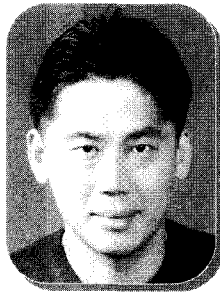


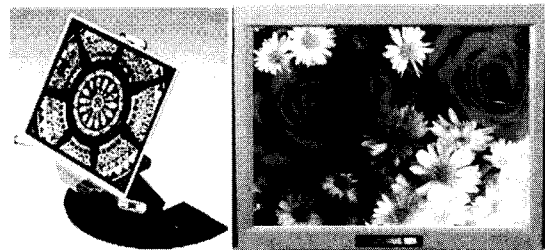
유기 EL 디스플레이의 개요, 재료 및 연구 동향



· 박준영 ·
삼성 SDI(주) 중앙연구소
책임연구원

유기 전계발광 소자는 발광성 유기화합물을 양극과 음극사이에 형성한 후 전기적으로 여기시켜 그 발광을 이용하는 디스플레이로 1960년도에 처음 전기적 발광현상이 안트라센 물질에서 처음 보고되었다[1]. 그 후 1987년에 코닥(Kodak)사의 Tang에 의해 적층형 유기 전계발광 소자가 처음 연구되어 소개된 후 실용화를 목표로 활발히 연구되기 시작하였으며[2], 1990년도 들어서는 유기물 재료 중에 전도성 고분자형 재료의 전기적 발광현상이 영국의 케임브리지 대학에서 보고되어 고분자형 유기 전계발광 소자 연구가 진행되기 시작하였다[3]. 유기 전계발광 디스플레이는 평판 디스플레이의 한 종류로서 저전압 구동, 박형, 자체발광에 의한 고인식성 및 넓은 시야각, 빠른 응답속도 등의 많은 장점을 갖고 있어 현재 널리 사용되는 액정 디스플레이의 결점을 해결해줄 수 있는 차세대 디스플레이로 최근 들어 매우 높은 관심을 받고 있으며 연구개발 또한 가장 활발한 분야로 알려져 있다. 현재는 저분자형 유기물을 사용하는 저분자 유기 전계발광 소자와 전도성 고분자를 사용하는 고분자 유기 전계발광 소자가 전자발광 디스플레이 연구의 두 분야로 경쟁하면서 연구가 진행되고 있다. 이에 1990년도 후반부터 디스플레이로의 연구가 일본에서부터 활발히 진행되면서 수동형 (Passive Matrix) 구동의 유기 ELD가 일본의 Pioneer, 한국의 삼성 SDI 등에 의해서 상업화 되었다. 현재는 카오디오나 핸드폰 등에 이미 채용이 되고 있으며 일반인들이 쉽

게 볼 수 있는 디스플레이로 바뀌어가고 있다. 또한 향후 중대형 디스플레이로 상업화 하기 위하여 일본의 Sony, Sanyo, Toshiba,



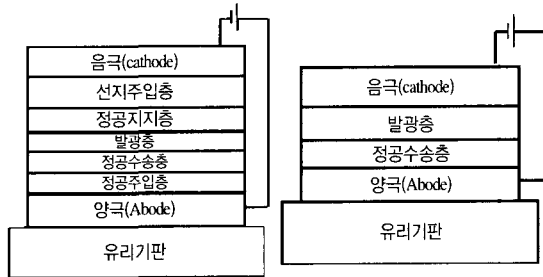
(a)〈Sony 13인치 AM OLED〉 (b)〈Sanyo 5.5인치 AM OLED〉
(c)〈삼성 SDI 15인치 AM OLED〉

그림 1. 각 업체별 발표한 충전연색 능동형 유기 EL 소자.

한국의 삼성 SDI 등에서 능동구동 유기 EL (Active Matrix OLED (AM OLED))를 경쟁적으로 개발하고 있다. (그림 1 참조) 유기 ELD는 이와 같이 빠른 속도로 발전하고 있으며, 향후 몇 년 내에 우리 주변의 일상적인 디스플레이로 등장할 것으로 판단 된다. 본 보고서에서는 현재 실용화가 급속히 진전되고 있는 유기 전계발광 디스플레이의 소자구조, 발광기구, 소자특성, 각종 재료, 풀컬러화 기술, 구동방법등에 대한 기술개요와 국내외 기술동향에 대하여 소개하고자 한다.

1. 유기 전계발광 소자의 기본구조

유기 전계발광 디스플레이 소자는 유기 발광재료를 음극과 양극사이에 여러층의 유기재료를 샌드위치로 형성된 구조로 되어 있다. (그림 2 참조) 그림 2에는 현재 가장 널리 채택되어 사용되는 저분자형 유기 전계발광 소자의 구조와 고분자형 유기 전계발광 소자의 구조를 나타내었다. 이 구조는 유기 전계발광 소자의 가장 일반적인 구조로서 저분자 유기 전계발광 소자는 유기물 4층 기본구조를 사용하고 있으며, 고분자의 경우는 유기물 2층 구조를 사용하고 있다. 그러나 한가지 재료가 전자수송 및 발광 특성을 보유한 경우 또는 정공주입 및 정공수송 특성을 보유한 경우 등과 같은 경우 3층 이하 구조로 변경하여 보다 간단한 구조를 사용하는 경우도 많이 알려져 있다. 이러한 구조의 유기 전계발광소자의 제작방법은 저분자 유기 전계발광 소자의 경우 4층의 유기막들을 진공증착법을 통하여 순차적으로 증착하여 형성을 하고 있으며 고분자의 경우는 용매에 고분자를 녹여 코팅 또는 프린팅 기술을 이용하여 형성을 하고 있다.



(a) 저분자 유기 EL 소자 (b) 고분자 유기 EL 소자

그림 2. 유기 EL 소자의 개략적인 구조도.

2. 발광의 원리

유기 EL 소자는 소자에 전계를 가했을 때 음극에서는 전자 (electron)가, 양극에서는 정공(hole)이 주입되어 유기물층에서 재결합하는 경로를 통하여 발광한다. 유기물층에서는 정공이 잘 전달될 수 있도록 정공주입 및 전송층을 양극쪽에 형성하고 음극쪽

에서는 전자수송층을 형성하여 전자를 주입한다. 전자와 정공이 발광층에서 만나면 재결합을 통하여 여기자 (Excited State)를 형성하며 여기자가 기저상태 (Ground State)로 전이하면서 발광을 한다. (그림 3 참조) 전자와 정공이 만나 여기상태가 만들어지면 일중항 여기상태와 삼중항 여기상태가 동시에 생성되는데, 통계적으로 1:3의 비율로 일중항과 삼중항이 형성된다. 발광은 일중항 상태에서의 형광이 일반적으로 관측되며 삼중항에서는 인광이 관측된다. 인광은 상온에서는 열적 전이가 일반적이어서 관측이 되지 않으며 극저온 상태에서만 관측되는 것으로 알려져 왔다. 이러한 이유로 유기 EL 소자의 내부 양자효율은 최고 25%라고 알려져 있었으며 형광소자 중심으로 연구가 많이 진행되어 왔다. 하지만 최근 Princeton 대학의 S. R. Forrest 교수팀에서 스핀-궤도 결합이 큰 Ir, Pt 등과 같은 무거운 원소를 중심으로 유기물이 배위결합된 재료가 상온의 삼중항 상태에서 효과적으로 빛을 방출함을 발표함으로써 유기 EL 소자의 양자효율 100%가 가능하게 되었다. 이에 따라 인광재료의 개발이 유기 EL 재료 개발자들에게 큰 화두가 되고 있으며, 현재 많은 연구가 진행되고 있다.[4-7]

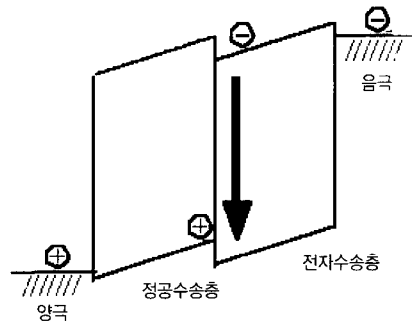


그림 3. 유기 EL 소자의 발광과정.

3. 유기 전계발광 소자의 기본특성

유기 전계발광 소자는 앞서 발광원리에서 언급한 것과 같이 형광이나 인광을 이용하여 소자를 제작하기 때문에 전자와 정공을 주입 후에 수 μ s(형광의 경우)이나 수ms(인광의 경우)내에 발광현상이 관측된다. 이 특징은 현재 널리 사용되는 액정 디스플레이가 수십 내지 수백 ms의 응답속도로 느려 동영상 표현시 자연스럽지 못한 현상이 있는데 반해 유기 전계발광 소자는 자연스러운 동영상 표현에 전혀 문제가 없다. 그리고 자체 발광특성을 갖고 있기 때문에 시야각 의존성이 없는 것이 큰 특징 중에 하나이다. 유기 전계발광 소자의 또 다른 하나의 큰 특징은 발광효율이 앞서 언급한 이론치 25% (약 10lm/W)을 갖는 재료들이 속속 알려지고 있어 무기 전계발광 소자보다도 효율이 우수하며, 또 구동 전압도 저분자 및 고분자 공히 10V 이하에서 발광현상이 관측되

어 소자의 소비전력이 매우 낮다. 최근까지 저소비 전력의 휴대용 디스플레이는 액정 디스플레이가 그 주류를 이루고 있는데 유기 전계발광 소자의 경우 휴대용 디스플레이의 제품으로 적절한 것으로 알려져 있다. 현재의 유기 전계발광 소자의 소비전력은 반사형 액정 디스플레이의 수 mW 보다는 높고 투과형 액정 디스플레이의 소비전력 수백 mW의 중간 정도이다. 그리고 유기 전계발광 소자의 경우 적색, 녹색, 청색 재료특성이 최근 매우 좋아지면서 색순도가 액정 디스플레이 대비 매우 우수한 특징을 갖고 있다. 유기 전계발광 소자의 특성을 액정 디스플레이와 비교시 큰 차이점들 중에 하나는 액정 디스플레이는 구동전압에 따라 그 휘도가 조절가능한데 비하여 유기 전계발광 소자는 전류량으로 조절해야 한다. 따라서 보다 효율적인 구동을 위해서 전류 구동형 전용 구동회로가 유기 전계발광 소자에서는 필요한 것이 하나 의 또 다른 특징이다.

4. 저분자형 재료

4.1 정공 주입 물질

정공주입 물질로 기존에 널리 알려져 있고 현재에도 널리 사용되는 물질은 CuPc이다. 이 재료는 유리 전이 온도 (Tg)가 매우 높아 열적 안정성이 우수하고 무기 금속인 ITO(양극)와 유기물인 정공 수송층과의 계면 특성이 우수하며 홀 주입성이 매우 우수한 특성이 있다. 하지만 이 물질은 진공 증착 시 타 재료에 비해 균일한 막특성을 확보하는데 어려움이 있으며 특히 청색영역에서의 광 흡수가 있기 때문에 막두께를 매우 얇게 해서 사용해야 하는 단점이 있다[8-13]. 이러한 단점을 극복하기 위하여 청색 영역에서의 흡수가 없는 Starburst형의 아민류가 최근 많이 개발되어 사용되고 있다. 그 중에서도 m-TDATA, m-MTDAPB, l-TCTA 등은 Tg가 약

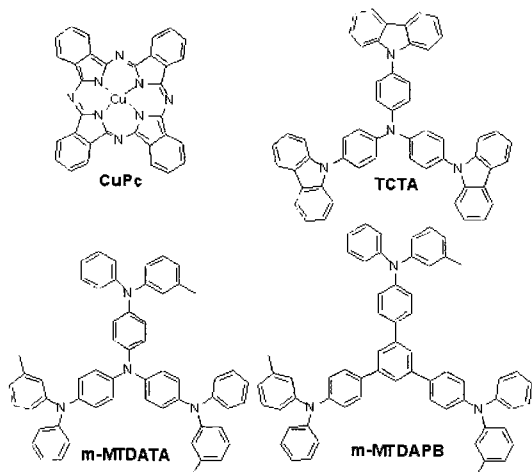


그림 4. 정공주입물질.

100°C 이상의 안정한 물질로 알려져 있다. (그림 4 참조)

4.2 정공 수송 물질

정공 수송 물질들(그림 5)로는 초기에 TPD가 흔히 사용되었으나 Tg가 60°C 정도로 불안정하기 때문에 95°C 까지 안정한 NPD 계열과 일종의 TPD의 이합체인 Spiro-TAD 등이 현재 주로 사용되고 있다. 특히 정공 수송층 저분자 유기물질은 정공 이동도가 빨라야 하며, 발광층과 접하여 계면을 형성하기 때문에 정공 수송층-발광층 계면 여기자의 발생을 억제하기 위해서 이온화 포텐셜이 정공 주입층과 발광층 사이의 적절한 값을 가지는 것이 매우 중요하다. 또한 발광층에서 이동되어 오는 전자를 적절히 제어하는 능력이 필요하므로 전자 친화도가 작은 것 일수록 특성이 우수하다.

한편 고분자 유기 ELD에서 사용되는 정공주입 및 전달 물질로는 전기 전도성 고분자 물질인 PEDOT (Polyethylenedioxythiophene / Polystyrene parasulfonate)와 PANI (Polyaniline)가 널리 사용되고 있다. 이 물질들은 정공주입능력이 매우 우수하여 저분자 유기 EL에서 사용되는 재료들 보다 그 특성이 우수하나, 수용성 용매에

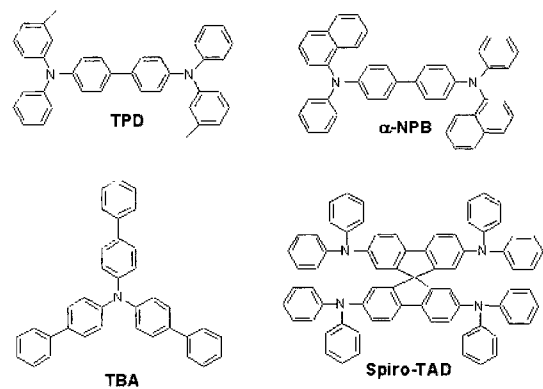


그림 5. 정공수송재료..

코팅하여 사용하기 때문에 저분자에의 적용성은 떨어진다.

4.3 발광층 물질

발광층 물질은 크게 형광 소자용 발광재료와 인광 소자용 발광 재료로 구분되며, 색깔별로 다시 구분된다. 또 발광층 재료는 Host 용 물질 (그림 6)과 Guest용 물질 (그림 7)로도 나뉘어진다. Host 용 물질은 그 물질 자체만 사용해도 빛을 낼 수 있는 재료가 많이 있다. 그러나 일반적인 물질의 경우 분자들끼리의 Self-Packing 현상 때문에 각 분자의 고유한 특성이 아닌 Eximer 특성이 함께 나타나거나 농도소광 현상등이 나타나기 때문에 높은 발광효율 및 재료 고유의 특성을 사용하기 위하여 Host에 Guest를 도핑하여 발광층으로 사용한다. 현재 널리 사용되는 Host 재료로는 Alq3, CBP 또는

CBP 유도체들, DPA(Diphenyl Anthracene) 유도체, DPVBi 유도체 등이 있으며 에너지 전달 메커니즘 및 물질의 LUMO 에너지 Level에 따라 Host 물질에 요구되는 특성들이 달라진다. 에너지 전달 메커니즘은 Host 재료에 형성된 여기자와 기저상태의 Dopant와의 Dipole-Dipole 상호작용에 의한 Förster 이동과, 전자 Orbital 상호작용에 의한 Dexter 이동 이론 등이 알려져 있다. 이 중에서 형광은 일반적으로 Förster 이론이 잘 맞으며 에너지 전달속도가 매우 빠르기 때문에 필요한 Dopant 양이 5% 미만으로 매우 낮게 사용되는 것이 일반적이다. 그러나 인광소자의 경우는 Dexter 이론이 비교적 잘 맞으며 에너지 전이속도가 상대적으로 느리기 때문에 5% 이상으로 Dopant가 많이 사용된다.

형광 EL 소자의 경우 현재 널리 사용되는 Host 재료는 Alq3이며, 이것은 에너지 Level이 청색소자에는 맞지 않기 때문에 녹색과 적색 소자에 많이 사용된다. 형광 EL 소자에서 청색 소자용 Host 재료로는 DPVBi나 DPA 유도체가 일반적으로 사용되고 있다. 한편 인광소자의 경우 Host 재료로 CBP 및 CBP 유도체들이 널리 사용되고 있는데, CBP 삼중항 LUMO 에너지 Level 또한 낮아 청색 소자용으로는 적절하지 못하다. 이에 세계적으로 우수한 인광 청색 소자용 Host 물질들을 개발하고자 노력하고 있으나 아직

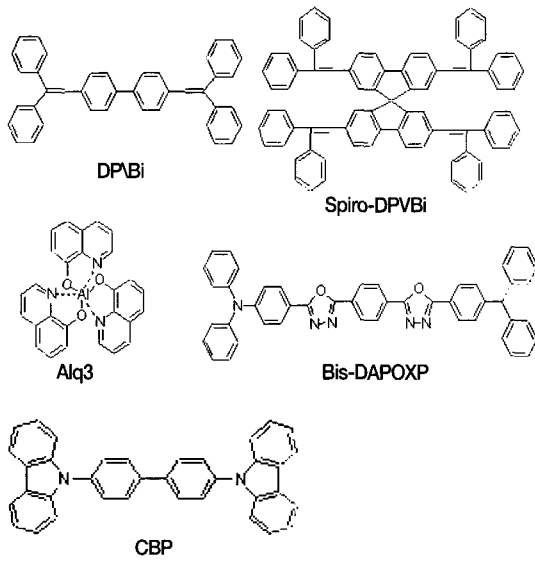


그림 6. 발광층 Host 재료.

까지 우수한 재료가 보고되지 않고 있는 실정이다.

적색의 형광 Dopant의 경우는 DCM 유도체인 DCJTb가 널리 알려져 있으며 여러 업체에서 우수한 재료들이 보고되고 있으나 아직까지 그 구조들이 공개되지는 않고 있다. 녹색의 형광 Dopant의 경우는 Coumarine 유도체 및 Quinacridone 유도체들이 많이 사용되고 있다. 청색의 경우는 DPA 유도체의 양끝단에 Diphenylamine

기를 붙인 DSA 같은 재료들이 우수한 것으로 알려져 있으나 구조에 대한 구체적인 보고는 없는 실정이다.

인광 Dopant의 경우 적색은 PtOEP 계통의 물질과 Ir착체 물질들이 우수한 것으로 보고되고 있으며, 녹색은 Ir(ppy)3가 우수하다고 알려져 있다.

4.4 기타층 물질

전자 수송층 재료로는 현재 Oxadiazole 유도체들 및 녹색용 발광층으로 널리 사용되고 있는 Alq3가 알려져 있는데, 그 중 Alq3가 특성이 우수한 것으로 알려져 있다. 새로운 전자 수송 재료들도 여러 가지 개발되어 알려져 있으나 문헌에 보고된 구조는 아직 없다. 인광 유기 EL 소자에 사용되는 정공저지층 재료로는 BCP와 Balq등이 보고되고 있다. (그림 8 참조) 마지막으로 음극 (Cathode) 재료로는 일함수가 낮은 Al, Ca, Mg : Ag, 등이 사용되고 있으며 전자 주입특성을 높이기 위하여 음극재료를 증착하기 전에 Li, Cs, Ba, Mg, 또는 이들의 Halide 물질들을 매우 얇은층(수 nm)으로 형성하여 사용하고 있다.

4.5 고분자형 재료

공액 고분자는 반도체의 전기 광학적 특성과 일반 고분자의 높은 가공성을 동시에 가지는 것으로 신소재 중에서도 가장 최신의

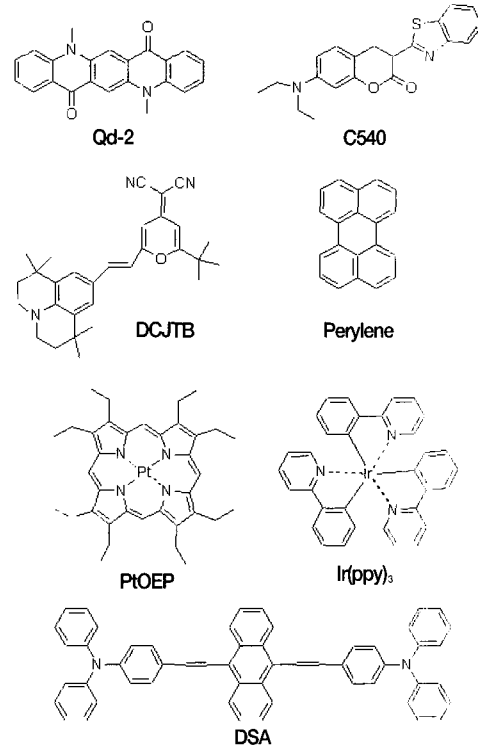


그림 7. 발광층 Dopant 재료.

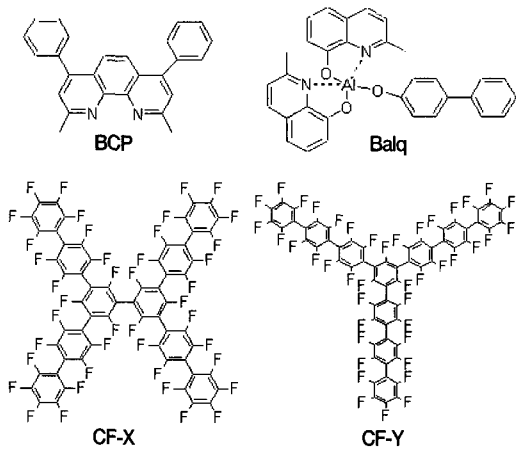


그림 8. 정공저지기능 재료.

소재라고 볼 수 있다. [14] 공액 고분자의 반도체적인 특성은 poly (phelynele vinylene), polythiophene, poly(p-phenylene), 그리고 polyflourine 과 같은 탄소를 포함하는 결합의 비국지화(delocalized) 된 pi-궤도 전자에 기인한다. 그림 9는 최근 사용되는 대표적인 고분자들의 초기 기본 형태를 보이고 있다. 이들은 대부분 단단한 막대 형태의 분자인데 이는 매우 강하게 비국지화된 pi 전자들때 문이다. 특히 PPP 혹은 PPV 와 같은 물질은 일반적인 유기 용매에 용해되지 않는다. 그러나 이와 같은 기본 고분자에 유연성을 가지는 곁가지 체인을 결합시키면 기능성이 우수해지면서 유기 용매에 녹기 시작하여 용액 상태에서 균일하고 대면적의 광기능성 박막을 제작할 수 있게 된다. 그 대표적인 예가 poly(2-methoxy-5(2-

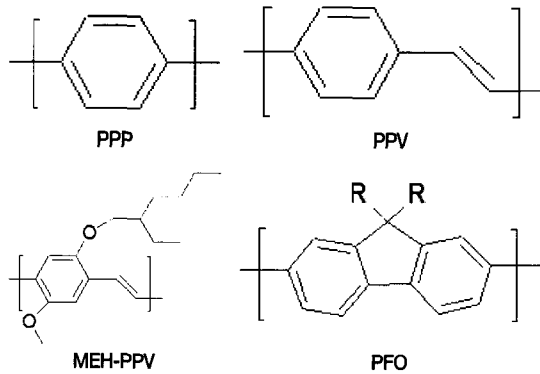


그림 9. 대표적인 발광성 고분자의 초기 형태의 구조식.

ethyl-hexyloxy)1,4-phenylene vinylene), (MEH-PPV) 로서 PPV 기본 구조의 가용성 유도체이다. 이와 같은 공액 고분자를 이용하여 만든 LED[3, 15-16], 광센서 [17], TFT [18] 와 같은 전통적인 대부분의 광-전기적 특성 반도체 소자 역시 이미 개발이 되었다. 이 중에서도 최근 가장 개발이 앞서고 있는 것은 역시 유기 EL 로서 앞서 소

개한 기본 구조의 공액 고분자에서 변형된 유도체를 이용하여 발광층 재료로 사용하고 있다. 그러나 이와 같은 공액 고분자는 합성할 때 고분자라는 특성 때문에 불순물을 함유할 가능성이 커지고 또한 용액 상태에서 소자를 제조하기 때문에 증착 공정을 이용하는 저분자 유기 EL 소자에 비해 수명이 짧은 것이 단점으로 인식되어 왔다. 그러나 최근에는 고분자 재료 역시 꾸준한 개선을 보여 수명 및 효율이 향상되어 가고 있고 특히 녹색 발광 고분자의 경우는 저분자 수준에 필적할 만한 수명을 보이고 있다.

공액 고분자에서 정공 수송층으로 대표적으로 사용되는 물질은 poly(3,4-ethylenedioxythiophene) (PEDOT) 으로 전도도 조절을 위하여 polystyrene sulfonate (PSS) 를 섞어서 사용한다. (그림 10)

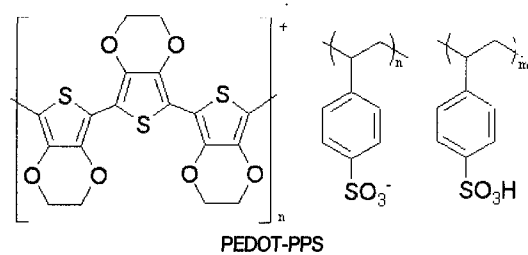


그림 10. 대표적인 고분자 정공 수송 물질인 PEDOT-PPS 의 구조식.

5. 구동방법에 따른 유기 전계발광 디스플레이의 구조

앞에서 언급한 유기 전계발광 소자의 기본 구조를 이용하여 단순 발광 형태가 아닌 실제 디스플레이 소자를 제작할 때는 구동방법에 맞추어 단순소자를 복수개로 한 화면에 나타내어야 한다. 구동방법에 따른 유기 전계발광 디스플레이의 종류는 크게 수동구동 (Passive Matrix, PM)와 능동구동(Active Matrix, AM) 디스플레이 두 종류로 나눌 수 있다. 수동구동 디스플레이의 구조는 아래 그림 3에서 나타낸 것과 같이 양극과 음극을 각각 직교하도록 배치시켜 구동하는 방식으로 서로 직교하는 화소에 전류가 흐르면 발광을 하게 된다. 이 방식의 화소 밝기조절 (Gray 조절)은 시간 분할 구동을 하게 되며 한쪽 전극은 항상 스캐닝을 하게 되며 이때 커지는 한 라인 전극에 맞추어 반대쪽 전극에서 화상정보를 넣어주

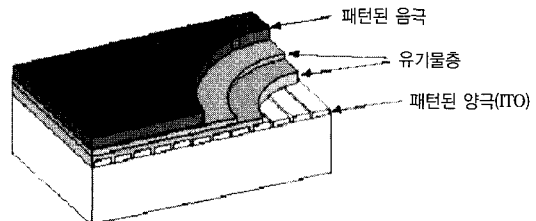


그림 11. 수동(PM) 구동형 유기 전계발광소자의 구조.

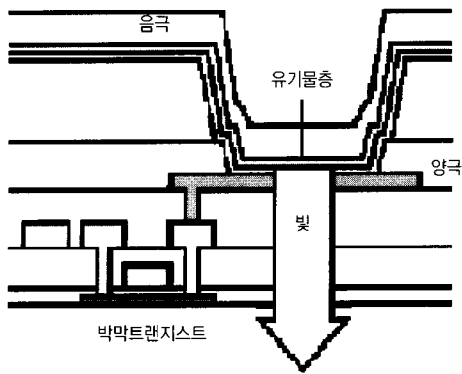


그림 12. 능동(AM) 유기 전계발광 소자의 단면구조.

게 된다. 따라서 이 방식의 구동은 스캐닝하는 숫자의 역수 만큼 밝기가 감소하기 때문에 순간적인 높은 휘도를 발생시켜 구동하게 된다(그림 11).

능동(AM) 구동형 유기 전계발광 디스플레이는 박막 트랜지스트(Thin Film Transistor) 액정디스플레이(TFT-LCD)와 근본적인 원리는 유사하나 몇 가지 점에서 액정디스플레이와 다른 구조를 갖고 있다. 액정디스플레이의 경우 전압조절이 가능하고 제작이 상대적으로 용이한 a-Si 박막 트랜지스트를 흔히 사용하나 유기 전계발광 디스플레이에서는 a-Si 박막트랜지스트의 전자 이동도가 너무 낮아 poly-Si 박막트랜지스트를 기본적으로 사용해야 하며 또 한 화소내에 전류량을 정밀하게 조절가능 하도록 박막트랜지스트를 최소 2개 이상 배치하여야 한다. 그림 12는 초기에 적용한 한 화소에 2개의 박막트랜지스트와 한 개의 정전용량(Capacitor)을 사용한 유기 전계발광 디스플레이의 단면구조를 나타낸 것이다.

6. 저분자 유기 전계발광 디스플레이의 컬러화 기술 개발 현황

유기 전계발광 디스플레이의 기술개발 중 최근까지도 가장 어려운 기술분야 중에 하나가 풀컬러화 공정기술이다. 저분자형 유기 전계발광 디스플레이의 경우 크게 세가지 방식의 컬러화 기술이 개발이 되어 왔다. 현재까지 많은 업체에서 가장 심혈을 기울

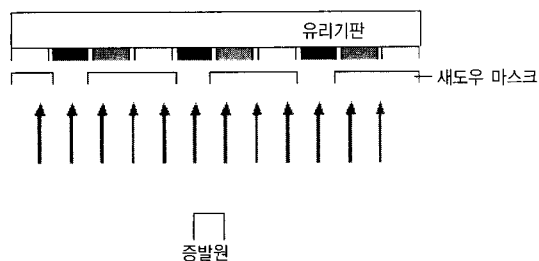


그림 13. 저분자형 유기 전계발광 소자의 컬러화 기술방식.

여 개발하고 있는 기술은 적색, 녹색, 청색을 화소 형태로 독립적으로 증착하는 독립증착 방식이다(그림 13 참조). 코닥과 산요(Sanyo) 공동개발, 일본 파이오니아(Pioneer)사, 삼성-NEC사, LG사 등이 독립증착 방식을 이용한 개발 결과들을 보고하고 있다. 이 방식은 적색, 녹색, 청색을 독립적으로 증착하기 때문에 각각의 컬러를 형성시 새도우 마스크를 각각 사용해야 하는 번거로움과 마스크와 기판을 정렬(Align)시 기계적인 정렬의 어려움 등의 단점이 있다. 현재의 최고 정렬 정밀도는 200×200mm 정도의 기판 크기에서 약 (2.5μm) 정도로 알려져 있으며 대형기판에 대한 정밀도는 계속적으로 개발이 되고 있다. 이 방식은 적색, 녹색, 청색을 재료를 독립적으로 사용하기 때문에 재료의 광효율 및 색순도를 100% 그대로 사용이 가능한 장점이 있다.

저분자형 유기 전계발광 디스플레이의 풀컬러화기술중에 독립증착기술 외에 알려진 기술로는 색변환(Color Converting Medium) 방식과 흰색(White) 발광체를 이용한 컬러필터 방식이 있다. 색변환 방식은 일본의 Idemitsu-Kosan사에서 개발한 기술로 청색재료를 발광물질로 사용하고 녹색과 적색 빛은 유기 전계발광층 앞쪽에 형광필터를 사용하여 단파장의 빛을 장파장쪽으로 전이시켜 얻는 방식이다. 컬러필터 방식은 일본의 TDK사에서 개발하고 있는 기술로 흰색 재료를 발광 물질로 사용하고 적색, 녹색, 청색은 컬러필터를 사용하여 얻는 기술이다. 이 기술들의 장점은 한 재료를 마스크와 기판의 정렬없이 증착하고 컬러화를 타 재료를 사진식각기술로 형성사용하기 때문에 생산성이 높고 정렬도의 문제점이 없는 장점이 있으나 재료의 광효율이 50~30%로 낮고 색순도가 변경되는 단점이 있다.

7. 고분자 유기 전계발광 디스플레이의 컬러화 기술 개발 현황

고분자 유기 전계발광 디스플레이의 경우는 컬러화 기술의 개발이 저분자 대비 아직 상대적으로 기술개발이 덜 이루어진 상황이다. 저분자 기술은 증착기술로 대형기판 (550×650mm 이상)에 접목시 앞서 언급한 기계적인 정렬도의 문제점들이 쉽게 해결이 어려운 것으로 판단되고 또 생산성 및 품질관리가 매우 어려운 단점이 있다고 판단되어지고 있다. 고분자의 경우는 유기물을 형성시 공기중에서 공정이 가능하고 마스크 공정이 불필요하여 대형기판에 접목이 용이하여 여러 업체에서 개발을 하고 있다. 현재 개발중인 컬러화 기술은 잉크젯(Ink-Jet) 프린팅 기술과 레이저 열프린팅 기술이 알려져 있다. 잉크젯 프린팅 기술은 발광성 고분자를 유기 용매에 녹인후 잉크젯 헤드에 장착하여 프린팅하며 기판과 헤드를 현미경 카메라(CCD)를 사용 정렬을 한다. 이 기술의 장점은 정렬을 광학적으로 하기 때문에 대형기판에서의 그 정확도가 (3μm) 이내가 가능한 것과 또 공정을 관리가 가능하다는 것이다.(그림 14 a 참조) 하지만 단점으로는 유기용매를 헤드에 맞추어 사용해야 하기 때문에 유기 전계발광 소자의 효율이 낮고 많은

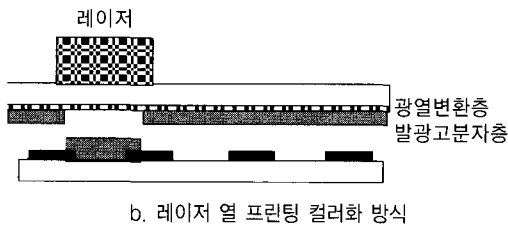
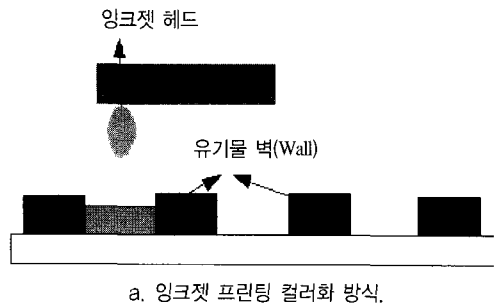


그림 14. 고분자 유기 전계발광 디스플레이의 컬러화 기술.

수의 헤드를 필요로 하기 때문에 노즐 구멍 막힘 등의 문제점이 있어 향후에 개발이 이루어져야 상용화가 가능하다고 알려져 있다. 레이저 열 프린팅 기술은 전자필름에 광열변환층 및 발광성 고분자를 필름에 형성하고 레이저로 스캐닝하면 레이저 에너지가 순간적으로 열에너지로 변경된 후 열에 의해서 발광성 고분자가 기판쪽으로 전이하면서 프린팅하는 방식이다.(그림 14b 참조) 이 기술의 장점은 정열방법 및 레이저 스캐닝을 모두 광학적으로 가능하기 때문에 정열정밀도가 매우 높고 큰 기판에 적용이 용이한 점등이 있으나 단점으로는 유기용매를 필름코팅이 가능하도록 화학적 조합을 해야 하기 때문에 유기 전계발광 소자의 효율이 낮아지는 문제점 등이 발생하는 것으로 알려져 있어 향후에 개발이 이루어져야 상용화가 가능하다고 판단된다.

8. 유기 전계발광 디스플레이의 기술개발 방향 및 향후과제

유기 전계발광 디스플레이의 기술개발 속도는 최근 들어 매우 급속도로 진행이 되고 있다. 불과 몇 년 전만해도 재료의 수명 문제나 컬러화 문제, 능동방식의 구동문제 등이 매우 어려운 난제들로 알려졌으나 최근 몇 년 사이의 풀 컬러화 기술이 여러 업체에서 개발되어 보고되었고, 재료의 수명도 비약적인 발전을 하고 있다. 또 능동(AM) 구동기술도 poly-Si 박막 트랜지스터기술 보유업체들이 속속 참여하면서 그 개발속도가 매우 빠르다. 수동(PM) 방식의 경우는 이미 일본의 파이오니아, TDK, 그리고 삼성-NEC, LG등이 사업화에 참여하였거나 참여를 발표하였으며 모바일(Mobile) 및 차재용 디스플레이를 그 응용분야로 하고 있다. 능동(AM)형 소자의 경우는 향후 2~3년 내에 여러 업체들이 사업화에

참여하리라고 예측이 되어지고 있는 상황이다. 최근의 빠른 기술 개발 속도를 예측해 볼 때 향후 2~3년 내에 사업화에 큰 문제가 없으리라고 판단이 되나 몇 가지 점에서 아직 기술적으로 해결해야 될 문제점들이 있다. 첫째로 재료 및 디스플레이 소자의 수명 향상의 문제를 들 수 있겠다. 앞에서 언급한 것처럼 능동(AM) 구동형 소자에서 전면발광 연구가 활발히 진행되고 있으나 소자의 안정성을 향상시킬 수 있는 봉지기술이 꼭 개발되어야 하며 재료의 수명도 지속적으로 개선되어야 텔레비전이나 모니터 시장에 진입이 가능하겠다. 둘째로는 아직도 기술개발중인 컬러화 기술의 성숙화이다. 대형기판화, 고해상도화가 필히 이루어져야 원가적인 문제나 품질적인 문제를 극복하고 상업화가 가능하리라 판단된다. 셋째로는 전류 구동형 박막 트랜지스터의 기술개발을 들 수 있겠다. 여러 업체에서 풀 컬러화가 가능한 능동(AM)형 소자 기술을 개발하고 있으나 제작이 용이하고 휘도 조절(Gray Control)이 매우 우수한 박막 트랜지스터 기술의 조기 개발이 이루어져야 사업화가 가능하리라 판단된다. 마지막으로 부품 및 양산 설비 기술의 성숙화이다. 주변 산업 기술의 발달이 동시에 이루어져야 만이 원만한 부품의 조달과 양산설비의 구매가 가능해지기 때문에 주변기술의 공통된 발달이 사업화의 필수 불가결의 조건이다. 최근의 기술개발 속도 및 주변 산업의 적극적인 참여 등으로 미루어 볼 때 유기 전계발광 디스플레이의 전망은 매우 밝다고 볼 수 있으며 2~3년 내에 큰 기술적 진전을 기대해 볼만하다고 판단된다. 향후 몇 년 안에 우리 주변에 매우 흔한 디스플레이로 유기 전계발광 디스플레이가 실생활에 다가올 것으로 예측이 된다.

참고 문헌

- [1] M. Pope, H. P. Kallmann, and P. Magnate, J. Chem. Phys., Vol. 38, p. 2042, 1963.
- [2] C. W. Tang and S. A. VanSlyke, Appl. Phys. Lett., Vol. 51, p. 913. 1987.
- [3] J. H. Burroughes, D. D. C. Bradley, A. R. Brown, R. N. Marks, K. Maackay, R. H. Friend, P. L. Burns, and A. B. Holmes, Nature, Vol. 347, p. 539. 1990.
- [4] M. A. Baldo, D. F. O' Brien, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Phys. Rev., Vol. 60, p. 14442, 1999.
- [5] M. A. Baldo, D. F. O' Brien, Y. You, A. Shoustikov, S. Sibley, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Nature, Vol. 397, p. 151, 1998.
- [6] M. A. Baldo, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Nature, Vol. 403, p. 750, 2000.
- [7] M. A. Baldo, S. Lamansky, P. E. Burrows, M. E. Thompson, and S. R. Forrest, Appl. Phys. Lett., Vol. 75, p. 4, 1999.
- [8] S. A. Van Slyke and C. W. Tang, US Patent, No 4, 720432, 1988.

- [9] C. Hosokawa, H. Higashi, H. Nakamura, and T. Kusumoto, Appl. Phys. Lett., Vol. 67, p. 3853, 1995.
- [10] S. A. Van Slyke, C. H. Chen, and C. W. Tang, Appl. Phys. Lett., Vol. 69, p. 2160, 1996.
- [11] J. Shi and C. W. Tang, Appl. Phys. Lett., Vol. 70, p. 1665, 1997.
- [12] L. S. Hung, C. W. Tang, and M. G. Mason, Appl. Phys. Lett., Vol. 70, p. 152, 1997.
- [13] J. Kido and Y. Lizumi, Appl. Phys. Lett., Vol. 73, p. 2721, 1998.
- [14] T. A. Skotheim, ed., Handbook of Conducting Polymers, (Marcel Dekker, Inc., New York, 1986)
- [15] D. Braun and A. J. Heeger, Appl. Phys. Lett., Vol. 58, p. 1982, 1991.
- [16] G. Gustafsson, Y. Cao, G. M. Treacy, F. Klavette, N. Colaneri, and A. J. Heeger, Nature, Vol. 357, p. 477, 1992.
- [17] G. Yu, K. Pakbaz, and A. J. Heeger, J. Electron. Mater., Vol. 23, p. 925, 1994.
- [18] J. J. M. Halls, C. A. Walsh, N. C. Greenham, E. A. Marseglia, R. H. Friend, S. C. Moratti, and A. B. Holmes, Nature, Vol. 376, p. 498, 1995.

서 사 약 령

성 명 : 박준영

❖ 학 령

- 1993년 서울대 물리학과 이학사
- 1995년 서울대 대학원 물리학과 이학석사
- 1999년 서울대 대학원 물리학과 이학박사

❖ 경 령

- 1998년 1월-1999년 4월
University of California at Santa Barbara,
Polymer Institute, Prof. Heeger's Lab.
교환연구원
- 1999년 8월-현재
삼성 SDI 주식회사 중앙 연구소 책임연구원

