

유기 EL 디스플레이

김한기#

Introduction of Organic Light Emitting Diodes (OLEDs)

Han-Ki Kim

1. 서론

디스플레이는 전자기기의 전기적 정보신호를 인간이 필요로 하는 문자, 도형, 그림, 화상으로 변화시키는 전자기기와 사람간의 인터페이스로서 인터넷으로 대표되는 고도의 정보화 사회가 도래함에 따라 그 중요성이 심화되어 가고 있다. 특히 기존의 음극선관 (CRT) 디스플레이가 가지는 장치공간, 소비전력, 중량 등의 단점을 해결할 수 있으며 경박단소의 특징을 갖는 평판 디스플레이 장치로의 전환이 급속하게 이루어 지고 있는 추세이다. 그 중 액정 디스플레이 (LCD)는 가볍고 전력 소모가 적고 최근 대면적 다량 생산이 가능해져 앞으로도 상당기간 평판 디스플레이의 주력으로 자리 매김할 것이 예측된다. 그러나 LCD 는 자체발광소자가 아닌 수광 소자이기 때문에 밝기, 시야각, 응답속도, 대조비, 및 공정의 복잡성이란 단점을 가지고 있으며 이러한 단점을 극복할 수 있는 새로운 차세대 평판 디스플레이에 대한 개발이 활발히 진행 중에 있다[1~2]. 새로운 평판 디스플레이 중 하나인 유기물 EL 소자는 저전압 구동, 높은 발광효율, 넓은 시야각, 빠른 응답속도, 얇고 가벼운 디스플레이라는 장점을 가지고 있어 고화질의 동영상을 표시할 수 있는 차세대 디스플레이 기술 중 하나로 기술개발이 활발하게 이루어지고 있다. 1986 년에 미국 Kodak 사의 C. W. Tang 이[3] 유기착화화합물 박막을 이용하여 유기물 발광 소자의 가능성을 보여준 이후 유기물 EL 소자의 상업화를 위한 많은 연구가 진행되었으며 1996 년에는 일본의 동북 파이오니어전자가 유기 단분자를 진공 증착하여 녹색 유기 전기발광 디

스플레이를 최초로 상품화 하였으며 이후 일본, 한국, 대만의 많은 후발 기업들이 상품화에 성공하여 지금은 핸드폰, PM3, PDA 등의 많은 정보 전자기기에 외부 표시용 디스플레이 소자로 사용되고 있다.

이와 같이 차세대 평판 디스플레이 기술로 크게 주목 받고 있는 유기물 EL 소자를 개발하거나 경쟁력 있는 기술을 갖기 위해서는 유기물 EL 소자의 작동 및 발광 원리, 소자의 구조, 제조공정 및 재료에 대한 전반적인 이해가 필요하다. 따라서 본 글에서는 유기물 EL 소자의 구조를 기초로 한 유기물 전기 발광소자의 작동원리, 제조공정 그리고 유기물 EL 소자의 연구 현황 및 기술동향에 대해 소개하고 더 나아가 현재 이슈화 되고 있는 문제점에 대해 기술하고자 한다.

2. 유기물 EL 소자의 구조 및 발광원리

저분자 유기물 EL 소자는 Fig. 1에서와 같이 높은 일함수를 가지는 투명 전극(ITO, IZO)인 양극과 낮은 일함수를 가지는 금속(Ca, Li, Mg, Al:Li, Al, Mg-Ag) 음극 사이에 다층의 유기물이 박막 형태로 존재하는 구조로 되어 있다. 이때 투명 전극상에는 그 특성 및 역할에 따라 정공주입층, 정공전달층, 발광층, 정공속박층, 전자전달층, 전자주입층이 순차적으로 형성되어 있으며 발광층에 도핑을 통하여 청색, 녹색, 적색 발광을 구현하게 된다[4]. 여기서 정공 주입층은 정공의 주입을 원활하게 해주는 역할을 하며, 정공전달층은 정공을 발광층까지 전달시키며, 발광층은 청색, 녹색, 적색의 발광이 일어나는 층이다. 인광재료를 사용

교신저자 : 국립금오공과대학교 신소재시스템공학부
E-mail : hkkim@kumoh.ac.kr

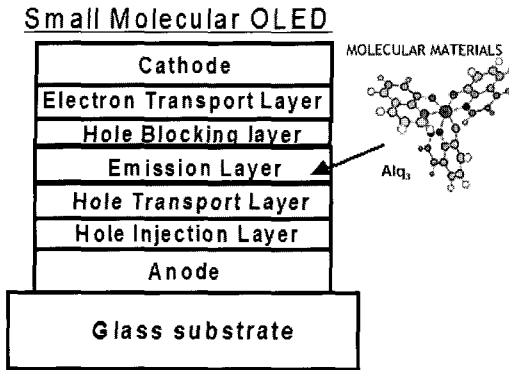


Fig. 1 Schematic diagram of small molecule based OLEDs

할 때 사용하는 정공 속박층은 정공이 발광층이 넘어가지 않도록 장벽의 역할을 하며 전자전달층은 음극으로부터 주입된 전자가 발광층으로 빠르게 이동할 수 있게 해준다. 이처럼 유기 EL 소자를 다층 박막 구조로 제작하는 이유는 유기 물질의 경우 무기 물질과 달리 정공의 이동도가 빠르기 때문에 정공 전달층과 전자 전달층 및 정공 속박층을 사용하여 정공과 전자가 발광층으로 효과적으로 전달될 수 있기 때문이다[5~6].

이렇게 구성된 소자의 투명전극 양극과 금속 음극에 순방향의 직류전압을 인가하면 사용한 유기 단분자의 박막의 종류와 두께에 따라 조금씩 차이는 있지만 2V~7V 사이의 전압에서 소자가 빛을 내기 시작한다. 일반적으로 알려진 무기물 다이오드의 경우 도핑된 p 형 반도체와 n 형 반도체가 p-n 접합에 의해서 발광되며 발광영역이 p-n 접합 부분에 한정되는 특징을 가지지만 유기물 EL 소자의 경우 양극과 음극에서 각각 정공과 전자가 주입되고 주입된 정공과 전자가 결합하여 여기자(exciton)를 형성하고 이러한 여기자가 바닥상태로 떨어지면서 빛을 방출하게 된다. Fig. 2에 다층 저분자 유기물 EL 소자의 에너지띠(energy band structure) 구조를 이용하여 발광원리를 나타내고 있다. 양극인 ITO 전극에서 유기층의 HOMO(Highest Occupied Molecular Orbital) 준위로 전자가 주입되고, 음극에서는 유기물의 LUMO(Lowest Occupied Molecular Orbital) 준위로 전자가 주입된 후 각각 정공수송층과 전자수송층을 통해 발광층으로 이동하게 된다. 발광층으로 이동한 정공과

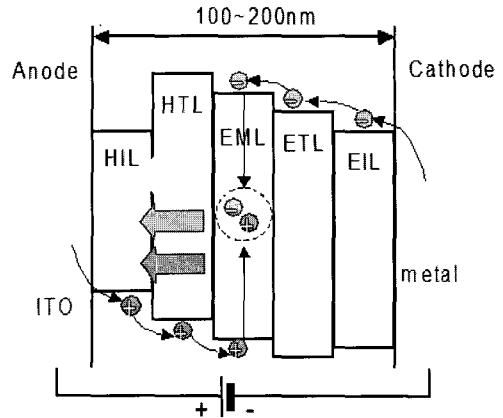


Fig. 2 Energy band diagram of a multilayer OLED

전자는 여기자를 형성하고 생성된 여기자가 기저상태로 떨어지면서 빛을 내게 된다. 이때 발광층에서 발광전이가 효과적으로 일어나도록 형광 색소 또는 인광 색소를 도핑하는데 주재료(host)에서 생성된 여기자가 도핑된 색소로 효과적으로 전달되는 것이 중요하다.

여기자의 상태는 일중항 상태와 삼중항 상태가 1:3의 확률로 존재하며 일중항 상태에서 기저상태로 떨어질 때에만 발광이 가능한데 이것을 형광(fluorescence)이라 하고 이러한 이유 때문에 내부양자효율은 이론적으로 25%를 넘을 수 없다고 알려져 왔다[2]. 그러나 스핀-궤도 결합과 같은 섭동에 의해 삼중항 여기자도 빛을 낼 수 있으며 이것을 인광(phosphorescence)이라 한다. 즉 인광 색소가 있는 단일항 여기자는 스핀-궤도 결합에 의해 삼중항 상태로 intersystem crossing (ISC)을 하고 삼중항 상태에서 바닥상태로 인광을 내면 천이하는 것이다 [7]. Princeton 대학의 S. R. Forrest 교수팀은 이러한 스핀-궤도 결합이 큰 Ir 이나 Pt 와 같은 무거운 원소를 중심에 갖는 인광 색소를 이용하여 삼중항 상태에서도 효과적으로 빛을 발광할 수 있는 녹색과 적색의 유기 EL 소자를 개발함으로써 인광재료의 사용가능성을 알렸다[2,8]. Fig. 3은 유기 EL 소자의 여기자 생성 및 발광 기구를 나타내고 있다.

3. 유기물 EL 소자의 종류

3. 1 수동형 OLED 와 능동형 OLED

유기 EL 소자는 소자의 구동 방식에 따라 크게

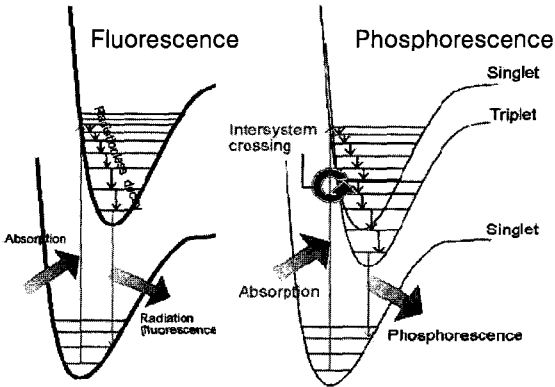
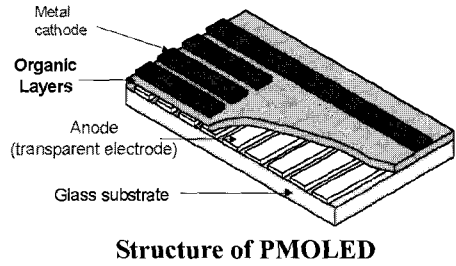


Fig. 3 Fluorescence and phosphorescence

수동형 유기 EL 소자 (Passive Matrix OLED: PMOLED)와 능동형 유기 EL 소자 (Active Matrix OLED: AMOLED)로 나눌 수 있다. 먼저 Fig. 4에 나타낸 수동형 유기 EL 소자의 경우 투명 전극인 양극과 금속 전극인 음극이 중, 횡으로 교차하는 교점을 선택하여 빛을 내게 하는 것으로 문자나 그림을 표시하는 방식이다. 즉 고휘도에서 한 라인에 빛을 밝히고 다음 순간에 다음 라인을 밝히는 방식으로 눈에 비친 잔상을 이용하여 한 장의 문자, 그림을 인식시키는 것이 수동형 유기 EL 소자이다. 만약 디스플레이의 휘도로 100 칸델라의 밝기가 필요하고, 현재 500 라인이 있는 경우 순간적으로 필요한 휘도는 $100 \times 500 = 50,000$ 칸델라이다. 따라서 순간 휘도가 매우 높기 때문에 소비전력이 많이 필요하게 되고 이로 인해 수명이 짧아지는 단점을 가지고 있다. 그러나 구조가 간단하여 매우 간단하게 제조할 수 있고 현재 상품화되어 있는 유기 EL 디스플레이의 대부분은 수동형 유기 EL 소자이다.

Fig. 5에 나타내듯이 능동형 유기 EL 소자의 경우 하나하나의 화소마다 스위칭 소자로서 2개 이상의 TFT (Thin film transistor)가 붙어 있어 유기 EL의 발광 휘도를 조절하게 된다.

능동형의 경우 발광에 필요한 전류는 캐패시터로부터 공급 받게 된다[2]. 이 때문에 수동형처럼 순간적으로 한 라인씩 빛을 밝혀서 다음 라인으로 이동하는 것이 아니라 TFT에 의해 On 되는 곳은 계속 On 상태이다. 때문에 100 칸델라가 필요한 경우 전체적으로도 100 칸델라 만으로도 충분



Structure of PMOLED



Fig. 4 (a) Structure of passive matrix OLED(PMOLED) and (b) PMOLED products

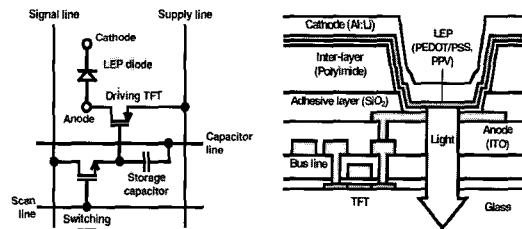


Fig. 5 Active matrix OLED (AMOLED)

분하기 때문에 수동형에 비해 낮은 전압 구동을 할 수 있다. 저소비 전력이기 때문에 효율이 좋고 화소의 수명도 길 뿐더러 대형 디스플레이로의 제작이 가능한 방식이다. 그러나 TFT를 사용하여 구동하기 때문에 그만큼 제조 비용이 높으며 TFT 기술이 같이 동반되어야 한다.

3. 2 저분자 OLED와 고분자 OLED

유기물 EL 소자는 유기물의 분자량 차이에 따라 저분자(단분자) EL 소자와 고분자 EL 소자로 나눌 수 있다. 저분자형의 경우 분자량 1000 이하를 가지는 유기물을 이용하여 제작한 EL 소자로서 진공 증착법에 의하여 막막형성 및 다층 박막

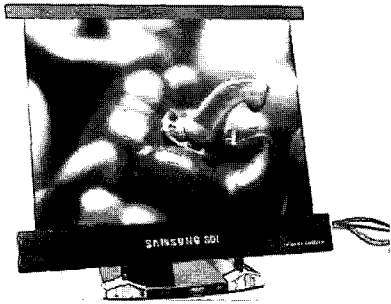


Fig. 6 Prototype monitor using small molecule OLED (Samsung SDI)

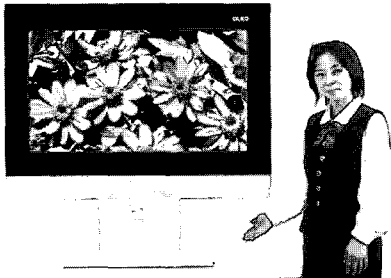


Fig. 7 Prototype TV using polymer OLED (Seiko-Epson)

형성이 가능한 장점을 가지고 있다. 이 다층구조는 미국 Kodak 사의 Tang 이 제안한 아이디어로 지금까지 저분자 EL 소자의 기초가 된 방식이다 [3]. Fig. 6은 단분자 EL 소자인 Alq_3 를 기본으로 한 OLED 를 나타낸다. 이러한 저분자 OLED 의 특징은 발광 효율이 높고 수명이 상대적으로 길고 다층 구조를 구현할 수 있어 소자의 다양화 및 효율 향상이 가능하다. 그러나 진공 증착법을 사용하기 때문에 유기 재료의 이용 효율이 수% 대단히 낮고 증착 속도가 늦어 제조에 필요한 시간이 많이 소모된다. 뿐만 아니라 얇은 금속 새도 마스크를 이용하여 적색, 녹색, 청색을 패터닝하기 때문에 마스크의 위치 정밀도 문제에 의해 고정세화의 한계를 가지고 있다.

분자량 1 만 이상의 고분자를 이용하는 고분자 OLED 의 경우 저분자 유기물에 비해 소자의 물리적 강도면으로 볼 때 유리하고 또한 코팅 방식을 이용하여 간편하게 소자를 제조 할 수 있다는데

그 장점이 있다. 뿐만 아니라 인쇄의 정밀도가 높아서 고정세 디스플레이의 제조에도 적합할 뿐만 아니라 Fig. 7 에서 볼 수 있듯이 40 인치 이상의 대형 기관에도 적용이 가능하다. 즉 대형 OLED 패널제조에 있어 고분자를 잉크젯으로 인쇄하는 방식이 궁극적인 대안이다.

그러나 단층 구조로 채용되기 때문에 단일 재료로 전자와 정공의 주입 균형, 높은 발광 효율, 성막성, 내열성 등의 요구 조건을 만족시키기가 어려워 상대적으로 낮은 효율, 낮은 수명, 청색 발광 재료 개발어려움과 같은 단점을 가지고 있다. 즉 고분자 재료의 특성이 저분자 재료에 비해 열세에 있는 것이 현실이다.

3. 3 배면 발광 OLED 와 전면 발광 OLED

TFT 기관을 이용하여 제작하는 능동형 EL 소자는 발광하는 빛의 방향에 따라 배면 발광 (Bottom emission OLED), 전면 발광 (Top emission OLED), 양면 발광 (Transparent OLED)으로 나눌 수 있다[2] 먼저 배면 발광 OLED 를 살펴보면 능동형 OLED 의 경우 하나의 화소에 TFT 와 Capacitor 등의 회로를 같이 넣기 때문에 Fig. 8 에서 알 수 있듯이 실제 빛이 나오는 부분이 가려져 작아지게 된다. 즉 화소를 구동하게 되는 소자가 발광하는 빛을 가려서 휘도의 감소를 유발하게 된다. 이렇게 개구율이 작아지게 되면 필요한 휘도를 얻기 위해선 더 많은 전류가 주입되어야 하고 이로 인해 소자의 수명이 영향을 받게 된다.

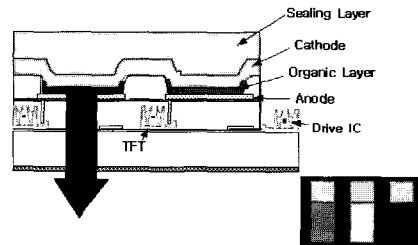


Fig. 8 Bottom emission OLED and pixel of BOLED

이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발된 것이 전면발광 혹은 양면 발광 OLED 이다. TFT 기관 위에 형성된 OLED 에서 나오는 빛이 기관의 반대방향으로 나오게 한다면 발광 면적을 넓힐 수 있어 전압과 휘도, 전류가 낮아지고 수명도 길어지는 장점을 가지게 된다. 그러나 Fig. 9 에 나타내듯이

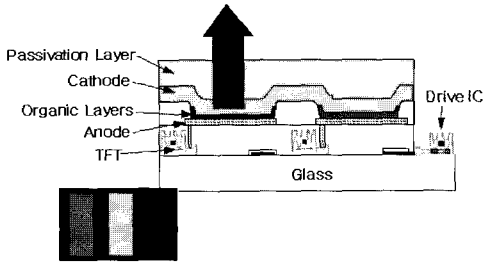


Fig. 9 Top emission OLED and pixel of TOLED

배면발광 OLED와 달리 음극 전극과 흡습제, 봉지기가 모두 투명해야 하기 때문에 이를 위한 새로운 공정이 필요하게 된다. 특히 음극이 투명해야 하기 때문에 투명한 정도의 아주 얇은 금속(Mg-Ag)을 음극으로 삽입하고 그 위에 다시 투명 전극을 형성시키는 투명 음극 제작 기술이 필요하게 된다. 그러나 스퍼터를 이용하는 기존의 투명 전극 형성 기술을 직접 적용하기 어려워 새로운 방식의 투명 전극 성막 공법 개발이 필요한 상황이다.

4. RGB 칼라화 방법

적색, 녹색, 청색 풀 칼라의 유기 EL 소자를 제작하기 위해서는 Fig. 10에 나타난 대표적인 칼라화 방법 중 하나를 선택해야 한다[2,4].

먼저 가장 많이 쓰이고 있는 방식이 개별 화소형(Individual pixel type) 방식이다. 저분자 유기물을 이용하여 개별 화소를 만들기 위해서는 금속 새도 마스크를 이용하여 원하는 화소 이외의 부분은 가린 후 적색, 녹색, 청색을 각각 증착해야 한다. 따라서 화소가 작아지고 유리 기판이 커짐에 따라 이 방식으로 풀칼라를 구현하기는 어려워진다. 또한 적색, 녹색, 청색 각 화소 수명이 동일해야만 장시간 구동 시 색상을 유지할 수 있으나 현재 각 색상별 수명에 차이가 있어 디스플레이 수명에 영향을 주고 있다. 두 번째 방식은 기판과 양극 전극 사이에 적색, 녹색, 청색의 색 변환 필름(Color converting film: CCF)를 삽입하고 그 위에 청색 OLED를 제작하여 풀칼라를 구현하는 방식이다. 각 화소별 수명이 동일하기 때문에 경쟁력 있는 방법으로 고해상도의 디스플레이에 적합한 방식으로 고려되고 있다. 그러나 CCF를 제작하는 공정이 기존의 LCD에서 사용하는 칼라필

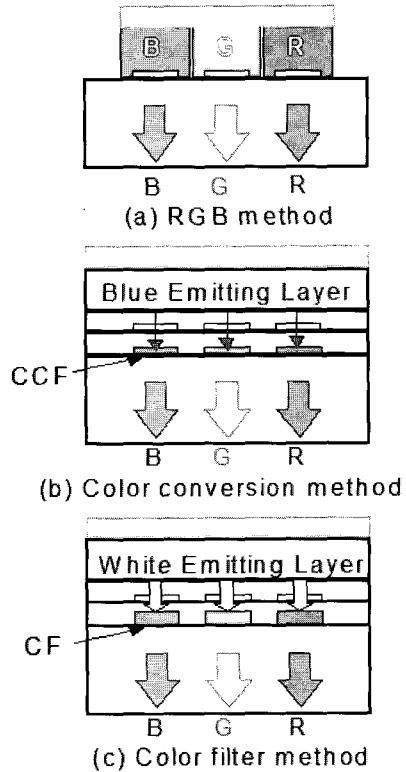


Fig.10 RGB full color method of OLED



Fig.11 White CCF pixel type 40 inch OLED

터필름을 제작하는 공정과 동일한 공정을 거쳐야 하므로 생산 비용이 증가하는 단점을 가지고 있다. 마지막 방식은 LCD와 유사한 방식으로 각 색상별 CCF를 기판에 부착하고 그 위에 백색광 OLED를 형성하는 것이다. 그러나 칼라필터가 해당 색상의 일부를 흡수하기 때문에 효율이 낮아지고 전력소모가 높아지는 단점을 가지고 있다. 최근 삼성전사에서 개발한 40인치 OLED TV의

경우가 이방식을 이용하여 풀칼라를 구현한 것이다(Fig. 11).

5. 유기물 EL 소자 제조공정

유기 EL 소자를 제작하기 위해선 크게 순서에 따라 패턴 형성 공정, 박막 증착 공정, 봉지 공정으로 크게 나눌 수 있다[9]. 이때 능동형 OLED 라면 패턴 형성 공정전에 TFT 기판을 제작하는 공정이 추가가 되게 된다. 여기서는 저분자 EL 소자를 기초로 한 수동형 OLED 의 제작공정을 살펴보기로 한다.

5. 1 Pattern 형성 공정

정공을 주입하기 위한 ITO 투명 전극을 sputtering 이나 ion plating 과 같은 기술을 이용하여 성막 시킨다. 유기 EL 소자는 전하 주입형 발광 소자이기 때문에 ITO 와 유기물 계면간 특성이 소자의 특성에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 전기적특성, 투과도, 표면 균일도, 표면 거칠기가 충분히 고려된 ITO 전극이 사용되어야 한다. 성막 후 ITO 유리 기판에 붙어 있는 유분이나 particle 을 제거하기 위하여 알칼리 혹은 중성 세제를 사용하여 초음파 처리를 한 후 DI water 로 세척하고 다시 IR/UV 광원을 조사 시켜 고온에서 완전히 건조 시킨다. 이 작업이 끝나면 일반적인 photolithography 공정을 이용하여 ITO 패터닝을 위한 PR 마스크를 ITO 상에 형성 시킨다. 이 과정이 끝나면 wet-etching 을 통해 ITO 전극을 선택적으로 제거해 내는데 etchant 로는 $HCl+Fe_2Cl_3+H_2O$ 용액이나 $HCl+HNO_3+H_2O$ 용액을 사용한다. ITO 를 etching 하고 나면 남아있는 PR 을 제거해 주어야 하는데 이 과정을 stripping 이라 한다. ITO patterning 이 완성된 유기기판 위에 pixel 로 사용할 영역을 제외한 모든 영역에 절연층을 형성하는데 이는 각 pixel 이 전기적으로 독립된 구동을 가능케 하기 위함이다. Photoresist 나 polyimide 와 같은 전기적으로 충분한 절연 효과가 있으면서 감광 특성을 가지는 고분자 재료를 사용하며 이 역시 일반적인 photolithography 공정을 통해 patterning 을 하게 된다. 절연층의 patterning 이 완료된 후에는 ITO pixel 들이 형성된 기판 위에 음극 분리 격벽을 patterning 하게 되는데 이는 급속 음극 전극 형성 시 음극라인에 의한 전기적 short 를 방지하기 위함이다. 이러한 격벽은 전기적으로 절연 효

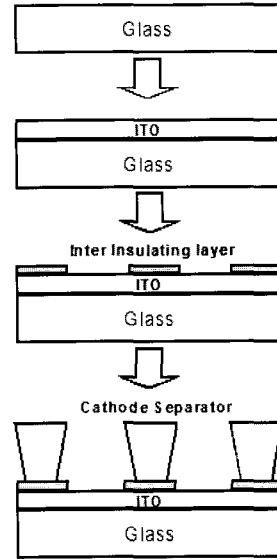


Fig.12 Patterning process of PMOLED

과가 있어야 하며 인접 pixel 들간의 음극선을 차단시킬 수 있는 reverse taper angle 의 형성이 가능한 negative PR 을 주로 사용하게 된다. Negative PR 의 두께는 약 3~5 μm 를 유지하도록 하고 분리 격벽의 reverse taper angle 이 형성되도록 UV 에너지의 양과 현상 시간을 적절히 조절해야 한다. Fig. 12 는 전체 patterning 공정을 간략하게 묘사하고 있다.

5. 2 진공 박막 증착 공정

Patterning 이 된 ITO 기판을 유기물 박막 증착 공정에 투입하기 전에 기판 위에 존재하는 입자나 오염을 제거하기 위해 DI water 세정과 초음파 세정을 거치게 된다. 이렇게 세정이 끝난 기판을 건조한 다음 진공 챔버에 주입하여 UV 오존 처리와 플라즈마 표면 처리를 하게 되는데 이는 잔존하는 유기물을 제거할 뿐만 아니라 ITO 의 일 함수를 증가시키는 역할까지 동시에 수행하게 된다. 즉 정공주입층의 일 함수와 ITO 일 함수의 차이를 최소로 줄여 정공의 주입을 원활 하게 함으로써 소자의 효율 및 특성을 향상시킬 수 있다[1].

ITO 의 표면처리가 끝나면 본격적으로 유기물 박막을 증착하게 되는데 이때 유기물 재료는 높은 증기압을 가지고 고온에서 분해, 변성이 용이하지 않고, 분말 상태에서 열 전도도가 낮은 특성을 갖추어야 한다. 유기 EL 소자는 3~6 종류의 유기물

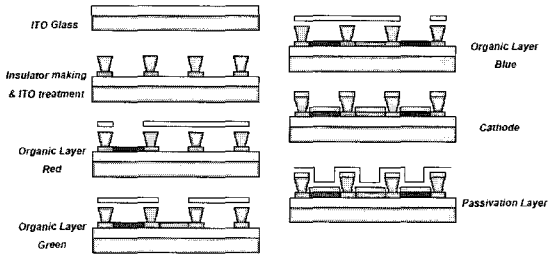


Fig.13 Organic and metal electrode deposition processes

재료가 다른 박막으로 구성되어 있어 오염을 고려하면 각기 독립적인 챔버에서 증착하는 것이 바람직하다. 먼저 처음으로 성막이 되는 정공주입층은 소자 내에 정공의 주입이 원활하게 되도록 하는 층인데 CuPc 나 m-MTDATA 같은 물질을 사용한다[10]. 둘째 정공 수송층은 주입된 정공을 발광층으로 빠르게 수송하는 목적을 가지고 있는데 일반적으로 α -NPD, NPB, 또는 TPD 등의 물질을 사용한다[10]. 발광층의 경우 음극과 양극에서 주입된 전자와 정공의 재결합이 이루어 지는데 host 와 dopant 의 선택에 따라 발광 특성을 조정하게 된다. 전자수송층의 경우 음극에서 공급된 전자의 원활 한 수송이 목적인 층인데 주로 Alq₃ 나 TAZ 이 사용되고 있다. 마지막으로 금속과 유기 층간의 계면 특성을 개선하고 전자의 주입 특성을 향상시키기 위하여 LiF 와 같은 완충층을 성막하기도 하는데 무기절연물질을 이용하여 5~10Å 의 두께로 성막 하게 된다. 이렇게 유기물 박막 성막 공정이 끝나게 되면 마지막으로 금속 음극 전극을 증착하는데 일반적으로 Mg, Ag, Mg-Ag, Li-Al, Al, LiF-Al 등의 재료를 Thermal-evaporation 방법을 이용하여 증착하게 된다. 이러한 전극 재료들은 700oC 이상의 고온에서 증발되므로 복사열에 의한 유기물 박막의 손상의 우려가 있어 기판 온도를 항상 80oC 이하로 유지시켜 주어야 한다. Fig.13 은 전체적인 유기물 성막 공정을 간단하게 나타내고 있다.

5. 3 봉지공정

유기물질 특성상 수분과 산소로부터 EL 소자를 완전 차단시키는 것은 봉지 공정의 핵심이라고 할 수 있다. 수분이나 산소가 EL 소자에 침투하게 되면 Fig.14 에 나타내듯이 유기물 혹은 전극과 반응하여 암점 (dark spot)을 유발하여 유기 EL 의 특

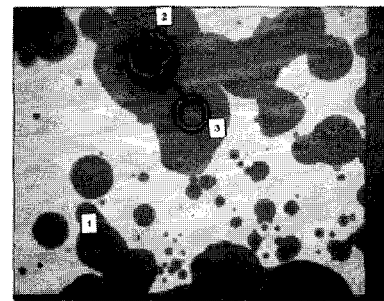
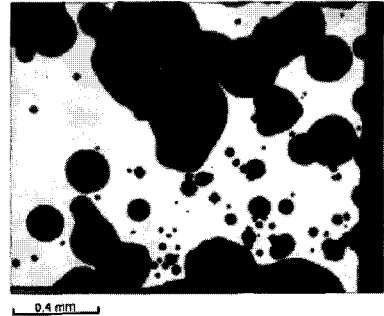


Fig.14 Dark spots formation by water and oxygen intrusion

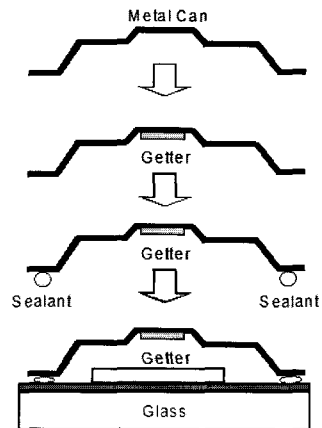
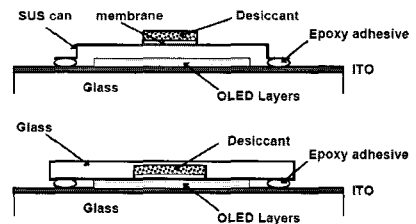


Fig.15 Current encapsulation method and process of OLEDS

성을 저하시키게 된다[11~12].

현재는 금속 캔이나 wet etching 이 된 glass 를 이용한 봉지가 PMOLED 에 사용되고 있다. 수분과 산소의 침투를 방지하기 위해 질소 분위기에서 UV 경화제를 사용하여 소자를 밀봉하는 것이 일반적이데 금속 캔이나 glass 에 흡습제를 부착한 후 봉지 공정을 진행한다. 봉지 공정은 sealing cover 세척, 흡습제 부착, UV sealant dispensing, 성막 공정이 끝난 panel 과의 합착, UV light curing 의 순서로 진행하게 된다[2]. Fig. 15 는 현재 사용되고 있는 봉지 방식과 봉지공정을 간단하게 묘사하고 있다.

6. 유기물 EL 소자의 개발현황 및 기술동향

지금까지 개발된 기술로 저분자 유기 EL 디스플레이의 경우 1997년에 일본의 파이오니아사가 차재용 모노칼라 유기 EL 디스플레이를 출시한 이래 많은 발전을 하였으며 한국, 일본, 대만업체를 중심으로 양산화가 이루어 졌다[13]. 특히 삼성 SDI 의 경우 모노 칼라, Area 칼라, 256 칼라의 PMOLED 를 양산하며 핸드폰 외부창과 메인 디스플레이의 OLED 응용을 가능케 했다.(Fig. 16) 특히 2000년대 들어와 MP3 시장이 급성장 하며 MP3용 디스플레이로 PMOLED 의 수요가 급증하게 되었다. 이중 한국에서 제작된 PMOLED 가 전세계 시장의 35%를 차지하며 디스플레이 강국으로써의 입지를 다시금 확인 시켜주고 있다.

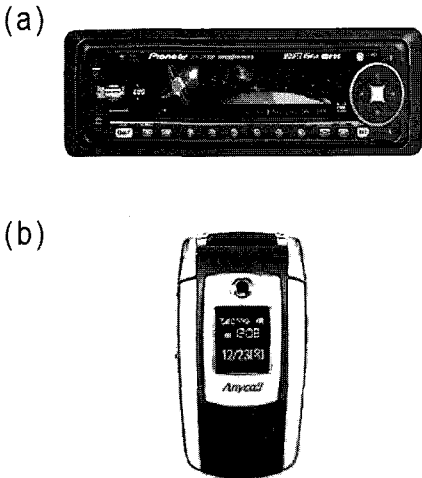


Fig.16 Area color PMOLEDs of (a) Pioneer and (b) Samsung SDI

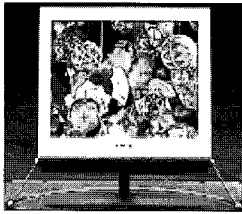
현재 국내 업체로는 삼성 SDI, LG 전자, 오리온 전기, Ness display, Neoview Kolon 등의 회사가 양산 라인을 갖추고 PMOLED 를 양산 중에 있다. 또한 SKC, 대우 일렉트로닉스, 현대 LCD 등도 파일럿 라인을 갖추고 시장 진출 계획을 세우고 있다.

능동형 OLED 의 경우 초기 예측과 달리 양산화가 늦춰지고 있는 실정이다. 현재 국내에선 삼성 SDI 와 LG Phillips LCD 가 양산을 준비하고 있으며 일본의 SK display, TDK, Pioneer 사가 소규모의 양산을 진행하거나 양산을 미루고 있는 실정이다. 대형 OLED 경우 최근까지 삼성 SDI, 삼성 전자, LG 전자, Seiko-Epson 에서 Prototype 의 대형 능동형 OLED 를 선보임으로써 OLED 의 대면적화를 가시화 시키고 있다. Fig. 17 은 대형 OLED 의 발전사를 나타내고 있다. 특히 삼성전자의 경우 Fig. 11 에 나타내듯이 백색 발광 유기물 층과 CCF 가 결합된 구조의 대형 OLED 를 a-Si TFT 를 이용하여 구동 시킴으로써 OLED 의 TV 시장 진출의 가능성을 제시하였다. 그러나 AMOLED 는 아직까지 소자의 수명과 신뢰성 측면, 대형화를 위한 저온 다결정 Si TFT 제작기술에서 해결해야 할 과제가 남아 있는 실정이다.

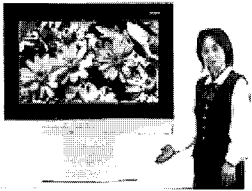
한편 고분자 유기 EL 디스플레이도 그 상용화가 가속화 되고 있는데 Phillips 사는 segment type 의 고분자 OLED 가 자사의 면도기에 부착해 출시하였고, Seiko-epson 사는 40 인치급 대면적 TV 도 고분자 유기물을 이용해 prototype 으로 선보였다. 특히 최근에 OLED 의 대형화에 있어 금속 새도우 마스크의 한계를 극복할 수 있는 대안으로 ink-jet print 법이 각광을 받음에 따라 고분자 OLED 에 대한 연구는 한층 더 심화되고 있는 실정이다. 또한 최근에는 삼성 SDI 가 LITI (Laser induced thermal image) 기법을 통해 저분자-고분자 혼성층 혹은 각각의 저분자, 고분자층을 고정세로 패터닝함으로써 기존의 금속마스크를 사용하는 패터닝 방식의 한계를 극복하였다. 이는 고분자 물질을 이용한 대면적 OLED TV 제작이 가능하다는 뜻으로 현재 LITI 를 적용한 새로운 공법의 OLED TV 제작법이 연구 중에 있으며 앞으로 머지 않아 대형 시제품이 출시될 예정이다.

7. 결론

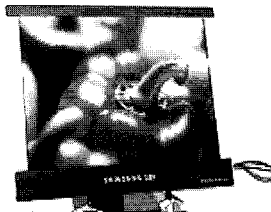
지금까지 차세대 디스플레이로 알려진 유기 EL 소자에 대해 개괄적으로 소개 하였다. 미국 Kodak



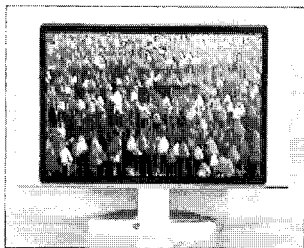
Sony 13" monitor (2003)



Seiko Epson 40" TV (2004)



Samsung SDI 17" monitor(2004)

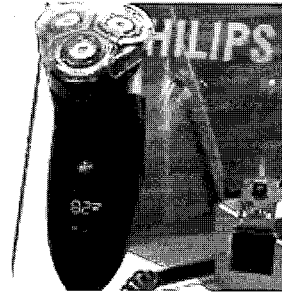


LG Electronics 20.1" TV (2005)



Samsung Electronics 40" TV (2005)

Fig.17 Large area AMOLEDs for TV and monitor applications



Phillips



Seiko Epson 40" TV

Fig.18 Polymer based OLED of Phillips and Seiko-Epson

사의 C. W. Tang 이 EL 소자를 소개한 이후 급속한 발전을 이루어 최대 발광 효율이 100 lm/W 에 도달하였고 현재는 AMOLED 를 이용한 TV 및 유기물을 이용한 flexible 디스플레이의 응용이 가시화되고 있는 실정이다. 특히 디스플레이 강국인 우리나라에서는 LCD 를 이을 수 있는 차세대 평판 디스플레이 기술로 부상하고 있는 유기물 EL 디스플레이에 대한 정부의 집중적이 지원과 산학연의 집중적인 연구 개발이 절실하다.

이 글에서는 유기 EL 소자의 동작 원리 및 발광 원리, 소자의 종류 및 풀칼라 형성법, 제작공정 및 개발동향에 대해 소개 했다. 이를 통해 유기 EL 분야를 좀 더 쉽게 이해하고 핵심 요소 기술을 개발하는데 도움이 되기를 희망한다.

참 고 문 헌

- [1] H. Singh Nalwa, L. S. Rohwer, 2003, Organic Light Emitting Diode, American Scientific Publication.

- [2] 키도준지, 정호균 옮김, 2004, 유기 EL, 광문각.
- [3] C. W. Tang, S. A. VanSlyke, 1986, Organic electroluminescent diodes, *Appl. Phys. Letts.* Vol. 51, pp. 913~915.
- [4] 김영규, 2001, 유기 전기발광 재료 및 소자, 한국 정보 디스플레이 학회지, 제 2 권 제 2 호, pp. 24~45.
- [5] S. A. Van Slyke, C. H. Chen, C. W. Tang, 1996, Organic electroluminescent devices with improved stability, *Appl. Phys. Letts.*, Vol. 69, pp. 2160~2162.
- [6] J. Shi, C. W. Tang, 1997, Doped organic electroluminescent devices with improved stability, *Appl. Phys. Letts.*, Vol. 70, pp. 1665~1667.
- [7] 이창희, 2001, 유기 전기발광 소자의 작동원리, 한국 정보 디스플레이 학회지, 제 2 권 제 2 호, pp. 14~23.
- [8] M. A. Baldo, D. F. Obrien, Y. You, A. Shoustikov, S. Silbly, M. E. Thompson, S. R. Forrest, 1998, Highly efficient phosphorescent emission from organic electroluminescent devices, *Nature*, Vol 395 pp. 151~154.
- [9] 김우영, 2001, 유기 EL 소자 제작 공정, 한국 정보 디스플레이 학회지, 제 2 권 제 2 호, pp. 46~54.
- [10] 권순기, 2003, 단분자 유기전기발광재료, 한국 정보 디스플레이 학회지, 제 4 권 제 1 호, pp. 3~14.
- [11] H. Aziz, Z. Popovic, S. Xie, A.-H. Hor, N.-X. Hu, C. Tripp, G. Xu, 1998, Humidity induced crystallization of tris(8-hydroxyquinoline) aluminum layers in organic light emitting devices, *Appl. Phys. Letts.*, Vol. 72, pp. 756~758.
- [12] L. Ke, S. J. Chua, K. Zhang, N. Yakovev, 2002, Degradation and failure of organic light emitting divices, *Appl. Phys. Letts.*, Vol. 80, pp. 2195~2197.
- [13] 김영관, 2001, 유기 EL 디스플레이의 현황과 전망, 한국 정보 디스플레이 학회지, 제 2 권 제 2 호, pp. 6~13.