



OLED 최신 기술 동향 보고서

1. 저분자 OLED 재료

- 1.1 형광재료
- 1.2 인광재료
- 1.3 TADF
- 1.4 Hyper-fluorescence
- 1.5 차세대 발광재료 제안
- 1.6 종합

2. White OLED+CF

- 2.1 Bottom-emission white OLED
- 2.2 Top-emission white OLED
- 2.3 White OLED+CF 방식의 특성 개선

3. OLED 디바이스 기술

- 3.1 Inverted OLED
- 3.2 Transparent OLED
- 3.3 전극 재료
- 3.4 편광판
- 3.5 색시야각 의존성 분석
- 3.6 광시야각 기술(Moth-eye)
- 3.7 Top-emission용 투명 cathode
- 3.8 QD-OLED용 tandem blue OLED
- 3.9 Rollable OLED display

4. Solution Process OLED

- 4.1 Sol OLED의 현재와 문제
- 4.2 Solution process용 재료의 개발 현황: 고분자계
- 4.3 고분자계 Solution process용 재료와 저분자 증착 재료와의 비교

4.4 고분자+저분자 Solution process용 재료 개발 현황

- 4.5 Solution process 기술
- 4.6 Solution process 디바이스 기술
- 4.7 Sol OLED

5. 저분자 증착 기술

- 5.1 FMM 개발 상황
- 5.2 저분자 증착용 고정세 마스크
- 5.3 증착 조건이 막에 미치는 영향
- 5.4 특성 재현성
- 5.5 저분자 증착막을 lithography로 패터닝
- 5.6 저분자 증착 시스템

6. 봉지 기술

- 6.1 박막 봉지 기술의 개발 상황
- 6.2 Flexible과 foldable에 적합한 박막봉지 개발
- 6.3 Face seal

7. 광추출 기술

- 7.1 분자 배향에 의한 광추출 개선
- 7.2 굴절을 조절에 의한 광추출 개선
- 7.3 Waveguide mode 제거에 의한 광추출 개선
- 7.4 구조물 설치에 의한 광추출 개선

8. Foldable 기술

- 8.1 Foldable을 위한 디바이스 설계
- 8.2 Neutral Plane Splitting을 목표로 한 개발
- 8.3 Foldable용 소재 개발
- 8.4 Foldable OLED

1. 저분자 OLED 재료

1.2 인광재료

- 인광 적색은 거의 완성되어 있지만, 인광 녹색은 아직 개선해야 할 여지가 있어, 삼성 SAIT는 Pt계로서 인광 녹색을 개발하여 실제로 갤럭시 S20에 적용 시켰다.*
- 현재의 녹색 인광재료는 Ir 착체이지만, 분자 형상이 octahedral이기 때문에 transition dipole이 수평으로 있는 것이 70~75%(적색 인광은 90% 이상)이며, 수명을 더욱 늘려야 하는 요구가 있다. 이러한 니즈에 대응해서 분자 형상이 square planer인 Pt 착체를 사용하여 그림1과 같이 EQE를 개선하였다.
- 그림2는 녹색의 CIEx에 대한 전류 효율을 Ir 착체와 Pt 착체로서 비교한 것이며, CIEx 값에 의존하지 않고 Pt 착체가 높은 효율을 내고 있다.
- 그림3은 Ir 착체와 Pt 착체의 수명 특성을 비교한 것으로서, Pt 착체는 수명이 개선되었다.

* Sung hun Lee et. al. SID2020 Digest 20-2 p.281

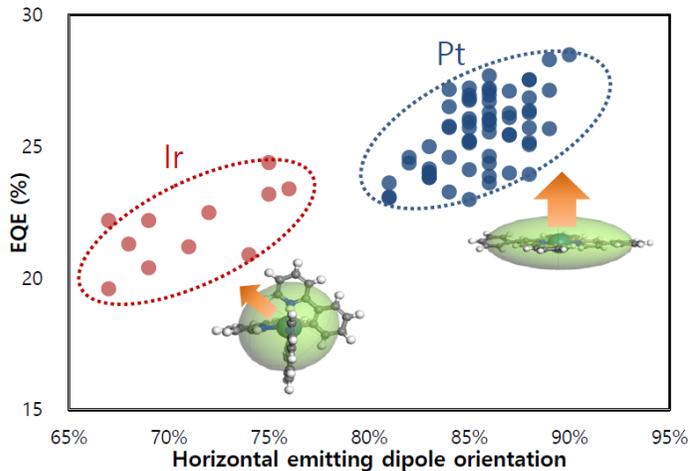


그림1

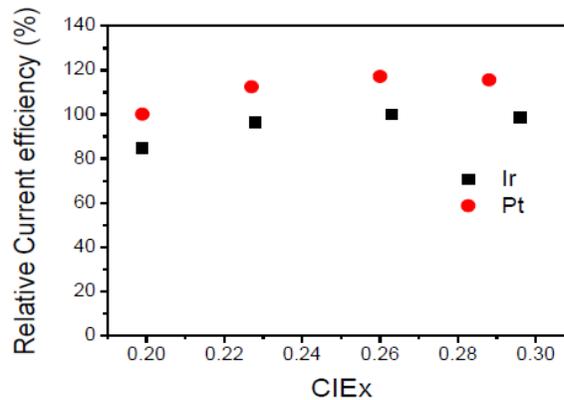


그림2

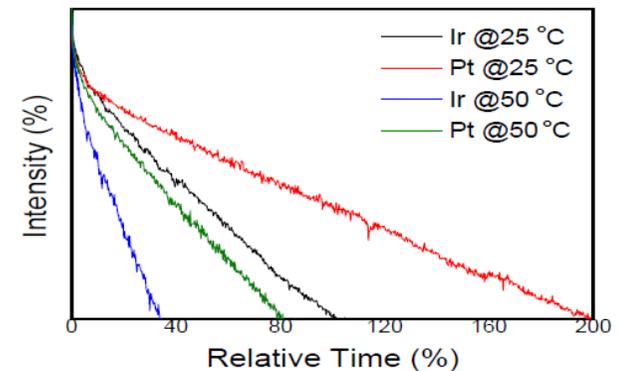
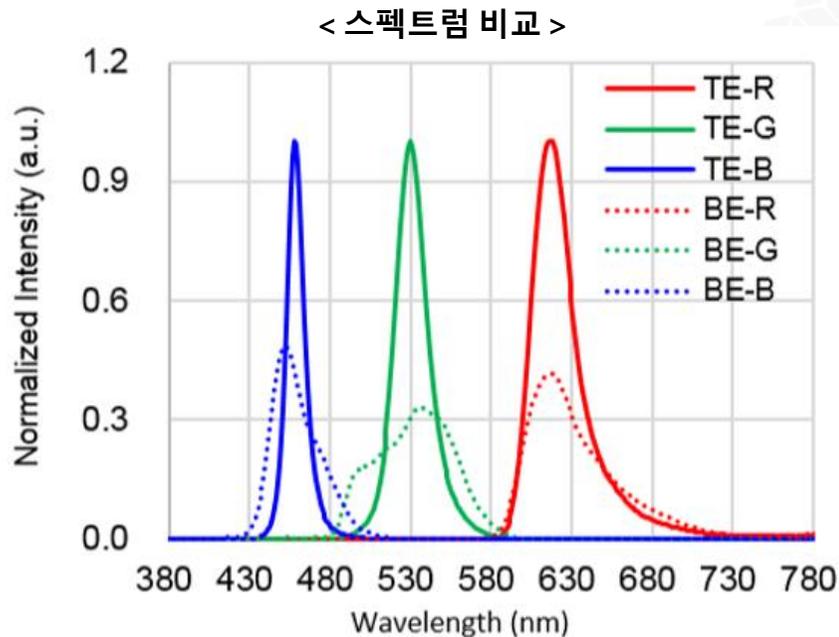


그림3

2. White OLED+CF

2.2 Top-emission white OLED

- BOE의 top-emission white OLED와 bottom-emission white OLED와 특성을 비교한 결과는 아래 그림과 같다.
- Top-emission 구조로 하여 BT.2020 90%를 달성하였다.



< Bottom-emission >

Devices	Voltage (V)	CIE x	CIE y	Current Efficiency (cd/A)
R	11.7	0.683	0.317	7.0
G	11.7	0.197	0.726	11.7
B	11.7	0.147	0.033	3.3

Color Gamut cover ratio (BT.2020): 83.7%

< Top-emission >

Devices	Voltage (V)	CIE x	CIE y	Current Efficiency (cd/A)
R	11.7	0.676	0.319	15.5
G	11.6	0.174	0.777	26.6
B	11.5	0.146	0.038	3.5

Color Gamut cover ratio (BT.2020): 90.3%

* Wengfeng Son et. al. SID2019 Digest 5-3 p.46

4. Solution Process OLED

4.5 Solution process 기술

* Doyoung Byun et. al. SID2020 Digest 36-1 p.505

- EHD 프린팅은 앞에서 기술한 것처럼 노즐과 기판 사이에 인가하는 전하에 의해 잉크를 토출하지만, 그림1과 같이 잉크와 노즐의 전극부가 접촉하고 있어 잉크에 전기 화학 반응이 일어나는 위험성이 있다.
- 그래서 induced electro hydrodynamic (iEHD) 프린팅은 노즐의 전극부가 잉크와 접촉하지 않고 있기 때문에, 이러한 위험성은 없다. 이 기술에 관해서 Enjet과 성균관대학이 공동으로 개발하고 있다.*
- iEHD 프린터의 노즐 부분은 그림2와 같으며, 잉크와 전극이 접촉하지 않고, 유도 전장에 의해 토출되는 구조이다.
- 이 기술을 이용해서 상품화된 프린터는 그림3이며, uLED의 chip bonding에 사용되고 있다. 매우 작은 droplet가 가능하여, 앞으로 고정세 Sol OLED용으로서 기대된다.
- Enjet는 2020년3월에 Electronink와 제휴하여, 잉크를 포함한 솔루션 개발을 하고 있다.



그림3

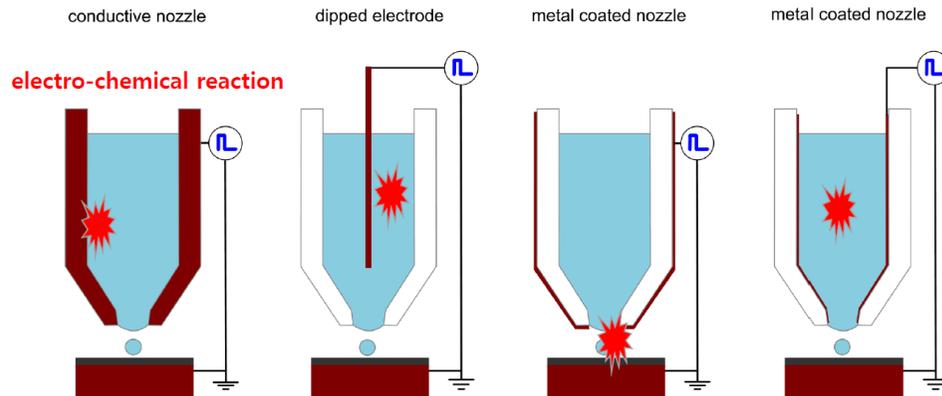


그림1

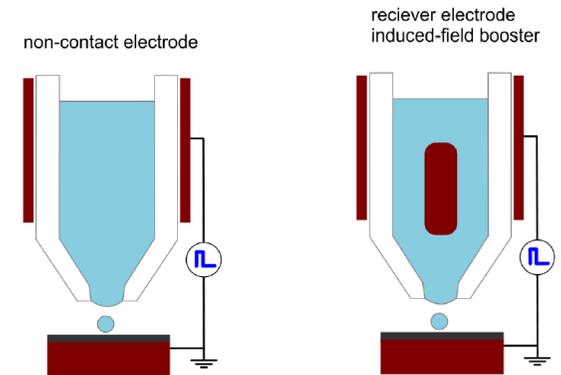
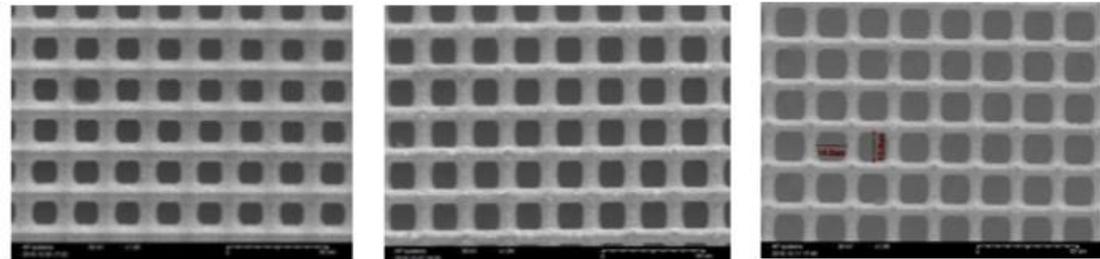
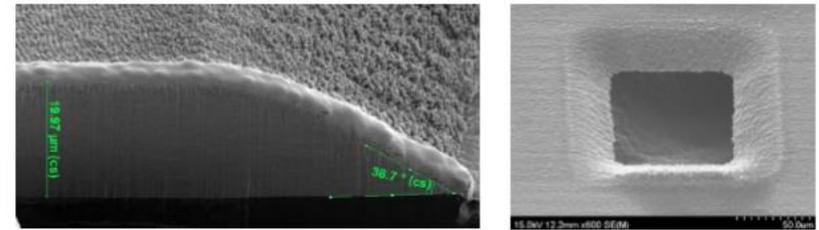
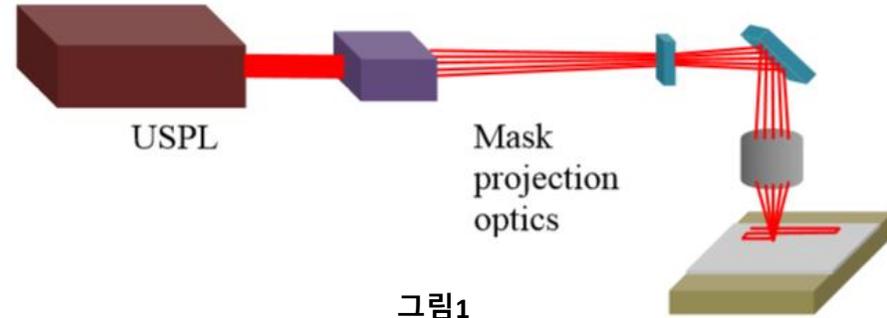


그림2

5. 저분자 증착 기술

5.1 FMM 개발 상황

- AP System은 이러한 문제에 대처하기 위한 방법으로 레이저 가공법을 제안했다.
- 레이저 가공은, 가공중 열에 의한 팽창으로 가공 정도가 떨어지는 것을 방지하기 위해, 펄스 레이저의 초단펄스를 사용한다. 레이저에 의해 고체로부터 기체로 변환되는 열의 응축을 없애기 위한 형상 제어가 가능하다. 그림2가 가공된 사진이다.
- Wet etching으로는 양면으로부터 에칭된 taper가 양측에 있어, 이것이 shadow 효과를 발생 시켜 성막된 화소내의 균일성을 나빠지게 하지만, 레이저 가공은 한 면만 정확히 taper를 만드므로, 화소 내의 균일한 성막이 가능하다.
- 그림3은 펄스 레이저로 만든 800ppi FMM으로서 마스크 두께는 $10\mu\text{m}$ 이다.



* Jong Kab Park et. al. SID2017 Digest 37-1 p.520

6. 봉지 기술

6.2 Flexible과 foldable에 적합한 박막봉지 개발

- TFE로서 무기/유기/무기 구성에 있어서, 무기막으로서 SiO_x 와 SiN , SiON 등을 PECVD로서 성막하는 것이 일반적이다. 이것은 rigid OLED 봉지에는 완전히 문제가 없지만, foldable OLED의 변형 부분에는 충분하지 않아, solution-coated gas barrier(SGB) 방식을 ITRI가 제안했다.*
- Slot die coating으로 무기막을 코팅한 TFE로 사용한 foldable OLED의 곡률반경 1.5mm와 3mm에서 10만회 bending 시험한 후의 이미지를 그림1에 실었다. Folding area는 결함도 dart spot도 발생하지 않았다.
- PECVD로 만든 무기막과 solution process로 만든 무기막의 이물 커버 능력과 핀홀 커버 능력을 비교한 것은 그림2이다. Solution process에서 코팅한 것의 커버 능력이 훨씬 높다

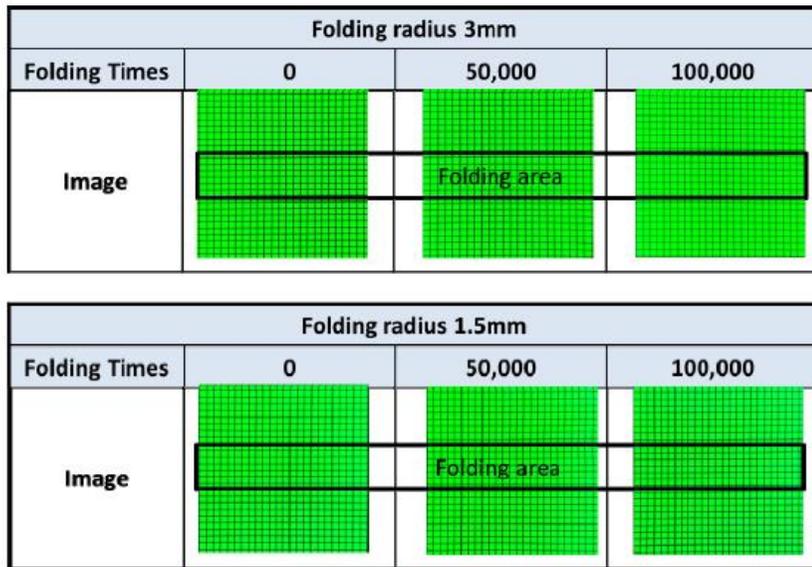


그림1

Technology	PECVD	Solution-coated Gas Barrier
Method	Vacuum process	Wet-coated process
Material	$\text{SiO}_x/\text{SiN}_x$	SiO_x/SiON
Defects coverage ability		
Filling property		

그림2

* Chen-Kuan Kuo et. al. SID2020 Digest 84-3 p.1269

7. 광추출 기술

7.2 굴절을 조절에 의한 광추출 개선

- SEL은 광추출 효과를 올리기 위해 저굴절 EIL과 HIL 재료를 개발하였다.*
- 그림1과 같은 디바이스 구조에서 EIL과 HIL에 SEL이 독자 개발한 저굴절을 물질을 도입한 것과, 종래의 물질을 사용한 것을 표1과 같은 조합으로 만들어, 그 EQE를 측정한 것은 그림4이다.
- EIL과HIL 모두 저굴절용 재료를 사용하여 디바이스4에서 EQE가 25% 높다.
- 그림2와 그림3에 저굴절용의 EIL과 HIL, 그리고 종래의 재료와 비교하여 나타내었다.

* Takeyoshi Watabe et. al. SID2018 Digest 26-2 p.332

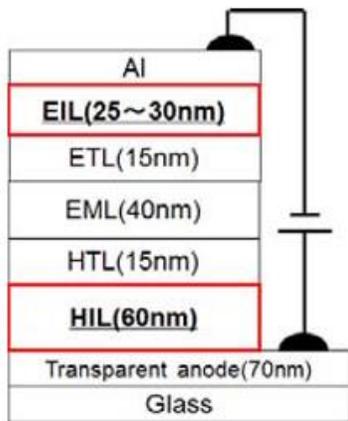


그림1

	HIL	EIL
Device 1	Conventional OMOx	BPhen\LiF
Device 2	OMOx	low n EIL
Device 3	low n OMOx	BPhen\LiF
Device 4	low n OMOx	low n EIL

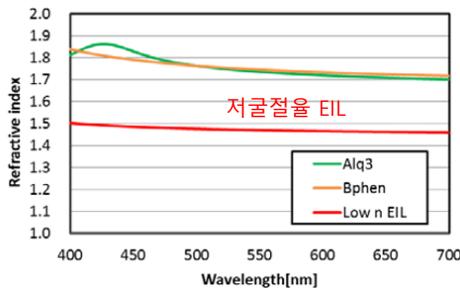


그림2

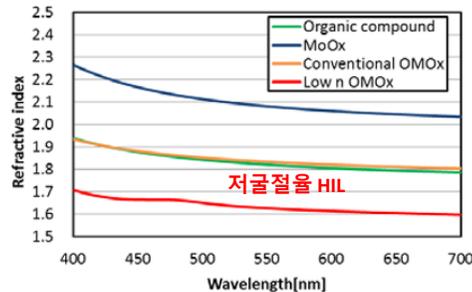


그림3

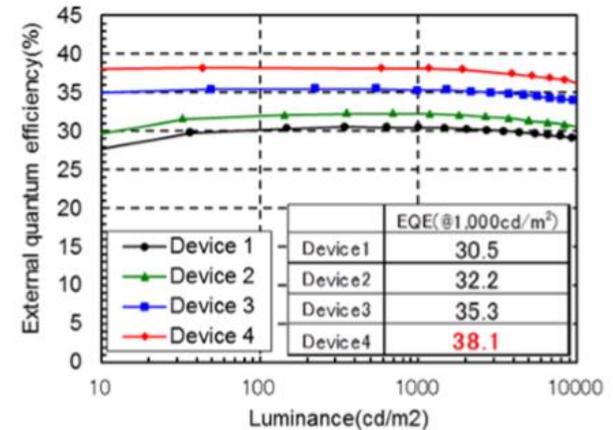


그림4