

유기 EL 디스플레이의 현황과 전망

김 영 관 (홍익대학교 화학공학과)

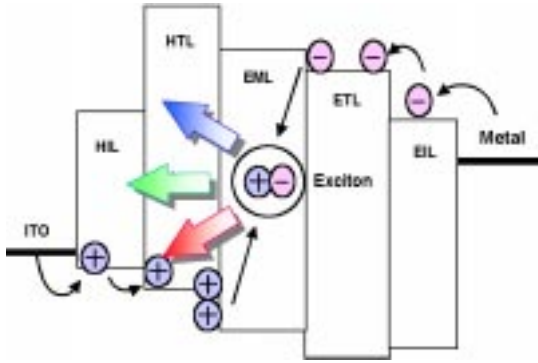
I. 서 론

21세기에 들어서 정보화 사회에로의 움직임이 더욱 가속화되고 있으며 이에 따라 정보를 언제 어디서나 주고 받을 수 있어야 하는 필요성에 따라 정보 디스플레이는 기존의 CRT 디스플레이로부터 평판 디스플레이로 비중이 점차 옮겨가고 있는 추세이다. 그 중 액정 디스플레이(LCD)는 가볍고 전력소모가 작은 장점이 있어 평판 디스플레이로서 현재 가장 많이 사용되고 있으며 앞으로도 상당기간 수요 측면에서 강세를 유지할 것으로 예측된다. 그러나, LCD는 자체 발광소자가 아니라 수광 소자이기 때문에 밝기, contrast, 시야각, 그리고 대면적화 등에 기술적 한계가 있어 이러한 단점을 극복할 수 있는 새로운 평판 디스플레이를 개발하려는 노력이 전세계적으로 활발하게 전개되고 있다. 이러한 새로운 평판 디스플레이 중의 하나가 유기 EL(Organic Electroluminescence) 디스플레이로서 저전압 구동, 자기발광, 경량박형, 광시야각, 그리고 빠른 응답속도 등의 장점 때문에 최근 일본과 한국, 그리고 미국에서도 그 실용화에 박차를 가하고 있다. 이러한 시점에서 유기 EL 디스플레이 관련 기술의 현황과 앞으로의 전망에 대하여 논할 수 있는 기회를 갖게 된 것은 매우 의미 있는 일이라고 판단된다. 여기에서는 크게 유기 EL에 관한 요소기술의 개발 동향과 제품기술의 최근 동향으로 나누어 대략적으로 설명하고자 한다.

II. 본 론

1. 유기 EL의 요소기술 동향

유기 EL은 유기물(단분자 또는 고분자) 박막에 음극과 양극을 통하여 주입된 전자와 정공이 여기자를 형성하고 형성된 여기자로부터 특정한 파장의 빛이 발생하는 현상으로 1963년에 Pope^[1] 등에 의해 anthracene의 단결정으로부터 처음 발견되었으며 이러한 연구로부터 유기물에서의 전하이동 메카니즘이나 전기발광특성(Electroluminescence) 등에 관하여 많은 이해를 할 수 있었으나, 그 소자의 효율이나 수명은 매우 낮았다. 그 후 1987년에 Kodak사의 Tang^[2] 등이 발광층과 전하수송층으로 각각 Alq₃와 TPD라는 이중층 단분자 유기물 박막을 형성하여 효율과 안정성이 개선된 녹색의 발광현상을 발견한 이후로 단분자를 이용한 유기 EL 디스플레이(이후 단분자 유기 EL 디스플레이)를 개발하려는 노력이 본격적으로 시작되었으며, 1990년에 영국 Cambridge 대학에서^[3] PPV라는 π -공액성(conjugated) 고분자 박막으로부터 EL 특성을 관찰하여 고분자를 이용한 유기 EL 디스플레이(이후 고분자 유기 EL 디스플레이)를 개발하려는 연구가 동시에 진행되고 있다. 단분자 유기 EL 디스플레이에 관한 연구개발은 현재 주로 일본, 한국, 그리고 대만 등에서 많이 진행되고 있으며 고분자 유기 EL 디스플레이는 영국을 포함한 유럽, 그리고 미국 등에서 주로 연구개발이 진행되고 있다.



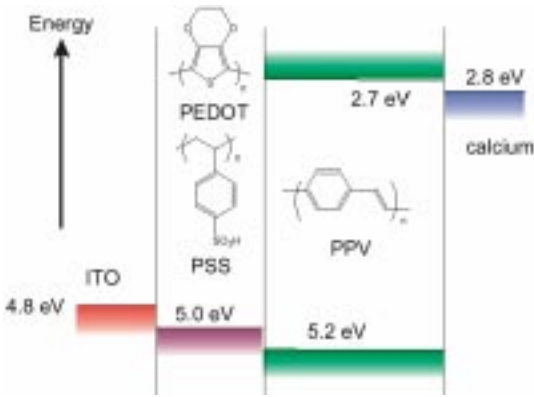
〈그림 1〉 에너지 밴드 다이어그램으로 표시한 단분자 유기 EL 소자의 구조

단분자 유기 EL 디스플레이에 사용되는 소자 구조는 〈그림 1〉에서 보여주는 바와 같이 일반적으로 양극(anode), 정공수송층, 발광층, 전자수송층, 그리고 음극(cathode)으로 구분할 수 있으며 이러한 박막층들은 진공증착법에 의하여 형성된다. 양극과 음극에서 정공수송층과 전자수송층을 통하여 정공과 전자가 각각 발광층으로 주입되어 여기자(exciton)을 형성한 후 여기자로부터 정공과 전자 사이의 에너지에 해당하는 빛을 발하게 되며 이 때에 정공 및 전자의 좀더 효율적인 주입을 위하여 양쪽 전극에 전하주입층을 삽입하기도 한다. 이 때 여기자의 상태는 일중항 상태와 삼중항 상태가 1 : 3의 확률로 존재하며 일중항 상태에서 기저상태로 떨어질 때에만 발광이 가능하기 때문에 내부양자효율이 이론적으로 25%를 넘을 수 없다고 알려져 왔다.

한편 정공수송층의 재료는 TPD와 같은 diamine 유도체를 사용하며 소자의 안정성과 효율을 증대시키기 위하여 Tg(유리전이온도)가 높은 diamine 유도체를 개발하려는 노력이 시도되고 있다. 발광층의 경우에 발광효율 및 소자 안정성을 높이기 위하여 주로 host 박막을 증착할 때 dopant를 동시에 소량 증착시키는 방법을 많이 이용한다. host 박막재료는 크게 Alq₃와 같은 금속착물계와 oxadiazole 유도체와 같은 형광색 소계 발광재료로 분류할 수 있고 dopant 재료는 형광양자수율이 높은 laser 색소(예를 들면 적색은 DCM 유도체 등)과 녹색의 안료인 quina-

cridone 유도체 등이 많이 사용되며 발광기구에 따라 carrier trapping형과 에너지이동형 등으로 분류할 수 있다. 전자는 dopant 분자가 직접 carrier를 trap한 후 재결합하여 발광하며 후자는 host 재료에 형성된 여기자로부터 에너지 이동(energy transfer)에 의하여 dopant 분자를 여기시켜 발광하는 경우이다. 이러한 doping법의 장점은 발광재료(dopant)의 농도소광을 억제할 수 있어 고효율, 고회도가 가능하며 host와 dopant의 적절한 선택에 의하여 적색에서 청색까지 발광색을 임의로 낼 수 있으며 또한 발광색을 합성하여 백색을 낼 수도 있다는 점이다. 전자수송층 재료로는 현재 oxadiazole 유도체 혹은 이미 녹색용 발광층으로 사용되고 있는 Alq₃ 등이 대표적인 전자수송재료이다. 한편 음극재료로는 일함수가 낮고 화학적으로 안정한 물질이 필요하고 일함수가 낮게 되면 구동전압이 낮아질 뿐만 아니라 휘도-전류밀도특성도 향상되는 장점이 있으며 이러한 특성을 갖는 음극재료로는 Al, Ca, Li : Al, 그리고 Mg : Ag 등이 사용되어 왔다.

한편 이러한 소자구조로도 일부 제품에 응용하기에 충분한 휘도를 갖고 있으나, 풀칼라 평판디스플레이에 응용하기에 충분한 휘도를 얻기 위하여 유기 EL 소자의 양자효율을 높이려는 노력이 다양하게 진행되고 있다. 첫째로 위에서 언급한 바와 같이 일중항 상태만을 이용하게 되면 이론적으로 최대 25%의 내부양자효율을 이용할 수 밖에 없으나, 삼중항 상태인 75%의 내부양자효율을 이용할 수 있다면 효율의 획기적인 개선을 가져올 수 있다. 최근에 Princeton 대학의 S. R. Forrest와 USC의 M. E. Thompson는 중금속(Pt, Pd, Ir 등)을 포함하는 인광색소의 경우에는 스핀-궤도 결합(spin-orbit coupling) 커서 그 속에 있는 단일항 여기자가 삼중항 상태로 Intersystem crossing (ISC)을 할 수 있으며 삼중항 상태의 여기자가 인광(Phosphorescence)을 통하여 빛을 내는 원리를 이용하여 적색 및 녹색의 발광효율을 기존의 그것보다 매우 향상시킨 연구결과를 최근에 발표하였다.^[4,5]



〈그림 2〉 에너지 밴드 다이어그램으로 표시한 고분자 유기 EL 소자의 구조

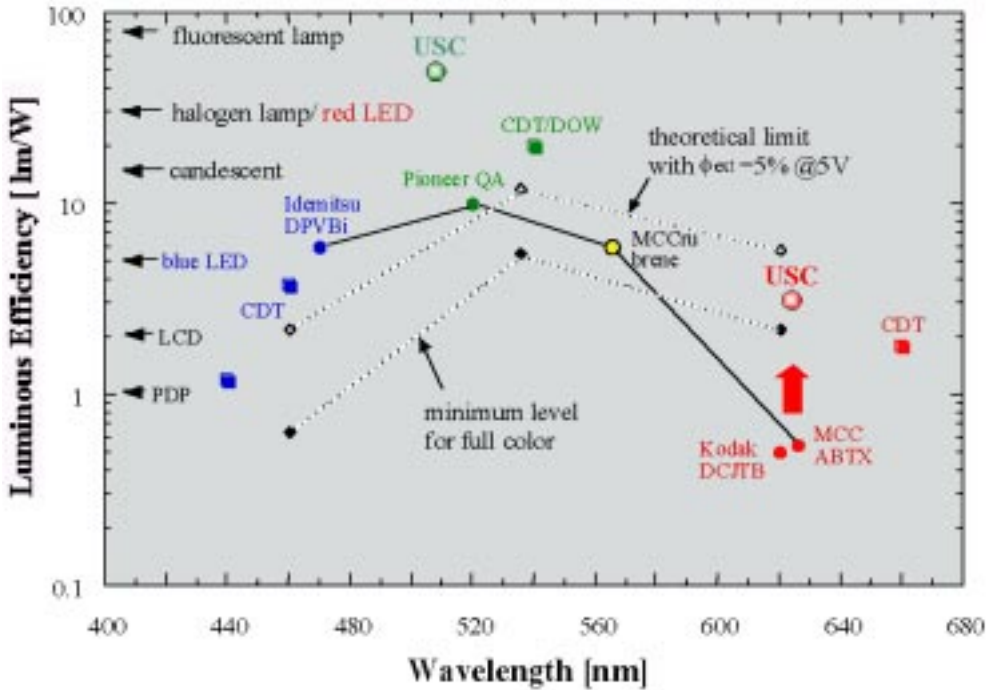
둘째로 양극과 음극으로부터의 전하주입 장벽을 낮추려는 노력으로서 양극 측면에서는 ITO 전극을 UV-ozone, 또는 O_2 나 CF_4 plasma 전처리를 통하여 ITO의 일함수를 높이거나, ITO 표면을 polishing 하는 방법, 그리고 양극과 정공수송층 사이에 프탈로사이아닌과 같은 정공주입층을 추가로 사용함으로써 정공주입을 쉽게 하거나, 새로운 양극재료를 개발하려고 하는 접근법 등이 시도되고 있다. 한편 음극 측면에서는 더욱 작은 일함수를 갖는 전극재료를 찾으려는 시도와 음극과 전자수송층 사이에 LiF, CsF, Li_2O 등과 같은 매우 얇은 절연체나 또는 전도체를 삽입하여 전자주입 장벽을 낮추려는 노력이 진행되고 있다.

고분자 유기 EL 디스플레이는 단분자 유기 EL 디스플레이와 비교하여 본질적으로 소자의 동작기구 등은 동일하다고 생각되어지며 그 기본적인 고분자 유기 EL 소자의 구조를 〈그림 2〉에 보여주고 있다. 단분자 유기 EL 소자와는 달리 고분자 유기 EL 소자는 박막재료의 분자량이 매우 크며 spin coating에 의하여 박막형성을 하기 때문에 소자 제작 공정에 큰 차이가 있다. 기본적으로 고분자 유기 EL 디스플레이에 사용되는 소자의 구조는 단분자 유기 EL 소자의 경우에 비하여 매우 단순하여 전형적으로 양극(anode), 발광층(고분자), 그리고 음극(cathode)으로 구성되며 양극과 음극에서 정공과 전자가 각각 발

광층으로 주입되어 여기자를 형성한 후 여기자로부터 정공과 전자 사이의 에너지에 해당하는 빛을 발광하는 기구이다. 이 때에 양극에 정공의 주입을 촉진하기 위하여 양극과 발광층 사이에 polystyrene sulfonic acid(PSS)가 도핑된 polythiophene 유도체(PEDOT) 박막을 삽입하기도 한다. 발광층용 고분자계는 크게 두 종류로 구별할 수 있으며 주사슬이 π 공액성이거나, 또는 σ 공액성으로 확장된 구조의 공액성 고분자계와 단분자 색소에 이용되는 단분자 색소를 고분자화하는 접근방법의 두가지가 있다. 음극재료로는 단분자 유기 EL 소자의 경우와 같이 일함수가 낮고 화학적으로 안정한 금속들이 주로 사용된다.

이상과 같이 단분자 유기 EL 디스플레이와 고분자 유기 EL 디스플레이의 기본적인 개념에 대하여 설명하였으며 지금부터는 평판디스플레이로의 실용화 측면에서의 현황 및 문제점을 소재의 발광효율, 소자 안정성, 풀칼라화 기술, 구동방식, 그리고 panel 제조기술 측면에서 간단하게 서술하도록 하겠다.

풀칼라용 평판 디스플레이에서 요구되는 청색, 녹색, 그리고 적색의 발광효율은 〈그림 3〉에서 보여주는 바와 같이 각각 1, 6, 그리고 3lm/W이며 현재 녹색 및 청색 발광 재료의 효율은 단분자나 고분자 경우 어느 정도 목표치에 도달하였으나, 적색의 경우에는 단분자의 경우 1.5lm/W, 고분자의 경우에는 1.8lm/W 정도에 도달한 상태로서 아직 목표치에 충분히 도달하지 못한 상태이나 최근에 이론적으로 이용할 수 없다고 생각되었던 삼중항 상태를 이용하려는 노력이 가시화되어 녹색의 경우에는 45lm/W, 그리고 적색의 경우에는 2.8lm/W 정도의 효율에 도달하였다는 보고도 있어 적색의 경우에도 목표 발광효율에 도달하는 것은 시간 문제인 것으로 알려져 있다. 그러나, 이러한 삼중항 상태를 이용한 소자의 경우에는 소자의 전류밀도가 증가함에 따라 발광효율이 급격하게 감소하는 문제가 있다. 한편 소자의 안정성 측면에서는 100cd/m²의 휘도에서 최소한 10,000시간 이상으로 지속되어야

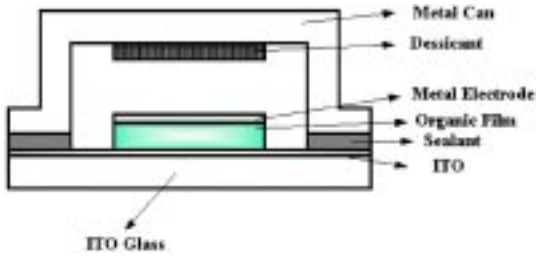


〈그림 3〉 RGB용 발광재료의 요구발광효율 및 현재의 발광효율 수준

하며 단색용의 경우에는 단분자 및 고분자의 경우 모두 녹색, 청색, 그리고 적색 소자의 수명은 이미 이 목표에 도달하였으나, 풀칼라화를 위한 유기 EL 소자의 안정성 경우에는 단분자가 고분자보다는 약간 우수하나 두 소자 전부 청색의 수명이 녹색이나 적색에 비하여 아직 부족한 편으로 발광재료의 측면에서 지속적인 개선이 필요한 실정이다.

풀칼라화 기술의 경우 단분자는 백색 유기 EL에 칼라필터를 이용하는 방법, 청색 유기 EL에 색변환물질을 이용하는 방법, 그리고 shadow 마스크를 사용하는 방법 등이 개발되어 있으며 현재 가장 범용하게 쓰이는 방법은 가장 후자의 방법이며 일반적으로 고분자의 풀칼라화 기술보다는 고가의 공정이라고 할 수 있다. 단분자에 비하여 고분자 유기 EL 디스플레이의 풀칼라화 기술은 아직 많이 개발되어 있지 않으며 현재 고려되고 있는 기술은 백색 고분자 유기 EL에 칼라필터를 이용하는 법, 그리고 ink-jet printing을

이용하는 법 등이 연구되고 있으나, 단분자 유기 EL 디스플레이의 풀칼라화 기술에 비하여 아직은 초보적인 단계에 있다고 할 수 있다. 구동방식 측면에서는 기존의 LCD의 경우와 유사하다고 할 수 있으나, 유기 EL 디스플레이는 전압구동이 아니라 전류구동이기 때문에 단순 matrix로 구동하는 경우에 면적이 증가할수록 소비전력이 급격히 증가하게 되므로 주로 5인치 전후의 작은 크기를 갖는 디스플레이에 적합하며 그 이상의 유기 EL 디스플레이는 LCD와 같이 TFT를 이용한 active matrix 방식으로 가는 것이 현재의 추세이며 이 경우 poly-Si TFT는 물론 a-Si TFT를 이용하려는 노력도 함께 진행중이다. 패널 제조기술 측면에서 제일 중요한 기술 중의 하나가 봉지기술(encapsulation)로서 이것은 유기 EL 소자가 수분과 산소에 매우 취약하기 때문에 이러한 수분과 산소로부터 소자를 차단시키려는 용도이며 현재는 inert한 분위기에서 calcium 산화물과 같은 흡습제를 포함하고 있는 금



〈그림 4〉 현재의 유기 EL용 encapsulation 방법

속관을 유기 EL 디스플레이 뒷면에 접착제로 부착시키는 방법이 일반적으로 사용되고 있으며 그 대략적인 구조가 〈그림 4〉에 나와 있으며 이러한 방법의 경우에는 우선 이러한 encapsulation 공정을 자동화하기 위한 장비가 매우 크고 고가라는 점이며 동시에 아직 완전하게 O₂와 H₂O를 차단할 수 있는 sealant가 없다는 점에서 아직 성능개선이 더 필요한 단계라 하겠다. 최근에는 이와 같은 metal can을 이용한 encapsulation 기술의 단점을 극복할 수 있는 기술이 개발되고 있으며 특히 박막공정을 이용한 encapsulation 기술에 대한 연구가 활발히 진행되고 있어 조만간에 좋은 결과가 가시화 되리라고 예상된다.

2. 유기 EL 제품 기술 동향

현재 지금까지 개발된 기술로 단분자 유기 EL 디스플레이의 경우 1997년에 일본의 Pioneer사에서 차재용 FM 리시버용 모노칼라 유기 EL 디스플레이를 출시하였으며 그 이후 1999년에는 카스테레오용 area 칼라(4색, 64×256dot) 유기 EL 디스플레이를 양산하기 시작하였다.(〈그림 5〉 참조) 그리고 더욱 최근에는 미국 Motorola사의 휴대전화기에 모노칼라 유기 EL panel (96×32dot)을 공급하기로 계약을 체결하였으며 TDK에서도 2000년 2월부터 카오디오용, 휴대전화단말기, 그리고 계측기기용을 겨냥하여 단색 및 멀티칼라 유기 EL panel을 시판한다. 한편 Eastman Kodak과 Sanyo는 2000년 5월 SID 학회에서 저온 폴리실리콘 TFT를 적용한 5.5인치 QVGA급 풀칼라 panel을 공동개발하고(〈그림 6〉 참조) 2001년부터 카메라 및 비디



(a)



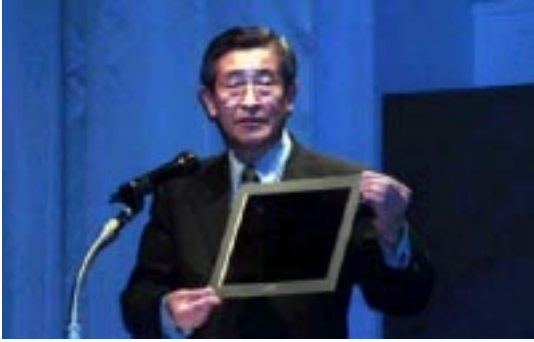
(b)

〈그림 5〉 (a) 1997년에 일본의 Pioneer사에서 출시한 차재용 FM 리시버용 모노칼라 유기 EL 디스플레이와 (b) 1999년에 출시한 카스테레오용 area 칼라(4색, 64×256dot) 유기 EL 디스플레이



〈그림 6〉 Sanyo와 Eastman이 2000년 5월에 공동개발한 5.5인치 Active Matrix 유기 EL 디스플레이

오용으로 양산할 예정이며 풀칼라 단분자 유기 EL 디스플레이는 현재 Pioneer, NEC, Sanyo, Idemitsu Kosan, Toshiba 등에서 단순 및 active 구동 풀칼라 prototype을 개발하였다. 더욱이 2001년 2월 7일에 일본의 SONY사에서 세계에서 제일 큰 13인치(diagonal) SVGA급 prototype 풀컬러 유기 EL 디스플레이를 개발하였다고 발표하여 전세계적으로 큰 반향을 일으켰으며 SONY사에서 13인치 풀컬러 유기 EL

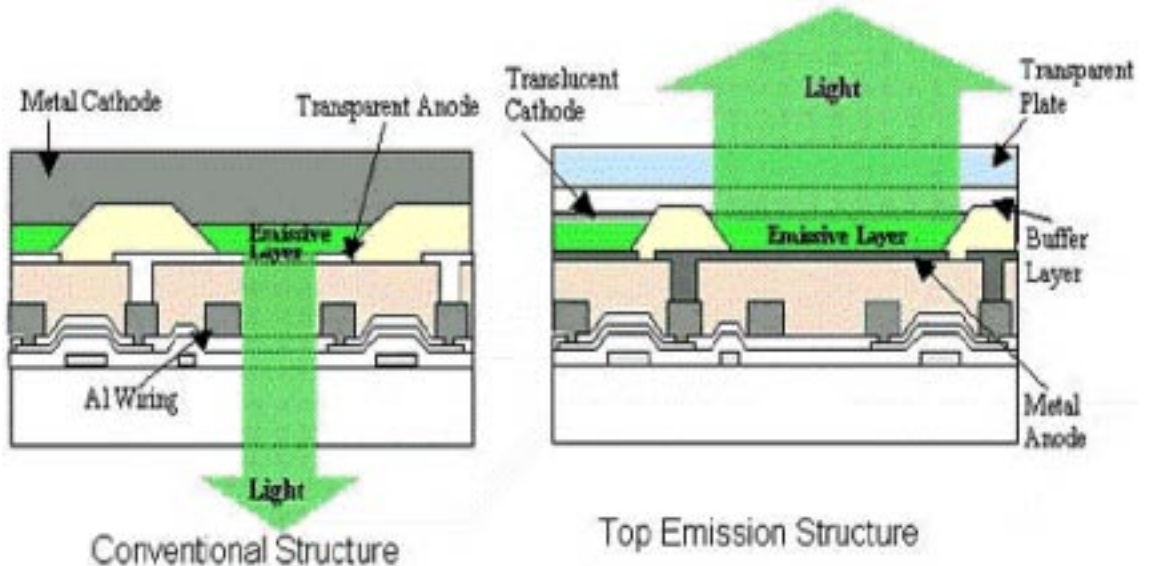


〈그림 7〉 SONY사에서 13인치(diagonal) SVGA급 prototype 풀컬러 유기 EL 디스플레이의 개발을 발표하는 장면

디스플레이 개발을 발표하는 장면이 〈그림 7〉에 나와 있으며 이 제품의 SPEC이 〈표 1〉에 나와 있다. 이 SPEC에서 한가지 언급해야 할 것은 SONY에서 발표한 유기용 RGB 재료의 색좌표 값이 지금까지 발표된 어느 값보다도 가장 우수하다는 점이다. 한편 이 SONY에서 발표한 유기 EL 디스플레이는 기존의 유기 EL 디스플레이와는 다른 방식을 사용하였으며 그 대표적인 특징이 기존의 LCD와 같이 ITO 기판을 통한 빛의 통과가 아니라 LCD에서는 불가능한 top emission 방식을 채택한 점이며 〈그림 8〉에 SONY

〈표 1〉 SONY사에서 발표한 13인치 유기 EL 풀컬러 디스플레이의 SPEC

Display size	13inch diagonal(264×198mm)
Number of Pixel	800×600(SVGA)
Pixel Pitch	0.33×0.33mm
Color(CIE)	R(0.66, 0.34) G(0.26, 0.65) B(0.16, 0.06)
Color Temp.(White)	9300 K
Peak Intensity	> 300cd/m ²
Thickness	2mm
Driver Type	Low-Temp. Poly Si Active Matrix
Contrast	200 : 1



〈그림 8〉 SONY사의 13인치 풀컬러 유기 EL 디스플레이의 단면구조

사의 풀컬러 유기 EL 디스플레이의 단면 구조가 나와 있다. 이와 같은 방식을 채택할 경우 빛이 ITO 쪽으로 투과하지 않기 때문에 TFT가 차지하는 면적, 즉 개구율을 전혀 고려할 필요가 없다는 점이며 이와 같은 구조가 가능하기 위해서는 기존의 metal can을 이용한 encapsulation 기술과는 다른 기술, 즉 투명전극 기술은 물론 투명한 박막 공정을 이용한 encapsulation 기술이 필수적이다. 한편 SONY사가 이와 같은 제품개발을 발표함과 동시에 mobile phone, PDA 등은 poly-Si TFT LCD로 그리고 유기 EL 디스플레이의 경우에는 중대형 디스플레이에 응용하겠다는 전략을 발표하여 주위를 어리둥절하게 하고 있으며 <그림 9>에서 SONY사의 전략을 발표하는 OHP를 보여주고 있다.

한편 고분자 유기 EL 디스플레이의 경우에도 지금까지 segment type의 디스플레이와 액정용 backlight가 Philips에 의해 demo되고 있고 Philips는 2001년에 dot matrix 디스플레이를 상품화할 예정이다. 또 미국의 UNIAX사는 1.5~2인치 정도의 소형의 dot matrix 디스플레이를 개발하고 있으며 휴대전화용을 목표로 하고 있다. 또 고정세인 소형의 active matrix 구동의 dot matrix를 Seiko-Epson이 CDT와 공동으로 개발하고 있다. 이 회사는 Ink-jet printing에 의해 녹색, 적색, 그리고 청색이 분리되어 도포된 멀티칼라 소자로 최근에 ink-jet printing 기술을 이용하여 Seiko-Epson과 CDT가



Driving Scheme	Active Matrix
Size	2.5 inch
Resolution	200 × 150
Grey	16
Application	cellular phone, PDA

<그림 10> Seiko-EPson에서 최근에 발표한 Ink-Jet Printing법에 의한 고분자 풀칼라 유기 EL 디스플레이와 그 제품의 SPEC

공동으로 mobile phone용의 2.5인치 proto-type active matrix 풀칼라 유기 EL 디스플레이를 개발하였으며 <그림 10>에 그 제품과 SPEC. 이 나와 있다. 특히 최근에 주목해야할 점은 대만도 유기 EL 디스플레이를 개발하기 위하여 10여 개의 기업체가 연구개발을 하고 있으며 Ritek의 경우는 이미 양산을 결정하여 올해 하반기에 단분자 유기 EL 제품을 출시하고자 노력하고 있다는 점이다.

국내에서는 LG 전자, 삼성 SDI, 현대전자 그리고 오리온전기 등에서 단순 matrix 풀칼라 단분자 유기 EL prototype을 개발 중이며 특히 삼성 SDI는 일본 NEC와 SNMD(Samsung NEC Mobile Display)라는 합작회사를 만들어 올해 상반기에 제품을 출시하고자 노력하고 있으며 LG전자도 역시 올 상반기를 목표로 휴대폰, 개인휴대정보단말기, 그리고 자동차 오디오 등을 중심으로 area 칼라 형태의 유기 EL 디스플레이를 양산할 예정이다. 한편 LG. Philips LCD에서는 주로 대면적용 active matrix 풀컬러 단분자 유기 EL prototype, 그리고 삼성 SDI에서도 역시 active matrix 풀컬러 유기 EL 디스플레이를 개발하고 있으며 이 외에 몇 개의 대기



<그림 9> SONY사의 전략을 보여주는 OHP 자료

업이 유기 EL 디스플레이 분야의 사업을 계획하거나, 이미 일부 연구개발을 시작한 단계에 있으며 또한 수개의 벤처기업들이 유기 EL 제품개발을 위하여 많은 노력을 하고 있다. 한편 고분자 유기 EL 디스플레이의 경우에도 각 기업체에서 차세대 유기 EL 디스플레이로서 연구개발을 진행하고 있다.

III. 결 론

이와 같이 유기 EL 디스플레이는 1987년과 1990년에 단분자 및 고분자 소재로부터 실용성이 있는 유기 EL 특성이 발견된 이후로 10여년 만에 동화상용 풀칼라 유기 EL 디스플레이가 개발되었으며 모노 및 멀티칼라의 경우에는 이미 양산체제에 돌입하였다. 일본 특허청자료에 의하면 1997년 이후 해외에서의 특허출원수가 기하급수적으로 증가하고 있는 것으로 알려져 있으며 SRI 자료에 의하면 2005년에 유기 EL 디스플레이의 전세계 시장 규모가 약 7.2억달러에 이를 것으로 예측되고 있으며 좀더 낙관적인 예측으로는 Display Search사의 예측으로 2005년에 유기 EL 디스플레이의 전세계 시장 규모가 약 35억달러에 이를 것으로 보고 있다. 그러나, 최근의 개발속도는 예상보다 빠르게 진행되고 있어 그 시장규모가 예상보다 더 커질 가능성도 전혀 배제할 수는 없다. 한가지 언급하여야 할 점은 최근에 일부 양산되고 있는 제품들은 초기 기술 제품으로서 예를 들어 SONY사에서 발표한 기술들은 아직 적용되지 않은 제품들이다. 즉 유기 EL 디스플레이의 경우 지금은 기술개발단계의 초기에 있기 때문에 재료, 공정, 그리고 심지어는 장

비 측면에서도 아직 새로운 기술의 개발 기회가 매우 많다는 점이다. 그러므로 유기 EL 풀칼라 디스플레이가 전세계적으로 양산될 시점에서 기술적으로 선진국과 대등하거나 우위에 서기 위해서는 국가적인 지원하에 산·학·연의 체계적이고 조직적인 연구개발이 매우 시급히 이루어져야 하며 동시에 장비 및 소재의 국산화도 동시에 추진되어 양산시점에서의 장비 및 소재의 국산화율이 제고될 수 있도록 하여야 하며, 유기 EL 디스플레이 분야의 경우에는 충분히 가능하다. 그럼에도 불구하고 아직 그러한 기미가 별로 보이지 않아 유기 EL에 관한 연구개발을 하고 있는 연구자의 한 사람으로서 안타까운 마음을 금할 수 없다.

참 고 문 헌

- [1] Pope M., Kallan H. P., Magnante P., *J. Chem. Phys.* 1963, **38**, 2042.
- [2] Tang C. W., VanSlyke S. A., *Appl. Phys. Lett.* 1987, **51**, 913.
- [3] Burroughes J. H., Bradley D. D. C., Brown A. R., Marks R. N., Mackay K., Friend R. H., Burns P. L., Holmes A. B., *Nature* 1990, **347**, 539.
- [4] Baldo, M. A., O'Brien, D. F., You, Y., Shoustikov, A., Silbey, S., Thompson, M. E., S. R., *Nature* 1998, **395**, 151.
- [5] Baldo, M. A., Lamansky, S., Burrows, P. E., Thompson, M. E., and Forrest, S. R., *Appl. Phys. Lett.* 1999, **75**, 4.