단면도^[8]

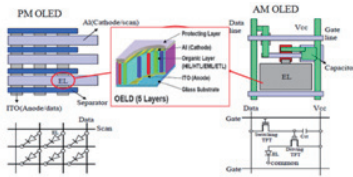
나오는 구조에 color filter를 주입하고 비발광 영역에는 inter insulator인 organic과 aluminum layer를 삽입하여 빛이 나오지 못 하게 하는 구조이다. 그런데 AM OLED 구조는 TFT LCD 구조와 비슷한 모양을 보이고 있다. 여기에는 발광 구조에 따라 유리관 방향으로 빛을 방출하는 배면발광(bottom emission)과 유리관 반대 방향으로 방출하는 전면발광(top emission)으로 빛을 나오게 하는 것이다.

〈그림 7〉 PM OLED와 AM OLED의 구조 및 회로도이다. 여기에서는 PM OLED는 diode 소자를 사용하였으며, AM OLED는 MOSFET 소자를 사용하였다. 우선 PM OLED는 N 개의 주사선을 순차적으로 하나씩 선택하여 선택된 주사선 위에 화소에 data 선으로부터 전류가 흘러 들어 발광한다. 이때 화소는 선택된 짧은 시간 동안만 발광한다. 그리고 하나의 영상 신호 frame 마다 1회 발광을 하고 보통 60Hz가 주파수 frame이다. 육안으로 볼 수 있는 화면 휘도는 한 frame 내에서 평균화된 값으로 나타낸다. 이것을 식으로 표현하면 아래 식과 같다.

$$L_s = \frac{L}{N}$$

where, L_s = 화면 휘도, L = 순간휘도, N = 주사선 수

화면 휘도(L_s)를 증가시키기 위해서는 선택될 때의 순간 휘도(L)을 증가시키거나 혹은 주사선 수(N)을 적게 하여야 한다. 그런데 주사선수가 많으면 순간 많으면 순간 휘도를 올려야 하고 이를 위해 OLED의 화소에 흐르는 전류와 인가전압을 크게 하여야 한다. 이는 소비전력을 크게 하는 원인이 된다. 반면에 AM OLED는 1개 화소마다 switching TFT와 driver TFT를 사용하고 있다. 그리고 C(Capacitor)는 driver TFT의 gate/source 사이의 전압을 유지하는 역할을 한다. 주사선과 data 선으로 선택된 switching TFT가 on 상태가 되면 Capacitor가 충전되고 driver TFT가 on 상태로 된다. Driver TFT가 on 상태가 되면 drain 전류가 흘러 OLED 화소가 발광한다.



〈그림 7〉 PM OLED와 AM OLED의 구조 및 회로도^[8]

〈표 3〉 PM OLED와 AM OLED 특성 비교

구분	PM OLED	AM OLED		
구동방법	Duty 구동 (Row line 선택 시 on)	Static 구동 (Anytime on)		
고휘도	주사선 수 증가하면 휘도 감소	보통	주선에 관계없이 고휘도	좋음
소비전력	고전압 필요	보통	저전압구동	좋음
소형화	외부에 구동 IC가 필요	좋음	구동 IC를 panel에 내장	좋음
소자구조	단순 matrix (단순 공정)	좋음	저온poly-si (복잡한 공정)	보통

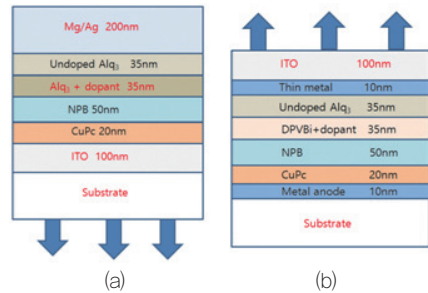
발광 강도는 신호에 따라 흐르는 drain 전류로 제어할 수 있으므로 중간조 계조 표시가 가능하다. 1 개 frame 사이에 일정한 휘도가 유지되므로 언제나 발광이 가능하다.

PM OLED의 장점은 구조와 공정이 단순하고 약 500억 원 정도의 낮은 투자비용이 든다. 단점은 소비전력이 높고 수명이 짧으며 고해상도의 구현이 어렵다. 반면에 AM OLED의 장점은 저전력, 긴 수명, 고해상도 및 대면적 화면이 가능하다. 단점으로는 제조공정이 조금 복잡하여 설비 투자 비용이 3000억 원에서 7000억 원 정도로 높다.

OLED의 발광색은 특정물질, 즉 발광층의 에너지 크기에 따라 red, green, blue로 결정될 수 있다. 〈그림 8〉은 green을 발광하는 OLED의 구조이다. Anode는 유리 기판 위에 sputtering 된 일 energy(5eV)가 높은 ITO(Indium Thin Oxide) 투명 전극, HIL(Hole Injection Layer) 작용을 하는 Copper Phthalocyanine(CuPc) 20nm 정도의 두께를 나타내고 있다.

HTL(Hole Transport Layer)는 Napta-Phenylbenzidine(NPB) 50nm 두께 정도이다. 발광층

PM OLED의 장점은 구조와 공정이 단순하고 약 500억 원 정도의 낮은 투자비용이 든다. 반면에 AM OLED의 장점은 저전력, 긴 수명, 고해상도 및 대면적 화면이 가능하다.



〈그림 8〉 (a) Down(Bottom) emitting OLED 적층 구조 (green 발광), (b) Up(Top) emitting OLED 적층 구조 (white 발광)

(Emitting Layer)은 fluorescent dye(Coumarin 540)로 doping된 tris(8-hydroxyquinolinato) aluminum Alq3(35nm)이다. Doping 되지 않는 Alq3층은 전자 수송 층(Electron Transport Layer)으로 쓰였으며 전극(Electrode)은 낮은 일함수를 가진 금속이다.

이 layer 들은 ITO/Substrate 위에 thermal evaporator로 증착하였다. Device를 통해서 전류를 흘리면 green이 발광된다.

〈그림 8(b)〉는 up(top) 발광 OLED 적층 구조로 백색 발광을 한다. 이 구조에서 백색 발광을 하기 위한 layer는 blue, green과 co-doping 되어 red로 염색된

Diphenylene-vinylene(DPV)를 35nm 정도 사용하였다. 따라서 이 백색 발광 emitter는 OLED screen으로 제조하기 위하여 color filter와 함께 사용한다. 이 OLED는 높은 luminance와 속력을 가지고 있어 display 사용하기에 적당하다.

그러나 대기 상태에서 수분과 산소에 민감해서 밀봉이 필요하다.

유기재료의 발광방식에 따라서는 단일항 발광 재료를 사용하는 형광(fluorescent) 재료와 삼중항 발광재료를 사용하는 인광(phosphorescent) 재료로 구분할 수 있으며 두 재료를 혼합하여 사용하는 hybrid 구조도 있다. 발광 구조에 따라 유리기판 방향으로 빛을 방출하는 배면발광(bottom emission)과 유리기판 반대방향으로 방출하는 전면발광(top emission)으로 구분할 수 있다. 저분자 재료는 진공증착 공정에 의해 증착되며 효율 및 신뢰성

〈표 4〉 OLED 소재 분류에 따른 특성

구분		형광	인광
재료	Host	Alq ₃	CBP
	Dopant	Rubrene, Quinacridone, DCJTBC	PI(POE), Ir(ppy) ₃ , FIrpic
발광 효율	IQE (Internal Quantum Efficiency)	25%	100%
	EQE(External Quantum Efficiency)	5%	20%
장점		재료가 안정적, 긴 수명	발광효율이 높음
단점		효율이 낮음	비쌌, 저급재료, color수명1000시간이내 Quenching 때문에 고휘도 효율저하

이 우수하여 현재 일반적으로 OLED 생산에 적용되고 있다. 고분자 재료는 주로 printing 방식의 용액 공정에 의해 막이 성장되며, 대면적 제작이 쉽고 저렴한 공정비용이 드는 장점이 있다. 인광 OLED는 재결합에 의해 형성된 여기자를 모두 발광에 이용할 수 있기 때문에 이론적 내부양자효율이 100%로 형광 OLED에 비해 이론 효율이 4배가 되어 우수한 반면 수명이 길지 않은 단점이 있다. 그러나 최근에는 개선된 인광재료 개발로 내부 양자효율과 함께 수명도 크게 길어져서 점차 상용제품에 사용되는 추세이다.

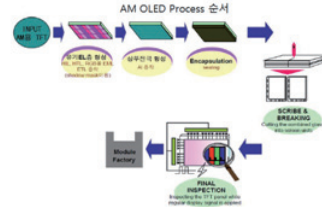
(2) 공정 방법

1) PM OLED 공정 순서⁹⁾



〈그림 9〉 PM OLED 공정 순서

2) AM OLED 공정순서



〈그림 10〉 AM OLED 공정 순서

〈표 5〉 OLED 공정 분류에 따른 핵심 기술

공정분야	박막 증착 기술	핵심 요소
유기박막 형성기술	대면적 진공증착	박막 균일도, 수율, Doping 분포도
	고균일도, 고수율	
	고분자 박막	균일도
OLED/TFT 복합공정기술	Process	미세 화소 형성, OLED/TFT 복합 양산화
	Pattern	
	Device	
Encapsulation 기술		긴 수명Encapsulation/ Passive
부품소재 장비개발		Multi chamber 증착 장비 개발, 양산 pilot 개발

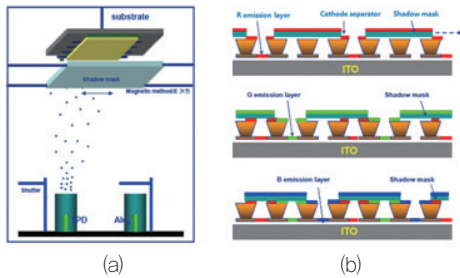
(3) OLED 제조 공정

가장 일반적인 OLED 제조 방법은 PVD(Physical Vapor Deposition), Screen printing, Inkjet print, In-line 제조 공정, Roll to roll 공정 등이 있다.

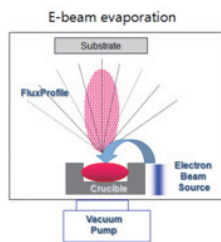
1) PVD(Physical Vapor Deposition)

이 PVD는 서로 다른 표면 위에 다양한 재료를 박막 형태로 증착 하는 진공 증착 기술 중에 일부 이다. 이 기술은 박막을 증착 하기 위하여 재료를 증기 형태로 만들어야 한다. 고체 재료에 열을 가하여 증발할 때까지 가열 (Thermal evaporation) 하거나 chamber 안을 진공으로 만들고 ion을 plasma 상태로 하여 sputtering한다 (Sputtering). 또는 외부의 ion, electron source로부터 beam을 만들어 그 beam 으로 재료를 가열하여 증착시킬 수 있다(e-beam evaporating). 작은 분자에 열을 가 열하여 기체 상태가 되어 유리 기판에 증착 한다.

여러 가지 color의 display는 적당히 짝 지워진 shadow mask를 이용하여 RGB 발광 재료를 증착한다.



〈그림 11〉 (a) Thermal evaporator의 개략도와 (b)진공 상태에서 RGB patterning 과정



〈그림 12〉 E-beam evaporator의 개략도

2) Thermal evaporator

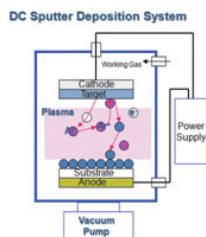
〈그림 11〉에서 Thermal evaporator는 전기 저항이 큰 heater를 사용하여 재료를 녹이고 증발될 때까지 열을 더 가한다. 이 공정은 높은 진공상태의 chamber에서 공정을 해야 한다.

3) E-beam evaporator

〈그림 12〉에서는 electron gun에 높은 전압을 가하여 고 energy의 beam인 electron beam을 만들어 crucible에 담겨 있는 재료를 녹여 증발시켜 증착한다.

4) Sputtering

〈그림 13〉에서 Sputtering은 일반적으로 Ar와 같은 높은 energy를 가진 ion으로 고체인 target에 충돌시켜 기판에 증착하는 공정이다. 전기적으로 전도성 물질



〈그림 13〉 DC Sputter의 개략도

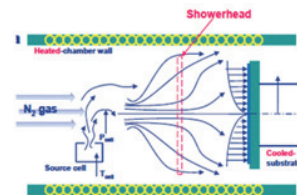
은 직류전원을 이용할 수 있다. 이 경우 target은 diode system에서 음극(Cathode)으로 작용한다. 그리고 기판은 양극(Anode)로 작용한다. 아울러 절연체 물질(실리콘 산화물, 알루미늄 산화물)은 Ar 원자에 energy를 공급하기 위해 RF 전원을 사용한다.

5) OVPD(Organic Vapor Phase Deposition)

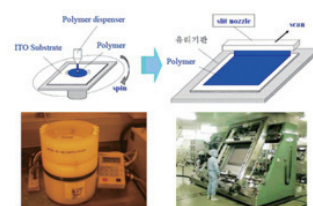
〈그림 14〉은 heat chamber에서 질소 carrier gas와 organic source 입자 함께 이동하면서 기판에 증착된다. 기판 표면에 냉각되어 이 gas들은 downstream 방법으로 증착된다. 이 과정에서 중요한 공정 조건은 reactor의 압력과 carrier gas가 organic source 입자를 얼마큼 포획하여 이동하는 비율이다. 〈그림 15〉의 기판에서 보듯이 중심과 끝 부분에서 두께 차이가 많이 나는 것이 단점이다.

6) Spin coating과 Screen printing

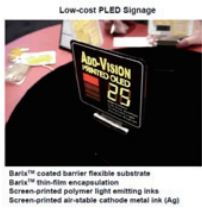
〈그림 15〉에서 일반적으로 대면적 위에 염색 film을 빠르고 비싸지 않는 증착 기술로 사용한다. 또 기판 위에 증착된 면은 정의 된 대로 pattern하기 쉽다. 꼭 필요한 screen printing 공정은 실(thread)로 엮어 천을 짜듯이 구성하는 것이다. 이 cloth(천)은 frame 안에서 단단히 stretch를 내는 것이다. 그리고 이 cloth 표면에 ink를 붓는다. Ink가 print 된 기판은 frame 된 cloth 아래 놓여 고정된다. 이러한 공정은 복잡한 stack 구조를 in-line



〈그림 14〉 진공 상태에서 OVPD 과정



〈그림 15〉 Spin coating와 slit nozzle 과정 및 장비



〈그림 16〉 Screen Printing으로 제작된 예^[10]

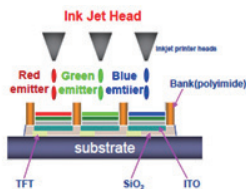
제조에 사용할 수 있다. 증착율과 수율도 높다. 이 공정은 큰 기판에서 조작할 수 있다.

7) Ink jet printing

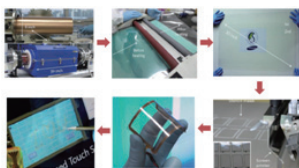
〈그림 17〉은 RGB ink를 분사할 때 그 용량을 정확히 조절하기 어렵다. 그리고 많이 사용하면 ink jet head가 굳어지고 분사한 후 기판에 균일도의 문제가 생긴다. 따라서 아직까지 불량률이 많아 다른 공정을 개발 중이다. 또한 재현성을 높이는데 노력 중이다. 이런 이유로 듀폰에서는 저분자 액체 재료를 연구 중이다.

8) Roll to roll process

〈그림 18〉은 Roller Printer로 OLED를 만드는 과정이다. 이 Roll to Roll 공정은 OLED flexible flat panel display 제조 공정에 있어서 혁명적이라 할 수 있다. 이 공정의 전제 조건은 기판이 flexible하여 Roller에 감겨야 한다. 따라서 이 공정을 3 가지로 나눌 수 있다. 첫째는 deposition, 둘째는 Patterning(Soft lithography, Inkjet printing), 셋째는 Packaging이다.



〈그림 17〉 Ink jet printing 과정



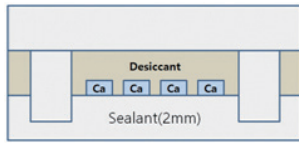
〈그림 18〉 Solution 공정이 가능한 Roll to roll process

이렇듯이 flexible OLED는 몇 가지의 중요하게 고려해야 할 사항이 있다. 첫 번째로 구부러질 수 있는 기판 (Metal, Plastic, Thin glass, Composite etc.)을 적용해야 하며 두 번째로 구부러져도 특성을 유지하는 TFT 소자 구조와 재료(Oxide TFT, Organic TFT etc.)이다. 아울러 가격이 저렴해야 하고 soluble, patternable 재료야 한다. 세 번째로 flexible 기판에 display 구동회로 내장이 가능하고 flexible circuit board에 적용할 수 있어야 한다. 네 번째로 기판이 휘어도 대응 가능한 발광 mode를 개발해야 한다. 그리고 마지막 다섯 번째로 flexible 기판 공정이 가능하고 저렴한 장비와 공정이 개발되어야 한다. 이 장비와 공정 중에 coating하거나 printing할 때 진공 상태가 아니어야 하며 Roll to Roll 또는 sheet type 형태로 빠르게 공정이 진행해야 한다.

9) Encapsulation

초기에 OLED display의 조명 등에 사용하는 N2와 같은 기체를 주입하여 밀봉하는 방법을 사용하였으나, 열전도성이 나쁘고 조명의 높은 power 입력에 견디지 못한다. 고휘도 점등된 경우 충전 단자 근방의 방열의 문제로 소자가 열을 받아 비정상적으로 가열되어 열과파가 일어나 파손되는 경우가 종종 발생한다. 일반적인 경우 불소계(F) 등의 절연성 오일을 사용하여 방열성을 어느 정도 높일 수 있었지만 생산력의 한계가 있었다.^[19] 그리고 OLED 기술 중 encapsulation 공정은 수명과 신뢰성을 좌우하는 핵심 기술이다. OLED 소자가 수분과 O2에 의해 열화(degradation)가 생겨 휘도(수명)가 감소하고 dark spot이 성장된다, 따라서 외부에서 유입되는 gas와 수분의 영향을 막기 위해 증착 후 metal can(cap), glass can, thin film 등으로 투명 cap으로 밀봉(encapsulation)하는 공정을 말한다. OLED 소자가 공기 중에 노출 되면 dark spot이 성장되고 pixel이 축소하며 발광면적이 감소하게 된다. 이런 결과로 전류밀도가 증가하여 수명이 감소하고 pixel이 죽게 된다.

OLED 소자를 다층박막으로 적층하여 밀봉하는 thin film encapsulation 기술과 desiccant 혹은 getter sheet를 glass 기판 사이에 삽입하고 epoxy resin을 자



〈그림 19〉 건조제(desiccant)를 이용한 encapsulation 기술 계략도

외선 curing하여 밀봉하는 glass encapsulation 기술이 있다. 그리고 이 두 기술을 혼합한 hybrid 기술도 있다. 아울러 최근에는 encapsulation film을 laminating하는 기술도 개발 중이다.^[11]

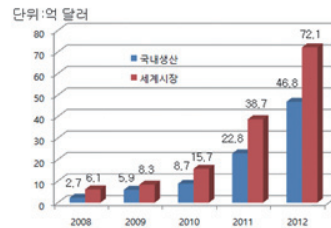
최근 일본 JSR은 새로운 유기 금속화합물의 건조제(desiccant)를 배합한 흡습제를 개발하였다. 이것을 〈그림 19〉에 모식도로 나타냈다. 이것은 각각의 화합물을 적절한 방법으로 탈 처리 한다.^[12]

또한 Lumitec社는 일반 값싼 평판 glass substrate에 gel type의 encapsulation 공정을 개발하였다. Gel은 액체와 동일하게 다루는데 쉽고 고체 봉지 같이 OLED 소자에 미치는 영향에 대한 어려움이 없다. 아울러 진공공정이 필요하지 않는 여러 장점이 있다. 이 gel 재료는 소자를 열화 시키지 않는 재료를 선정하고 일반적인 cap에 붙이는 흡습제를 대신하여 무기계 흡습제를 gel 속에 분산시킨 것이다. 전열성과 방열성을 향상시킴과 동시에 기존 것과 비교해도 전혀 뒤지지 않는 밀폐 성능을 실현하고 panel의 두께가 2.3mm로 slim화 하는데 공헌했다. 그 결과 142mm 크기의 panel에서 5,000cd/m²에서 비교하면 최대 12℃ 정도의 panel의 온도를 낮출 수 있다.^[13]

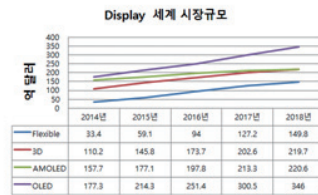
(3) OLED를 이용한 전기기기 기술 개발 동향

1) OLED display 국내의 시장 동향과 전망

2012년 국내 display 시장은 세계 50% 이상을 점유하고 있다. 2008년 국내 생산은 2억 7천만 달러, 수출은 2억 5천만 달러였다. 그리고 작년 2012년에는 생산이 46억 8천만 달러, 수출이 40억 5천만 달러로 15배 이상 증가하였다. 이것은 같은 기간 동안 6억 1천만 달러에서 72억



〈그림 20〉 OLED display 국내 생산 및 세계 시장규모



〈그림 21〉 차세대 display 세계 시장규모 전망

1천만 달러로 12배 증가한 세계 시장 규모를 능가하는 성장을 하였다.

세계의 차세대 display인 Flexible, 3D, AMOLED, OLED 시장은 기술 발전과 소비자 욕구에 의해서 크게 확대될 것이다. 〈그림 21〉에 OLED 세계 시장은 2014년 177억 달러, 2018년에는 346억 달러로 증가할 것이다. 차세대 display의 세계 시장규모는 같은 기간 동안 301억 달러에서 590억 달러로 증가될 것으로 전망한다.

단순히 투명한 것 외에도 가볍고 깨지지 않는 특성 때문에 종이처럼 둘둘 말거나 구부릴 수 있는 형태의 flexible display가 나타나고 있다. 이것은 contents를 감상할 때 향상

되고 몰입도가 높아지는 특징이 있어 휴대폰과 tablet PC 등의 개인용 mobile기기에 먼저 적용되었고 점차 TV 시장으로 확대되고 있다.

2) AMOLED TV 국내의 개발 동향과 전망

AMOLED의 장점은 첫째 자체 발광형으로 소자 자체가 스스로 발광해서 어두운 곳이나 외부의 빛이 들어올 때도 시인성이 좋은 특성을 가지고 있다. PDP나 LCD는 다른 display 제품은 밝은 햇살이나 옆쪽에서는 사람이나 사물이 잘 보이지 않지만 AMOLED는 선명하게 재생

〈표 6〉 AMOLED와 TFT LCD 비교

Specification	AMOLED	TFT LCD
Thickness	0.5mm	1.7mm
Module size	2.2 inch	2.2 inch
Resolution	OVGA(240×RG8×320)	OVGA(240×RG8×320)
Color	26만 color	26만 color
Contrast	10,000:1	500:01:00

할 수 있으며, 액정을 사용하지 않기 때문에 화질이 우수하고 명암대비가 선명하다. 둘째는 넓은 시야각을 가지고 있어 브라운관 TV처럼 바로 옆에서 보아도 화질이 변하지 않는다. 셋째는 응답속도가 빨라서 동영상 재생 시 자연스러운 영상을 볼 수 있다. 넷째는 초박막, 저전력의 특성을 가지고 있다. 〈표 6〉에는 AMOLED와 TFT LCD를 thickness, module size, resolution, color, contrast 대하여 비교표를 작성했다. 〈표 6〉에서 보듯이 Back light와 color filter가 필요 없기 때문에 panel 두께를 1mm까지 줄일 수 있어 LCD나 PDP에 비해 1/3 가량 얇고, 가볍게 만들 수 있으며, flexible substrate에까지 적용할 수 있는 가장 이상적인 flat panel display라 할 수 있다. 이런 특성 때문에 휴대용 기기의 경량화, slim화를 촉진하고 많은 battery 공간을 확보해 다양한 기능들을 추가할 수 있다.

AMOLED의 단점으로 낮은 수명과 생산 수율로 현재 판매되고 있는 AMOLED는 수명이 25,000 시간 정도로 비교적 짧다. 또 생산 수율이 낮아서 LCD에 비해 다소 비싸다. 신규 투자비용도 높아 대량 생산으로 손익분기점을 넘어선 LCD에 비해 비용 면에서 열악하다. 현재 시판 중인 OLED TV는 55inch인데 화면이 커질수록 화질 불균형, 재료의 열화로 인한 수명 단축, 기관 비용 증가 등의 문제가 급속히 증대하므로 대형화에 따른 단가 상승 문제를 해결할 생산기술이 뒷받침되어야 한다. 디스플레이 시장에 따르면 2009년 세계 OLED 시장 규모는 2008년 대비 33% 성장한 8억2천6백만 달러를 기록했으며 시장조사업체인 유비리서치(www.ubiresearch.co.kr)가 발간한 '2014 상반기 AMOLED 보고서'에 따르면 2014년 AMOLED 시장은 2013년 89억 달러에서 약 10% 성장한 100억 달러의 규모를 형성할 것으로 예상된다. 이

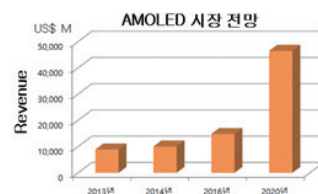
후 2016년부터 29억8천1백8십7만 달러로 평균 32%의 성장률을 보이며, 2020년에는 465억 규모로 성장할 전망이다.^[14]

2014년 OLED 시장은 업계의 OLED 투자 지연과 평가 하락에 의해 고속 성장세가 멈추고 약 10%의 낮은 성장률을 보일 것으로 예상된다.

그러나 삼성 display가 상반기에 Flexible OLED용 라인인 A3라인 장비 발주를 시작함에 따라 경쟁 업체인 LG display도 2015년경 plastic OLED 전용 6세대 line 과 55 inch의 이상의 대형 TV용 M3 line의 장비를 발주할 것으로 예상된다. 이에 따라 AMOLED 시장은 2015년부터는 다시 회복세로 돌아서며 2016년부터는 다시 고속 성장세가 이어진다는 전망이다.

2014년 상반기 AMOLED panel 시장 실적 또한 성장세를 회복했다. 또한 2014년 상반기 AMOLED panel 매출액은 약 50억 달러로 집계되었으며, 전반기 대비 21%의 성장률을 보였다. 유비리서치 측은 “갤럭시 S5를 비롯한 AMOLED panel을 탑재한 smart phone 출시가 증가하면서 성장률이 감소한 전반기와 다른 양상을 보인 것으로 추측 된다”고 설명했다.

2009년 15inch OLED TV를 출시했던 LG 전자가 2011년에 30inch OLED TV, 2014년 55inch를 출시했다. 삼성도 LG전자와 비슷하게 출시하였다. 한편 해외에서는 소니, 파나소닉, 미쓰비시전기 등 일본 기업들은 한국 기업을 추월하기 위하여 2008년 소니, 샤프, 도시바, 파나소닉 등의 주요 전자업체들과 대량생산에 필요한 기초기술을 공동으로 개발하기로 합의하였다. 이는 40inch이상의 대형 panel을 공동 개발하고 절전기술, 내구성 향상 기술을 개발하는 것이 핵심 내용이다. 또한 display 재로 및 제조 장비 회사들도 가세하고 업체 간에 synergy 효과를 창출할 수 있도록 경제산업성이 총 36억



〈그림 22〉 AMOLED 시장 전망 분석도



〈그림 23〉 LG와 삼성의 55 Inch AMOLED TV 제품과 Sony의 56 Inch의 OLED 시제품

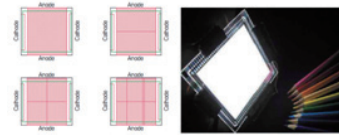
엔의 자금을 산업기술종합개발기구에 후원하고 있다. 대형 OLED panel 양산에 필요한 기술을 공동 개발함으로써 각 회사의 개발비를 줄여 가격 경쟁력을 높이는 한편 상용화시기를 앞당길 수 있을 것으로 업계는 기대하고 있다.^[15]

세계 display 시장의 50% 이상을 점유하고 있는 삼성과 LG의 변화는 주목할 필요가 있다. 삼성전자의 LCD 사업부가 삼성 display로 분사되고 LG display의 55 inch AMOLED TV 기술의 혁신 및 상용화 등 새로운 display 시장의 개척에 많은 노력을 기울이고 있다. 아울러 AUO의 Sony에 대한 투자가 진행 중이고 Japan display에서 Gen. 6 line을 위한 개발이 있고 AUO와 CMI의 mobile 용 TFT-LCD line을 AMOLED로 변경이 예상된다. 또 Sony의 AMOLED 사업이 재개되고 있다. 지난 1월 Las Vegas CES 2013에서 Sony는 full HD 보다 4배 선명한 56 inch OLED TV 시제품을 용액공정 기술 기반으로 파나소닉, 스미토모와 협력하여 공개하였다. 이것은 LG, 삼성이 주도하는 OLED TV 시장에 경쟁을 예고하는 것이다.

구체적으로 국내기업의 OLED 기술 투자 현황을 살펴보면 LG display에서는 구미공장과 파주공장에, 삼성도 천안공장과 탕정공장을 중심으로 대량 생산을 Gen. 4, Gen. 5.5, Gen. 8을 위한 기술 개발 및 투자를 진행하고 있다.

3) White OLED 면 광원을 이용한 BLU(Back Light Unit) 개발 동향과 전망

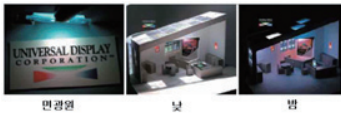
White OLED을 이용하여 백색 광원을 구현하면 고품질의 OLED display 뿐만아니라 LCD BLU와 일반 조명 등의 다양한 분야가 이루어 질 수 있어 유럽 및 미국을 중심으로 기술 선점을 위한 연구가 활발히 진행 중이다. 특히 white OLED를 이용한 광원의 경우 백열등이나 형광



〈그림 24〉 유럽 OLLA project에서 제안하는 white OLED 면광원 구조와 이를 이용한 Novaled에서 제작한 면광원

등과 같은 gas 상태 광원에 비해 energy 효율이 높다. 일반적으로 백열등의 효율이 16 lm/W이내에 비해 white OLED는 85 lm/W 높은 효율을 얻을 수 있으며 수명에서도 백열등 보다 오래 사용할 수 있다. 또한 반도체 광원에 비해 높은 Flux를 나타내기 때문에 반도체 광원만큼의 수명을 white OLED가 구현 한다면 차세대 광원으로 그 가능성은 높다. 유럽의 경우 여러 조명 업체가 consortium을 이루어 진행 중인 OLLA(Organic LED for Light Application) project를 기반으로 조명용 white OLED의 상업화에 저력을 기울이고 있다. Phillips Axitonix, IMN, Merck, IPMS, Novaled, Osram, Imec 등의 조명, 장비 및 소재 관련 업체들이 OLLA project는 white OLED를 광원으로 사용하기 위해서 각기 특정 분야에 역량을 가지고 있는 업체들이 공동으로 재료, 소자구조, 대면적 저가 공정용 장비 등을 연구 중이다.

미국의 경우 US department of energy의 중점 project인 SSL(Solid-State Lighting)을 통해 white OLED를 신광원으로 가능성을 연구하고 있다. 특히 고체 상태 광원인 반도체 광원과 white OLED 광원을 동시에 연구하고 있다. 미국은 SSL project를 통해 2010년 100 lm/W 정도의 효율을 가지는 white OLED 광원을 계획하고 조명시장 진입을 위한 사업화 준비도 UDC(Universal Display Company)를 중심으로 준비하고 있다. UDC에서 제안 하고 있는 OLED light house의 개념은 모든 층이 투명한 white OLED가 coating 된 창문에 대면적으로 만들어 창문대신 사용하게 되면 낮에는 창문으로 활용하고 밤에는 높은 효율을 갖는 white OLED 광원으로 사용함으로써 energy 소비 효율을 증대 시킬 것이다. 현재 전체 층이 투명한 white OLED가 보고되고 있고 유기물 재료의 특성상 투명한 소자를 제작하는 것은 어려운 일이 아니기 때문에 UDC에서 제안한 OLED light house는 곧 실용화 될 것으로 예상된다. White OLED는 면광원



〈그림 25〉 미국 UDC에서 개발한 면광원과 제안한 OLED light house^[16]

소자이기 때문에 차세대 LCD BLU로 그 가능성이 높다. 수명 문제를 제외하고 LCD용 BLU가 요구하는 휘도, 효율, 백색 spectrum 및 온도 민감성을 white OLED가 만족시킬 수 있기 때문에 연구 및 양산화가 진행되고 있다. 삼성전자의 경우 차세대 LCD BLU로 white OLED 소자를 채택하고 5세대 line 투자를 하고 국내 업체인 KDT는 월 100만대의 BLU를 생산할 수 있는 line을 가추고 사업 준비를 하고 있다. 특히 white OLED를 이용한 BLU는 제작 공정이 간단하고 저가 공정이며, 우수한 발광특성을 갖고 있다. Flexible 광원 제작이 가능하고 대면적 면발광 제작이 가능하기 때문에 대면적 LCD용 BLU로써 LED BLU와 치열한 경쟁을 하고 있다. 또한 LED BLU에 비해 epitaxy 성장에 의한 제약이 없고 여러 가지 유기 재료 등을 선택적으로 사용함으로써 높은 연색지수를 갖는 백색 구현이 가능하다.

OLED 면조명은 기존 백열등 대비 60%에서 90%까지 전력 절감 효과가 기대되는 저전력 특성과 design 혁신성을 나타내어 차세대 조명으로 부각되고 있다.

4) OLED 조명의 개발 동향과 전망

조명의 신기술 광원으로 OLED는 백색 LED 광원과 비교되곤 한다. LED가 반도체 chip을 사용하여 만들기 때문에 소형의 점광원이고 면광원화 하는데 부가적인 부품과 공정이 필요한데 반하여, OLED 조명은 panel 형태로 생산되므로 자체가 면광원이며 확산공이라는 특징이 있다. 확산광은 눈의 피로감을 줄이고 낮은 높이에서 넓은 면을 밝힐 수 있어 실내용 조명으로 적합하다. LED 조명 광원으로서 OLED는 display이 응용을 위한 OLED와 공통적인 기술 요소도 있지만, 각각 특징적 요소도 가지고 있다. 공통적 기술요소는 전력효율, 안정성, 수명, 제조가격 등이 있다. OLED display만의 기술요소는 미세화 소 pattern형성, contrast, resolution, 색재현 능

력 등이 있고 OLED 조명광원만의 기술요소는 연색지수 (Color Rendering Index, CRI), 대면적 발광 균일도, 색유지능력 등이 있다.

OLED 면조명은 신개념의 면광원으로서 기존 백열등 대비 60%에서 90%까지 전력 절감 효과가 기대되는 저전력 특성과 기존의 조명기기에서 볼 수 없는 design 혁신성을 나타내어 차세대 조명으로 부각되고 있다. 2년 전만 해도 시제품으로 선보인 OLED 조명의 외광효율이 20 lm/W를 넘지 못하고 휘도와 수명도 낮아 LED에 비해 늦게 주목 받기는 하였으나 2011년에 전력 효율 70 lm/W(백열전등 16 lm/W), 수명 10,000 시간 이상(백열전등 1,000 시간)의 우수한 특성을 나타내는 시제품들이 나와 상용화 시장에 OLED 조명이 진입 단계에 와 있

는 것으로 생각된다. 그리고 2020년에는 전력효율이 200 lm/W, 수명 20,000 시간이상, 가격 1\$/Klm 등의 성능 가진 OLED가 개발될 것으로 예상된다. 국내외 조명산업 예측 보고서 따르면 2020년에는 OLED 조명과 LED 조명과 함께 모

든 조명 시장을 대체할 것으로 예상된다. 일본 야노경제연구소의 보고서는 일본 OLED 조명 panel 시장 규모가 2012년에는 100억 엔을 초과 하고 2015년에는 540억 엔에 도달할 것이라 예측한다.

OSRAM은 세계 최초로 OLED stand 조명 제품을 출시한 이후 OLED 조명시장을 선도하고 있다. 세계적인 조명 designer 인 잉고마우러와 더불어 감성적인 조명 시제품들을 선보이며 조명기기에 예술적 감각을 부가하여 심미적 특성을 가미하여 marketing을 하고 있다. 최근에는 ORBEOS라는 제품으로 면 조명 panel 제품을 소량 생산하고 있다. 〈그림 29〉은 OSRAM의 ORBEOS 팔각형과 사각형 면 광원 조명을 이용한 제품을 보여주고



〈그림 26〉 OSRAM의 ORBEOS와 ORBEOS를 이용한 조명기기



〈그림 27〉 Philips 사의 Lumiblade와 교감형 OLED 조명

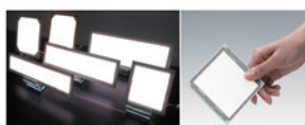
있다. 이 작은 panel들은 87 lm/W, 5000 cd/m²의 휘도에서도 75 lm/W라는 놀라운 전력효율을 나타내기도 했다.^[17]

Philips 사는 Lumiblade라는 OLED 조명 kit 상품을 판매하여 본격적으로 준비하고 있다. 유리를 기반으로 다양한 color와 다양한 모양을 갖는 광원을 이용하여 시제품을 선보이고 있다.〈그림 28〉

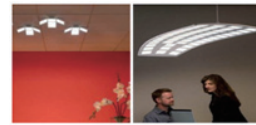
이것은 조명기술과 더불어 교감형(interactive) 조명의 신기술을 개발하여 시연하여 미래형 조명으로 새로운 model을 제시했다. 최근 Philips 사는 Konica Minolta와 공동으로 UDC의 인광발광체를 이용하여 45 lm/W의 전력효율을 나타내는 panel 제품을 출시하였다. Philips는 자신이 부족한 panel의 소재 및 제조 기술을 일본과 미국의 전문기업과 협력하여 개발하고 있다.

GE 사는 2007년 Konica Minolta와 partnership를 맺어 flexible OLED 조명 제작을 시현하여 저가형 OLED를 제작하였다. GE 사는 2010년부터 장식용 조명으로 시장에 진입한 후 2015년부터 본격적인 주 조명 시장에서 경쟁하고자 하는 load map을 발표했고 flexible OLED 조명에 많은 관심을 가지고 연구 개발을 진행하고 있다. 그러나 아직 시제품은 발표하지 못 했다.

파나소닉은 LCD color filter 공정에서 검증된 바 있는 slit coating method로 제작한 저가형 공정 광원을 발표하여 시장 경쟁력을 확보할 전략으로 시장 진입을 시도하고 있다. 피나소닉의 white OLED는 40 lm/W의 효율과 수명 20,000 시간의 특성과 함께 연색성 95를 갖는 것으로 발표하여 최고의 연색성을 가진 광원으로 보고하였다. 또 2010에 특수조명 시장을 필두로 점진적으로 확대할



〈그림 28〉 Lumiotec 사와 Panasonic 사의 OLED 조명



〈그림 29〉 LG화학의 OLED panel을 이용한 ACuity Brands의 조명기
것을 발표하였다.

Lumiotec 사는 미쓰비시 중공업, Rohm, Topanprinting, 三井物産, Junji Kido 교수 등이 2008년 설립한 OLED 조명 회사이다. 이 Lumiotec 사는 designer로 Keiji Akiba를 참여시켜 다양한 조명을 선보이고 있다. 또한 2009년 5,000 nit의 휘도에서 10,000 시간의 수명과 25 lm/W의 효율성을 갖는 OLED 조명을 발표하였다. 처음에는 15cm × 15cm 1개당 5만 엔의 비싼 가격이었으나 2012년에는 5천 엔, 2015년에는 1m²당 10,000 엔 수준으로 인하할 계획이다.

그 외에 Konica Minolta Holdings는 2006년 64 lm/W의 고효율의 white OLED를 발표했고 2008년 GE와 Philips와 전략적 제휴를 맺고 2012년에 본격적인 생산을 수립하고 있다. 그 외 일본회사로는 도호쿠 device가 초기 제품을 출시했으며, NEC, KANEKA, 고이즈미 조명 등이 시장에 진출할 계획이다.

국내에는 OLED display panel 및 소재 산업의 Samsung mobile display, 네오뷰코오롱, LG화학이 있고 전통조명 산업체인 금호전기, 필룩스 등이 본격적인 조명산업에 참여하기로 발표하였다. LG화학은 2011년 미국의 Acuity Brands Lighting과 협력하여 OLED조명 제품을 선보였다. 이 조명은 전력효율이 53 lm/W이고 수명(L70)은 15,000 시간이다.〈그림 27〉

III. 결론

지난 20년간 전자산업의 flat panel display는 반도체 및 전자통신과 더불어 현재 우리나라의 큰 근간을 이루는 산업으로 자리 매김하고 있다. 이러한 상황에서 저전력, 고화질, 얇은 막 단소화에 유리한 OLED가 최근 smart phone의 대중화로 성공적인 소형 display의 한 축을 차지하고 있다. LCD의 경우 액정 편향으로 인한 시야각 문제로 어려움을 겪고 있던 점이 개선되어 flexible display

가 장착된 휴대용 전자기기 및 대면적 TV가 출시되고 있으며 OLED를 장착한 투명 display의 등장도 기대된다. Nano 기술과 소재 개발에 힘입어 display의 기판 부분에 얇은 금속을 형성하게 되면 투과도도 개선되어 투명 화면을 통하여 주변 환경의 정보를 공유하여 증강현실 구현이 가능할 것이다. 이러한 장점은 창문, 벽지, 냉장고, TV, 계시판, 자동차 유리 등을 통하여 생활 정보를 알 수 있을 것이다.

가볍고 깨지지 않는 특성 때문에 종이처럼 말거나 구부릴 수 있는 형태의 flexible display가 나타나고 있다. 이것은 contents를 감상할 때 시야각이 향상되고 몰입도가 높아지는 특징이 있다. 이렇게 투명하고, 휘고, 접히는 차세대 display가 상용화 되어 flexible display를 적용한 smart phone이 2013년에 삼성은 Galaxy round로 LG는 G flex로 시도하여 출시하였다. 그러나 기존에 경쟁이 심화되고 hardware의 차별화가 어려운 TV에서 대규모 OLED 투자가 이루어질 것이다. 따라서 OLED TV의 향후 과제는 대 형화를 위한 성능, 수명 문제를 극복할 필요가 있다. 화면이 커질수록 화질 불균일, 재료의 열화로 인한 수명단축, 기판 비용 증가가 급속히 증대된다. 그런데 최근 OLED TV의 수명이 평균 50,000 시간 이상 수준에 접근해 사실상 문제가 해결되었다고 보고 있다. 다만 생산단가가 문제이다. OLED 자체 back light가 필요 없는 자체 발광이라 재료비가 LCD에 비해 덜 들어가지 때문에 OLED TV 시장에 따른 생산량이 늘어나면서 저절로 해결될 것으로 전망하고 있다.[디지털타임즈, 2008년 8월24일] 한편으로 OLED 광원으로 장점은 고휘도, 발광효율이 높고, 우수한 색순도, 대면적 면광원 제작 기능, 저가 공정, 다양한 재료의 기판 위에 공정이 가능한 것이다. 그러나 단점으로는 유기물 박막 재료의 수명 문제가 있다. 이 수명 문제는 우수한 유기물 소재의 개발과 저가의 대면적 공정 및 장비개발이 필요하다. 또 오랜 시간 소자가 작동한 후에도 색순도, 휘도, 색연색지도, 대면적 균일도 등의 특성 변화가 적은 안정된 소자를 구현해야한다. 그러면 조

OLED 조명은 panel 형태로 생산되므로 자체가 면광원이며 확산공이라는 특징이 있다. 확산광은 눈의 피로감을 줄이고 낮은 높이에서 넓은 면을 밝힐 수 있어 실내용 조명으로 적합하다.

명 시장에서 경쟁력을 가질 수 있다. 그리고 아울러 대면적 면 발광 소자를 안정하게 보호할 수 있는 새로운 개념의 encapsulation 기술이 개발되어야 한다.

현재 AMOLED display 기술은 많은 기업과 연구기관에서 진행되고 있다. 국내의 삼성과 LG가 주도적으로 개발하고 그 외에 다수의 연구기관에서 중점적으로 개발 및 연구를 하고 있다. 1990년 대에 TFT LCD 기술로 시작하여 차세대 display로 AMOLED가 개발되고 상업화를 진행하고 있고 여기에서는 AMOLED를 위한 TFT공정, OLED 전 공정, encapsulation공정 등 모든 기술이 포함되어 있으나 다만 소재의 원천기술이 아직 선진기업체에 비해 많이 부족하여 투자와 노력이 필요한 상황이다. 앞으로 OLED는 확고한 위치를 확보해가고 있기 때문에

미래에 시장규모는 예상보다 커질 것이다. 또한 OLED 기술을 이용하여 감성을 강조하는 조명기술도 display 기술의 발전을 가속화 시킬 것이다.

전통적인 조명 산업의 선두주자인 선진 기업인 OSRAM, Philips,

GE등은 기술 개발과 상용화를 위한 시각적인 노력을 하고 있으며, 또한 기존 OLED 산업에 참여해 온 산업체나 신규로 OLED 조명을 위하여 설립한 업체 등 다양한 산업체들이 OLED 조명 산업에 참여하고 있다. 각 산업체들은 2010년에서 2011년 사이에 대량생산으로 시장에 진입했고 2012년에는 본격적인 시장이 형성 되었으며, 2014년 현재는 대규모 기업뿐만 아니라 중소기업의 유명한 조명업체도 많은 관심과 투자를 하고 있다. 영국의 Thorn Lighting, 미국의 Acuity Brands Lighting, 프랑스의 Blackbody등이 OLED 조명의 새로운 design을 발표하면서 OLED 조명 panel이 공급되기를 기다리고 있다. 사무실, 공장, 등의 업무공간을 제외하고 조명기기 산업의 특성상 대규모 자본이 필요한 panel 및 module 공급은 대규모 기업에서, 조명기기는 중소기업에서 공급하는 생산체제로 발전할 가능성이 있다.



참고 문헌

[1] J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Mackay, R. H. Friend, P. L. Burns, A. B. Holmes, "Light-emitting diodes based on conjugated polymers", NATURE 347 (1990) 539-541.

[2] Touch Display Research, Touch and Emerging Display Monthly Report, July 2013

[3] 이충훈, "2012년 OLED산업 결산과 2013년 산업전망, UBI Research, 2012.

[4] C.W Tang and S.A. Vanslyke, "Organic electroluminescent diodes", Appl. Phys. Lett. 51 (21), 21 September, 1987, pp.913-915.]

[5] 흰히 보이는 차세대 디스플레이. "전자신문. page 88.]

[6] N. Thejo Kalyani, S.J. Dhoble "Organic light emitting diodes: Energy saving lighting technology A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews 16, 2012, pp. 2696-2723.

[7] 신백균, "AM OLED의 개요 및 기술전망", 디스플레이 기술교육센터, 2009. 10, pp. 42-43]

[8] LG Electronics Inc. 자료집

[9] Screen Printed OLED by Add-Vision

[10] Samuel P. et al., "Laboratory Thin-Film Encapsulation of Air-Sensitive Organic Semiconductor Devices", IEEE Transactions on Electron Device, vol. 57, no. 1, January 2010, pp. 153-156.

[11] Takayuki Arai, "有機EL向け新規デシカント材料", JSR Technical Review no. 120, 2013, pp. 12-17.

[12] Keiichi Hiri et al., "次世代 照明の本命, 有機EL 照明 パネルの開発と量産化", 三菱重工技報 vol. 49, no. 1, 2012, pp. 50-55.

[13] 유비리서치(www.ubiresearch.co.kr)

[14] 일본경제신문, 2010, 7, 11.

[15] UDC, World record represents a 20 lm/W white light OLED lab. device.

[16] AMOLED TV 경쟁력 분석, Display Bank, 2012.



이종근

- 1988년 2월 인하대학교 공과대학 응용물리학과 (공학사)
- 1991년 2월 인하대학교 공과대학 응용물리학과 (공학석사)
- 1998년 2월 인하대학교 공과대학 전자재료공학과 (공학박사)
- 1998년 3월~1999년 8월
인하대학교 플라즈마센터 연구원
- 1999년 9월~2001년 8월 에디벤처 연구개발부장
- 2001년 9월~2002년 8월
인하대학교 반도체 및 박막기술연구소
박사후연구원
- 2002년 9월~2004년 7월 네오칩스 수석연구원
- 2004년 8월~현재 부천대학교 전자공학과 교수

<관심분야>

반도체 설계 및 공정/장비, VHDL 및 FPGA설계