

## Solution Processed OLED의

## 기술동향

박정주 석사과정 (경희대 정보디스플레이학과) | 권장혁 교수 (경희대 정보디스플레이학과)

OLED (Organic Light-Emitting Diode)는 양극과 음극 사이에 발광유기물질이 샌드위치형태로 존재하는 발광소자다. 이 소자의 양극과 음극에 순방향 전압을 인가하면 양극에서 정공이 음극에서 전자가 유기물 층으로 주입되고, 주입된 정공과 전자가 결합하여 여기 상태인 엑시톤을 형성하며 이 엑시톤이 기저상태로 돌아가면서 빛이 발생한다. 이 때 방출되는 빛은 그 재료의 고유한 색을 나타내게 된다. OLED는 자체발광을 하기 때문에 콘트라스트 (Contrast)가 높고 시야각이 우수하며 응답속도가 매우 빨라 동화상 표시에 적합하다. 특히 OLED의 경우 플렉서블 디스플레이가 가능하기 때문에 차세대 디스플레이로서 각광을 받고 있다. 또 OLED는 친환경, 고효율 조명이 가능하여 최근 들어 조명으로의 응용에 대한 연구가 매우 활발하다.

OLED의 박막을 형성하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 첫번째 방법은 저분자를 사용하고 고진공 상태에서 증착을 이용하여 박막을 형성하는 방법이고, 또 다른 방법은 물질을 용매에 녹여 용액 상태가 되도록 만든 후 박막을 형성하는 방법이다 (Solution Processed OLED). 고진공 증착을 이용한 방법은 각각의 기능을 가지는 다층 구조로 인해 높은 효율을 보이고 있다. 그러나 이 방법은 재료의 소비가 많고 대면적 기판 형성에 어려움이 있다. 이를 극복할 수 있는 기술로 재료의 소비가 적고 공정 단가를 낮출 수 있는 Solution Processed OLED가 차세대 기술로 활발히 연구되어지고 있다.

Solution Processed OLED의 연구는 처음에는 고분자를 중심으로 연구되었다. 삼성SDI를 비롯하여,

Seiko-Epson, Toshiba Matsushida, Philips 등에서는 일찍이 고분자를 이용한 OLED의 연구를 시작하였으나 효율이 낮고 수명이 좋지 않은 문제점 등으로 최근에는 저분자를 이용한 Solution Process가 많이 연구되고 있다. DuPont는 이미 2000년 초반부터 Solution 인광 OLED에 관한 연구를 시작했으며 한국의 삼성과 LG, 일본의 Seiko-Epson, 미국의 UDC (Universal Display Corporation) 등에서 인광 저분자 OLED에 대한 연구를 집중적으로 진행하고 있다.

이 글에서는 Solution Processed OLED의 소자구조, 각층의 소재종류, 선진사 기술 동향 등에 대해 소개하고자 한다.

## 1. 소자 구조

Solution Processed OLED 제작에 사용되는 소자는 크게 유기물 2층 구조, 유기물 3층 구조, 그리고 유기물 3층 이상 구조의 3가지로 나눌 수 있다. 이 중에서 유기물 2층 구조는 가장 간단한 구조로 공정이 비교적 간단하고 소자의 특성이 우수하여 논문에서 가장 많이 보고 되고 있다. 그러나 발광층 재료의 발광 특성, Charge Carrier 성능, HOMO와 LUMO 에너지 준위 조절 등이 복잡하고 수명확보에 어려움이 있다.

이에 비해 유기물 3층 구조는 수명적인 면에서 다소 유리한 장점을 가지고 있다. 유기물 3층 구조는 고분자 재료에 가장 적합한 구조로 Ink-jet을 이용한 OLED 제작에 적용 중이다. 그러나 2층 구조와 마찬가지로

표 1. Solution 인광 OLED 소자 구조와 특성.

	유기물 3층 구조	유기물 3층 구조	유기물 3층 이상 구조
Structure	Cathode Solution EML Solution HTL ITO	Cathode Solution EML Solution HTL ITO	Cathode Solution EML Solution HTL ITO
특성	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ETL, Hole Transport Layer, Charge Carrier</li> <li>• HOMO LUMO</li> <li>• 낮은 전압 구동</li> <li>• 높은 효율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ETL, Hole Transport Layer, Charge Carrier</li> <li>• HOMO LUMO</li> <li>• 낮은 전압 구동</li> <li>• 높은 효율</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ETL, Hole Transport Layer, Charge Carrier</li> <li>• HOMO LUMO</li> <li>• 낮은 전압 구동</li> <li>• 높은 효율</li> </ul>
이벤트	• HTL/ETL	• HTL/ETL	• HTL/ETL

가지로 발광층 재료의 구조가 복잡하고 HTL (Hole Transport Layer) / EML (Emitting Material Layer) 계면의 혼입에 대한 문제가 있다.

유기물 3층 이상의 다층 구조는 용액공정과 증착공정이 복합된 Hybrid 소자구조라고도 하며 저분자 Solution 재료에 가장 적합한 구조로 가장 높은 효율을 얻을 수 있는 구조이다. 이 구조로 만든 소자는 저분자를 진공 증착하여 제작한 소자와 효율이 대등하며 발광층 재료의 단순화가 가능하고 수명적인 측면에서도 유리하다. 고분자 발광 소자의 경우 Spin Coating Process 등에 의해 박막을 제조할 때 먼저 형성된 박막의 용해성을 고려하여 상부 층의 재료 설계가 요구된다. 또 저분자와의 계면문제와 공정이 복잡해지는 단점이 개선되어야 한다.

## 2. Solution OLED용 Materials

### 2.1 HIL 재료

Hole Injection Layer (HIL)는 Anode로 사용되는 ITO와 발광층 사이에서 Hole이 ITO에서 발광층 쪽으로 잘 주입되도록 도와주는 층으로 Hole주입이 잘 되고 Hole 수송 능력이 좋은 물질이 HIL재료로 사용된다. Poly (3,4-ethylene Dioxithiophene) (PEDOT)과 Polystyrene Sulfonate (PSS)를 섞은 형태인 PEDOT : PSS는 가장 많이 사용되고 있는 물질로 Hole 주입 능력이 좋고 Hole 이동 속도가 빠르다고 알려져 있다. 그러나 PEDOT : PSS의 산성이 ITC

를 부식시키고 소자 구동 중 PEDOT재료가 부식되는 문제점 등을 해결하기 위해 새로운 HIL 재료에 대한 연구가 이루어지고 있다.

2004년 DuPont에서는 새로운 HIL 물질을 소개하였고 그 특성을 2006년 SID (Society of Information Display)에서 발표하였다. DuPont Buffer (DB)라고 알려진 이 물질은 기존의 PEDOT : PSS가 산성을 띠는 것과 달리 중성이 가능한 특성을 가지고 있다고 발표하였으며 이에 산도가 줄어 그에 의한 특성저하 문제를 개선하였다고 발표하였다. 또한 상대적으로 높은 일함수를 가지는 박막을 형성하였고, 그 표면 거칠기가 작기 때문에 좋은 박막을 형성할 수 있다고 발표하였다. 이 DB의 사용으로 높은 효율을 얻을 수 있었으며, 구동 수명을 20배 정도 늘릴 수 있다고 한다[1]. 이 재료는 PSS Polymer를 새로운 Fluorinated Polymer로 바꾸어 만들어졌다고 알려지고 있으나 이 재료를 DuPont에서 팔고 있지 않아 구입하여 사용하기가 어려운 실정이다.

2005년 Samsung Advanced Institute of Technology에서는 PEDOT과 PSS, 그리고 Perfluorinated Ionomer (PF1)를 알코올과 섞어 HIL 물질로 사용하여 수명과 효율을 향상시켰다고 발표하였다[2].

2005년도에는 Hole 이동 능력이 좋은 TPD와 Organosilanol Group의 공유결합을 이용하여 만든 TPDSi<sub>2</sub>을 HIL로 사용한 연구가 발표되었다. 이 논문에서는 TPDSi<sub>2</sub>를 Self-Assembled Monolayers (SAMs)로 사용하여 ITO 위에 HIL로 층을 형성시켰

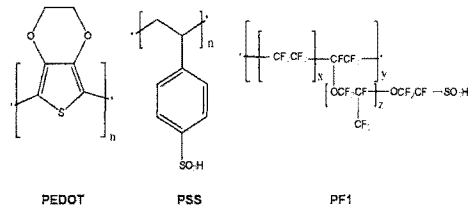


그림 1. 여러가지 HIL 재료의 구조.

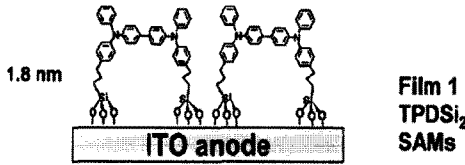


그림 2. TPDSi<sub>2</sub> SAMs.

다. 이 TPDSi<sub>2</sub> 층은 ITO로부터의 Hole 주입을 도와 줄 뿐만 아니라 TPDSi<sub>2</sub> 층의 형성으로 ITO 위의 표면 성질이 훨씬 더 좋아졌다고 보고한 바 있다 [3].

## 2.2 HTL 재료

HTL 재료는 PEDOT : PSS와 EML 사이에서 HIL로부터 Hole이 더 잘 주입이 되도록 도울 뿐만 아니라 Electron이 발광층을 넘어 HIL까지 흘러 들어가는 것을 막아 엑시톤을 발광층에 국한시킴으로써 효율을 더 높이고, Hole을 빠르게 이동시켜주는 역할을 하고 있다. PEDOT : PSS와 EML 사이에 HTL를 얇게 도입함으로써 PEDOT : PSS에 의한 Quenching 현상을 막을 수 있고 효율과 구동 수명을 늘릴 수 있다.

2002년도에는 Poly (p-phenylene Vinylene) (PPV)를 PEDOT : PSS 위에 Spin-coating하여 발광층으로 사용된 PFO : F8BT층 아래 Interlayer로 사용한 논문이 발표되었다. 사용된 PPV Interlayer 효과로 효율을 2배정도 올리고 구동전압 또한 낮출 수 있었다고 보고한다 [3].

현재 Interlayer 물질로써 가장 많이 쓰이는 고분자 물질은 Poly (2,7-(9,9-di-n-octylfluorene)-alt-(1,4-phenylene-((4-sec-butylphenyl)imino)-1,4-phenylene)) (TFB)이다. TFB는 Triaryl-amine을 기본 구조로 한 물질로 Ionization Potential이 낮고 (~5.33 eV) Hole Mobility가 높아서 Hole 이동 물질로 적합하다. Cambridge Display Technology Ltd.에서는 TFB를 이용하여 Green, Red, Blue 소자를 만들었으

며 External Quantum Efficiency (EQE)와 효율 모두의 증가 효과를 발표하였다 [4].

Self Assembled Monolayers (SAMs)로 HIL 물질로 사용되기도 하는 TPDSi<sub>2</sub>는 고분자 물질인 TFB와 Blending한 후 PEDOT : PSS위에 Spin-coating하여 Hole 수송과 Electron Blocking을 위해 쓰이는 물질로도 우수하다고 알려져 있다 [5]. 이 물질은 코팅 후 열처리 시 Silane 그룹의 경화에 의해서 Polymer가 만들어지고 용매에 의해 용해되지 않는다고 알려져 있다. 발광층의 코팅 시 용매에 의한 계면 혼입 문제가 개선이 가능하기 때문에 주목을 받았다.

최근 미국의 Washington 대학에서 발표한 Crosslinking이 가능한 재료도 HTL 재료로 주목을 받고 있다. 이것은 저분자 물질인 TCTA 계열의 Vinylbenzyl TCTA (VB-TCTA) 저분자를 HTL로 사용하는 방법으로 VB-TCTA를 PEDOT : PSS 층 위에 Spin-coating한 후 180 °C에서 30분간 열처리하여 상온으로 서서히 식히면 Vinylbenzyl의 이중결합이 풀어지면서 옆의 분자와 결합하게 되고 이로 인해 Crosslinked TCTA가 형성된다고 알려져 있다. 이렇게 형성된 Crosslinked TCTA층은 용매에 대한 안정성이 높아지기 때문에 그 위에 다시 발광층 물질을 Spin Coating 했을 때 용매에 의한 영향이 거의 없어 다층 구조가 가능하다. 또한 AFM 측정결과 표면의 거칠기가 ITO와 PEDOT : PSS에 비해 훨씬 좋아지기 때문에 좋은 특성을 보인다고 발표하였다 [6].

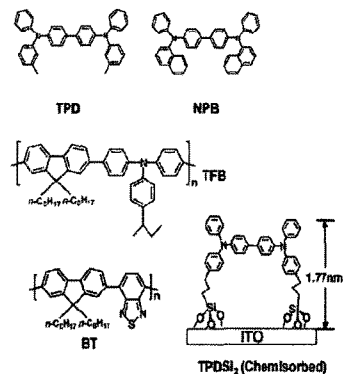


그림 3. Interlayer 재료 구조.

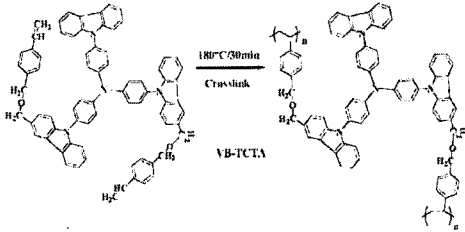


그림 4. VB-TCTA.

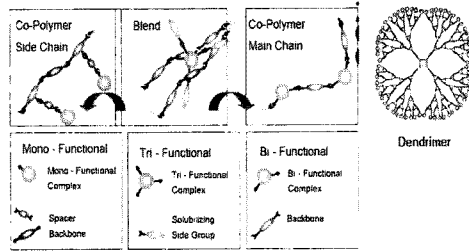


그림 5. Soluble EML 재료의 종류.

### 2.3 EML 재료

EML 재료는 재료종류에 따라 Soluble 형광 저분자, Soluble 인광 저분자, 고분자, Dendrimer 등으로 나누어진다. 예전 고분자 발광재료로는 PPV, PFO (Polyfluorene)가 널리 사용이 되었다. 하지만 저분자의 특성이 형광보다 4배의 효율이 좋은 인광이 출현하면서 비교가 되지 않을 정도로 그 특성이 개선되어 인광 Soluble 저분자 및 고분자 재료에 대한 연구가 시작되었다. 인광재료로 현재까지 알려진 것은 Ir, Pt, Os, Re 등 계열의 유기 착체 화합물로 상온에서 인광이 관측이 된다고 알려져 있다.

고분자 재료의 우수한 코팅특성을 유지하면서 인광의 특성을 구현하기 위한 시도들이 지난 수년간 많이 연구되었다. Soluble 인광 물질의 제작방법은 크게 4가지 방법으로 위 그림에 나타낸 바와 같이 Co-polymer Side Chain, Blending, Co-polymer Main Chain과 Dendrimer와 같은 방법들이 있다.

Co-polymer Main Chain방법의 경우 합성하기가 매우 어렵기 때문에 다양한 물질이 개발되지 못하고 있으며 현재까지 특성 및 합성 효율이 낮은 문제점이 있다. Side Chain Co-Polymer 방법의 경우 Co-polymer를 먼저 합성한 후에 추가 인광물질을 반응을 시켜 재료를 만든다고 알려져 있으며 합성법이 간단하지 않다. Side Chain Co-polymer 방법의 경우 일본의 Showa Denko에서 많이 연구가 발표되었는데 효율 특성은 중착 저분자 특성에 견줄 정도로 우

수한 특성을 보이고 있으나 수명이 나쁜 것으로 알려져 있다.

Blending 방법은 여러 가지 저분자, 고분자 Host 물질과 인광 Dopant 물질을 알맞은 비율로 혼합하여 제작하는 방법으로 쉽게 만들 수 있기 때문에 이 방법이 많이 사용되고 있다. Blending 방법은 원하는 특성을 가진 물질의 혼합 비율에 따라 여러 가지 성질을 얻을 수 있으며 쉽게 고효율과 고성능 소자를 제작할 수 있다. 그러나 Blending 방법은 저분자 물질의 재결정 현상, Solution이나 박막상태에서 서로 다른 성질을 가진 물질이 균일하게 섞이도록 하는 문제, 혼합하고자 하는 물질들 사이의 용해도 차이로 인한 문제점 등과 같이 연구해야 할 점이 많이 있다. 하지만 Blending 방법은 간단한 방식이기 때문에 최근까지 많은 연구가 되고 있다.

최근 Dendrimer를 이용한 Ir Complex 인광소자도 많이 보고 되고 있다. Dendrimer는 구형의 물질로 양파의 껍질처럼 재료를 만들어 가는 방식이다. 중심부에 Ir Complex를 배치하고 주변의 수목부에 Phenylcarbazole과 같은 캐리어 수송 능력 단위를 도입하며 마지막에 표면에 용해도를 좋게 하는 Alkyl 그룹을 붙여서 만든다. Dendrimer는 합성이 매우 어려운 것이 단점으로 지적이 되며 널리 사용이 되지 않고 있다. 재료의 특성은 효율이 중착 저분자 수준에 근접한다고 알려져 있으나 수명이 좋은 재료는 보고가 되지 않고 있다.

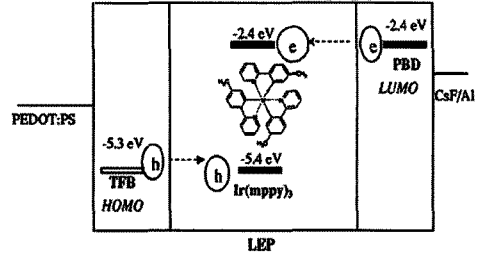
### 3. Blending 방식의 OLED

Blending 발광층 방식은 고분자 Host, 저분자 Host, 그리고 인광 Dopant을 혼합하여 제작한 연구가 많이 보고 되고 있다. 필요에 따라서는 저분자의 Host를 전자이동성이 있는 Host와 정공이동성이 있는 Host를 혼합하여 사용한다. 이는 정공과 전자의 이동을 좋게 하고 주입장벽을 낮추며 엑시톤의 효율적인 국제화로 재결합율을 높여주기 때문이다. 가장 널리 사용되는 고분자 Host로는 PVK가 널리 이용된다. 일반적으로 전자이동도는 Conjugated Polymer가 더욱 우수하기 때문에 좋다고 알려져 있지만 삼중항이 상당히 낮은 특성으로 인하여 Host로 적합하지 않아 Red의 경우를 제외하고 Non-conjugated polymer인 PVK를 많이 사용하고 있다.

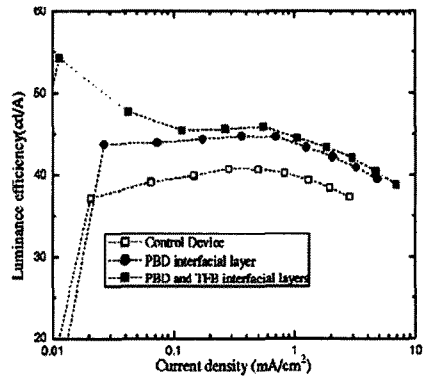
Blending 방법은 여러 재료를 용액상태로 제조한 후 혼합하기 때문에 사용되는 재료는 용액상태에서 안정성이 우수해야 한다. 만약 사용되는 재료가 용액상태로 존재할 때, 결정이 쉽게 형성되거나 여러 재료들을 동시에 섞을 때 결정이 형성된다면 좋은 효율을 기대하기 어렵다. Blending에 사용되는 재료들은 박막을 형성하였을 때 Self Quenching 현상이 적은 것이 좋다. 또한 사용하는 재료는 박막을 형성하였을 때 Homogeneous한 박막을 얻을 수 있는 재료를 사용하는 것이 좋다. Blending 방법으로 인광 OLED소자를 제작할 때 Cathode 물질은 대체로 LiF, Ca, Ba를 사용하는 것보다 Cs나 CsF 계통을 사용하는 것이 더 좋은 효율을 기대할 수 있다. 그러나 Blending에 적합한 재료들은 효율은 좋은 대신 수명이 좋지 않은 단점을 가지고 있다.

OSRAM Opto Semiconductors Inc.에서는 2006년도에 PVK를 기본 Host로 한 논문을 발표하였다. 이 연구에서는 Host로 PVK와 TPD, PBD를 이용하고 Dopant로 Ir Complex인 Ir (mppy)<sub>3</sub>를 이용하여 50 lm/W, 55 cd/A의 높은 효율을 가지는 Green 소자를 만들었다. 이 결과는 지금까지 Soluble Processed OLED에서 가장 좋은 효율을 가지는 것이다[7].

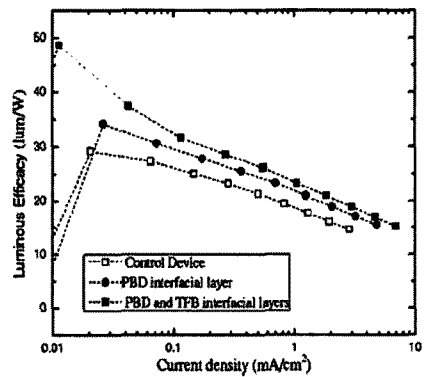
같은 해 Osram Opto Semiconductors Inc.는 높은



(a)

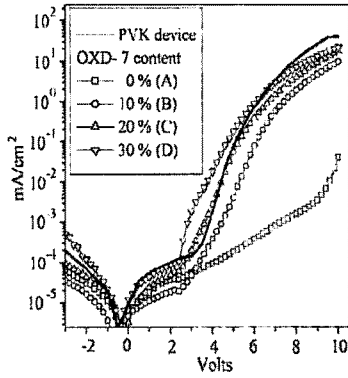


(b)

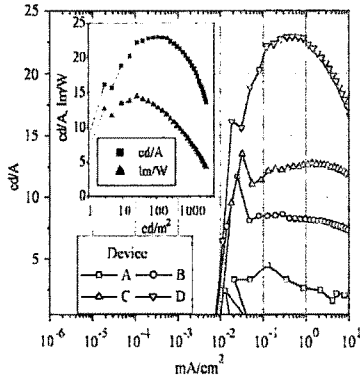


(c)

그림 6. OSRAM Green 소자의 구조와 특성.



(a)

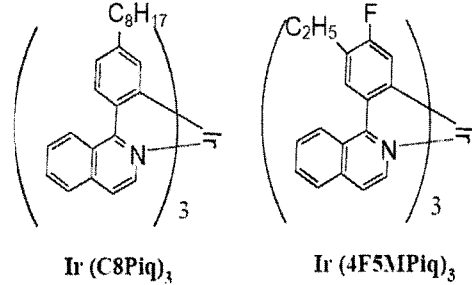


(b)

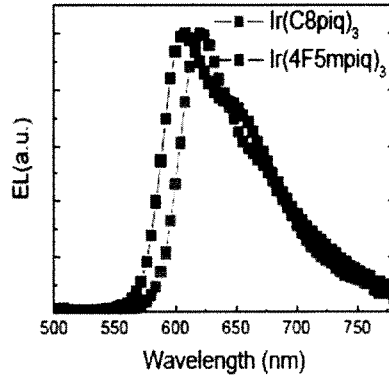
그림 7. OSRAM Blue 소자의 특성.

효율을 가지는 Sky Blue 소자 연구도 발표하였다. 이 연구에 따르면 Host로 Hole 이동 능력이 좋은 PVK와 Electron 이동 능력이 좋은 OXD-7을 이용하고 인광 재료 Flpic를 Doping하여 Blue 소자를 만들었다. 이 소자는 LiF / Al대신 CsF / Al을 음극으로 하여 만들어졌으며, 최고 효율이 14 lm/W, 22 cd/A 높은 효율을 보인다고 보고하였다 [8].

UCLA Yang Yang 교수와 Canon Inc.에서는 높은 효율과 특성을 가지는 Blending 방식의 Red 인광 소자를 발표하였다. ITO / PEDOT : PSS / EML / Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> / Al의 구조로 만들어진 이 소자는 Host로는 Polyfluorene (PF)를 사용하였고 Dopant로는 Ir(piq)<sub>3</sub>의 유도체들인 Ir(C8piq)<sub>3</sub>, Ir(4F5Mpiq)<sub>3</sub>를 사



(a)



(b)

그림 8. Red 소자 재료의 구조와 특성.

용하여 용매에 대한 용해성을 높였다. 이렇게 만들어진 Red 소자는 최고 16.9 cd/A, 17.6 lm/W의 효율을 달성하였다 [9].

#### 4. 선진사 동향

지금부터는 Solution Process에 의한 재료업체 및 디스플레이 업체 동향을 소개하고자 한다. 재료업체인 Sumation에서는 인광 저분자 물질과 형광 Polymer 재료를 소개하고 있다. 2007년 IDW (International Display Workshop) 발표된 것에 따르면 Sumation에서는 인광 Blending 소재로 효율 10

cd/A의 우수한 특성과 수명 24,000 h (1000 nit 기준)을 소개하고 있으며 고분자 재료로 Green과 Blue를 소개하고 있으나 수명과 효율이 우수하지는 않다. 또 이들 재료를 바탕으로 Red + Blue, Red + Green + Blue 조합으로 White를 만들었다 발표하였다. 만들어진 White는 구동 시 색 변동이 아주 적은 것으로 알려져 있다 [10].

미국의 Universal Display Corp. (UDC)와 일본의

표 2. 여러 회사의 Soluble Processed OLED 소자의 특성.

Company	Color	Efficiency (cd/A)	Lifetime
Sumation	Red	0.67, 0.32	10
	Green	0.29, 0.64	16
	Blue	0.14, 0.19	9
	White	0.33, 0.31	7
Dupont	Red	0.65, 0.35	18
	Green	0.29, 0.64	~20
	Blue	0.14, 0.16	~7
UDC	Red	0.66, 0.33	9
	Green	0.33, 0.63	~20
	Blue	0.19, 0.40	~18

Seiko Epson에서는 공동개발로 Ink-jet 인쇄용 Solution 인광 저분자 재료 및 소자를 개발하고 있다. 만든 소자의 구조는 ITO / HIL / HTL / EML / BL (Block Layer) / ETL / LiF / Al으로 Red, Green, Blue 소자 모두 Ink-jet Printing 기술이 가능하고 색 특성은 Red (0.66, 0.33), Green (0.33, 0.63), Blue (0.19, 0.40)을 나타냈으며 효율이 표 2와 같이 Blue를 제외하고 소자의 특성이 비교적 우수하고 수명도 비교적 우수한 것으로 2007년 보고하였다 [11]. 이들 그룹은 2008년에는 역시 인광물질을 이용하여 소자의 효율을 높이고 수명을 늘리는 연구를 진행 중에 있는데, 5월 SID에 Host와 Dopant 모두 저분자 물질을 사용하여 Red, Green 소자의 경우 50,000시간을 넘기는 것을 발표할 예정이다 [12].

미국의 Dupont은 2007년 SID에서 최근까지 개선한 Solution Red, Green, Blue 소자를 소개하였는데 효율은 조금 떨어지나 수명은 매우 우수하였다. 하지만 이 특성은 스프인코팅을 한 소자의 결과로서 인쇄하면 그 특성이 떨어지리라 판단이 된다. 그리고 이 회사에서는 Ink-jet이 아닌 표면처리를 통한 간단

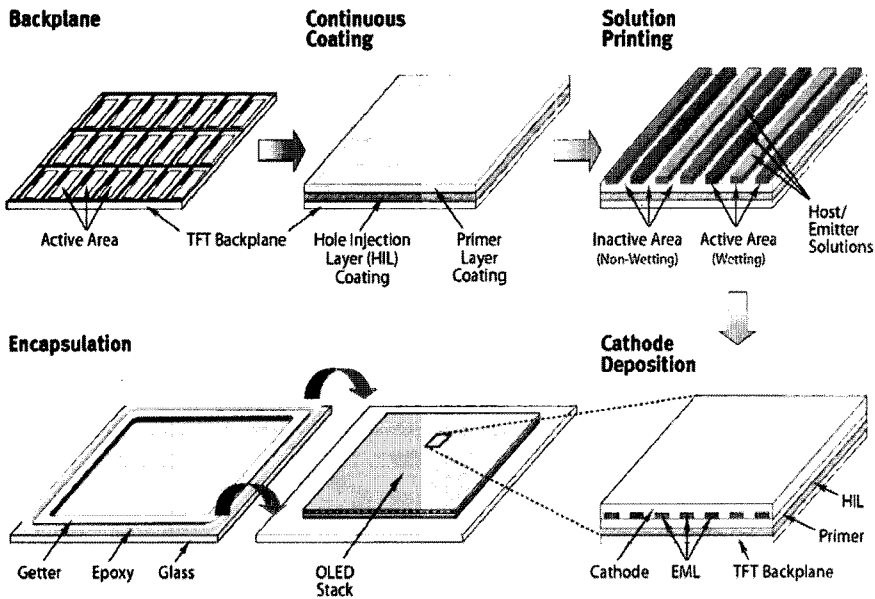


그림 9. DuPont의 RGB 인쇄기술과 AMOLED 제작공정.

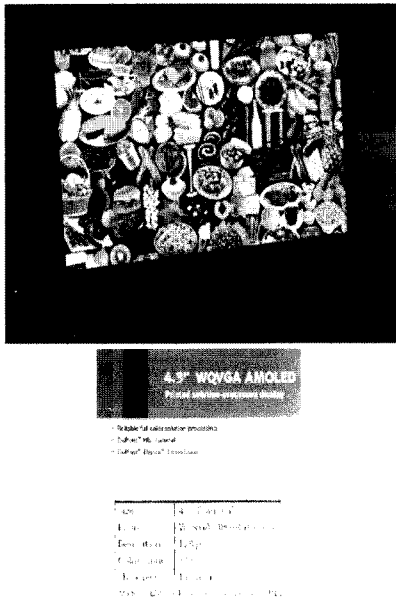
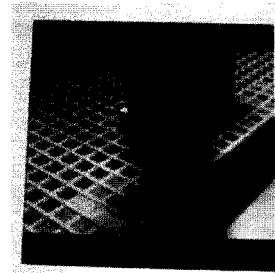


그림 10. DuPont의 4.3" AMOLED.

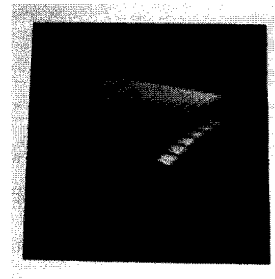
한 인쇄기술을 개발하여 4.3인치 등을 개발하였다고도 발표를 하고 있다. 이 기술은 표면처리를 통한 잉크의 Wetting 특성을 활용한 것으로 간단한 방법이 그 특징이라고 볼 수 있겠다.

디스플레이 업체로는 2004년 Seiko Epson이 고분자 발광물질을 Ink-jet Printing 기술을 이용한 OLED 패널을 선보였다. 이 패널은 20인치 LTPS (Low Temp. Poly-silicone) 기판 4개를 붙여 총 크기가 40인치가 되도록 만들었으며 Ink-jet Printing 기술이 큰 면적의 OLED 픽셀을 프린팅하여 만들 수 있다는 것을 보여준 예가 되었다. 하지만 고분자 재료의 개발의 미진으로 현재는 Printing 공정의 개발보다는 Solution용 인광재료 및 소자의 개발에 힘쓰고 있다.

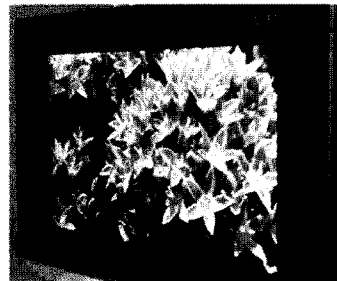
2007년 5월 SID에서 Toshiba Matsushita Display (TMD)는 새로운 20.8인치 풀 컬러 Polymer OLED TV 디스플레이를 선보였다. 초박형인 이 AMOLED는 TMD의 LTPS기술 및 광효율 향상기술에 CDT의 발광 Polymer 소자 기술이 통합된 것이었다. 잉크젯 기술을 이용하여 제작한 것으로 전면발광기술과 광효율 향상 기술이 접목되었다는 것에 많은 관심을



(a)



(b)



(c)

그림 11. 잉크젯으로 발광 재료를 도포한 모습 / 40인치 OLED TV.

받았다.

우리나라 Display 업체들도 미래에 가능성이 높은 Solution Processed OLED 기술에 대한 연구를 활발히 하고 있다. 삼성전자는 이 분야의 재료업체와 공동으로 재료개발을 추진 중이고 삼성SDI도 소규모 연구를 진행 중에 있다. 최근 LG Display에서도 Solution Processed OLED 연구팀이 구성이 되어 연구를 수행하는 것으로 알려져 있다. 아직 특성면에서 다소 증착 기술보다 떨어지기는 하지만 최근 들어 그 특성의 개선이 매우 활발한 상황이다. 향후 이



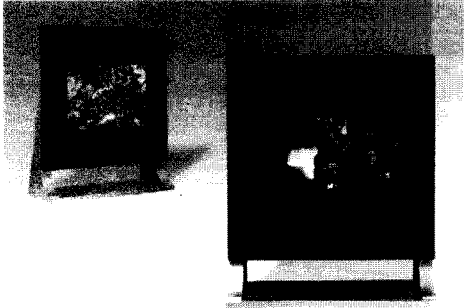


그림 12. Toshiba Matsushita Display 20.8인치 AMOLED.

분야의 비약적인 발전을 기대해 본다.

## 참고 문헌

- [1] C. H. Hsu, Y. Shen, E. M. Smith, D. D. LeCloux, H. Skulason, S. Kim, and I. D. Parker, SID' 2006, 49-51, 5.4
- [2] T. W. Lee, O. Kwon, M. G. Kim, S. H. Park, J. Chung, S. Y. Kim, Y. Chung, J. Y. Park, E. Han, D. H. Huh, J. J. Park, and L. Pu, Appl. Phys. Lett. 87, 231106 (2005)
- [3] J. Morgado, R. H. Friend, F. Cacialli, Appl. Phys. Lett. 80, 14 (2002)
- [4] J. S. Kim, R. H. Friend, I. Grizzi, and J. H. Burroughes, Appl. Phys. Lett. 87, 023506 (2005)
- [5] H. Yan, P. Lee, N.R. Armstrong, A. Graham, G.A. Evononenkes, P. Dutta, and T.J. Marks, J. Am. Chem. Soc. 127, 3172 (2005).
- [6] Y.-H. Niu, M. S. Liu, J.-W. Ka, J. Bardeker, M. T. Zin, R. Schofield, Y. Chi, and A. K.-Y. Jen, Adv. Mater. 19, 300 (2007)
- [7] S. A. Choulis, M. K. Mathai, V. E. Choong, and F. So, Appl. Phys. Lett. 88, 203502 (2006)
- [8] M. K. Mathai, V. E. Choong, S. A. Choulis, B. Krummacher, and F. So, Appl. Phys. Lett. 88, 243512 (2006)
- [9] J. Huang, Y. Yang, T. Watanabe, and K. Ueno, SID'2007, 1837-1839, 62.9

- [10] S. Brown, M. Cass, M. Conway, I. Grizzi, M. Mckierman, M. Roberts, Y. Tsubata, C. Sekine, T. Yamada, and R. Wilson, IMID'2007, 431-434, 27-2
- [11] T. Sonoyama, M. Ito, R. Ishii, S. Seki, S. Miyashita, S. Xia, J. Brooks, R. C. Kwong, M. Inbasekaran, and J. J. Brown, IDW'2007, 241-243, OLED2-3
- [12] S. Xia, K. O. Chenon, J. J. Brooks, M. Rothman, T. Ngo, P. Hett, R. C. Kwong, M. Inbasekaran, and J. J. Brown, SID'2008, paper 406

## 저|자|약|력



성 명 : 박정주

- ◆ 학 력
  - 2006년 경희대 화학과 이학사
  - 2008년 경희대 대학원 정보디스플레이학과 석사과정



성 명 : 권장혁

- ◆ 학 력
  - 1989년 경북대 화학과 이학사
  - 1991년 한국과학기술원 화학과 이학석사
  - 1993년 한국과학기술원 화학과 이학박사

- ◆ 경 력
  - 1994년 - 2004년 삼성SDI 중앙연구소 수석연구원
  - 2005년 - 현재 경희대 정보디스플레이학과 교수