초고해상도 AMOLED 제조용 벨트 면소스 증착기술

DOI: 10.3938/PhiT.28.042

황창훈 · 김성수 · 고호경 · 진병두 · 이종예

Belt Plane Source Evaporator for Future AMOLED

Changhun HWANG, Sung Su KIM, Ho Kyoung KO, Byung Doo CHIN and Jong Yae LEE

The nature of semiconductor production in industry involves very high integration density, and the nature of display production in industry involves very high resolution. In particular, the resolution of active-matrix organic light-emitting diodes (AMOLEDs) has reached to its limit of 570 ppi due to the shadow effect between the vaporizing organic molecules and the fine metal mask (FMM) used in the linear source FMM evaporation production. In this report, we will introduce the plane source FMM evaporation technology for producing AMOLEDs with resolutions of 2,250 ppi. This technology solves the shadow effect problem and can be applied to current evaporation production. (This reports was written based on an oral presentation on OLED Display II at the SID2019 conference in May.^[1])

개 요

스마트폰에 주로 사용되는 AMOLED(active-matrix organic light-emitting diodes) 디스플레이 소자는 이미 5년 전에 500 ppi(pixel per inch)의 HD급 해상도에 도달하였으나, 아직도 570 ppi 미만의 QHD급 해상도로 밖에 개발이 안되어, 고해상

저자약력

황창훈 대표는 Univ. of Oregon 이학박사로써, 야스 초대사장, LIGADP 기술이사, 선익시스템 연구위원을 역임하였고 현재 단국대학교 겸임교수 및 올레드온 대표로 재직 중이다.(chriss.hwang@oledon.co.kr)

김성수 기술이사는 건국대학교 물리학과로 LIGADP 기술부장을 역임하였고, 현재 올레드온 기술이사로 재직 중이다.

고호경 연구원은 단국대학교 고분자공학사로 현재 올레드온 연구원으로 재직 중이다.

진병두 교수는 KAIST 공학박사로써, 현재 단국대학교 교수로 재직 중이다.(bdchin@dankook.ac.kr)

이종예 변리사는 건국대학교 융합학 박사과정으로 현재 상림국제특허 대표 변리사로 재직 중이다.(patworld@hanmail.net)

Fig. 1. Devil's ppi wall in AMOLED.

도 소자의 발전은 매우 느리게 진행되고 있다. AMOLED 소자의 해상도가 600 ppi는 되어야 UHD급 디스플레이 소자라고 알려져 있다.(600 ppi의 해상도를 11 K급 해상도라고 부르기도 한다) 디스플레이 업계에서는 600 ppi가 AMOLED 소자의 “마의 해상도 장벽”이라고 알려져 있기도 하다.(그림 1)^[2] 현재 판매되고 있는 스마트폰인 S10의 디스플레이의 해상도 사양은 550 ppi로서 3 K급 수준이다. 이 리포트에서는 왜 AMOLED의 해상도에 한계가 있는지 알아보고, 어떻게 하면 해상도를 획기적으로 향상할 수 있는지에 대한 혁명적 솔루션 증착 기술을 제안하고 논의하도록 한다.

FMM 증착기술

현재 제조되는 AMOLED는 모두 포인트 소스(point source, 점증발원) 또는 리니어소스(linear source, 선형증발원) FMM(fine metal mask) 증착기술이 사용되고 있다.^[3] 고진공 환경에서 유기물 분자를 기화하여 기판에 증착하는 기술은 그 공정의 난이도가 매우 높아 “아날로그의” 기술이라고 알려져 있기도 하다.^[4] 그 이유는 공정기술의 비선형성 때문이다. 즉, AMOLED의 고진공 증착기술(vacuum thermal evaporation, VTE)에는

REFERENCES

- [1] C. H. Hwang, S. S. Kim, H. K. Ko and B. D. Chin, Unique belt plane source evaporation techniques for the mass production of 2,250 ppi AMOLED and 77" QD-OLED TV, SID2019, 67.3 (2019).
- [2] www.kinews.net (2017.8.25).
- [3] C. H. Hwang, S. S. Kim, S. W. Bang, B. D. Chin, Seho Choi et al., Phys. High Technol. 27(4), 29 (2018).
- [4] www.kukinews.com/news/article.html?no=512240.

Fig. 2. Linear source FMM evaporation.

Fig. 3. 570 ppi AMOLED.

챔버(chamber)의 진공도, 증발원의 온도, 증발물질의 증발율, 증발물질의 코사인 분포, 박막의 균일도, 물질사용율의 제어, 새도 거리(shadow distance), 패턴 얼라이너(aligner)의 정밀도, 마스크의 온도제어, 유기물질의 변성도, 호스트(host) 분자 및 도판트(dopant) 분자에 대한 균질도, 파티클(particle) 제어 등의 매우 많은 공정변수가 존재하기 때문이며, 적절한 모든 공정 변수의 제어에 대한 노하우가 축적되어야 비로소 상업성 있는 생산수율에 도달할 수가 있다.

AMOLED 소자의 대량생산용으로 사용되고 있는 리니어소스 FMM 증착기의 구조는 챔버의 상부에는 FMM 마스크와 얼라인된 TFT(thin film transistor) 기판이 놓이고, 유기물질을 상향 증발하는 리니어소스가 좌우로 스캔모션을 하면서 기판에 패턴박막이 증착된다.(그림 2) 리니어소스는 호스트 유기물질과 도판트 유기물질용으로 여러 개가 동시에 사용된다. 때로는, 호스트물질과 도판트물질을 파우더 형태로 적절히 섞어서 한 개의 리니어소스를 사용하기도 한다. 이때, 특이한 현상은 유

Fig. 4. Shadow effect.

기물질이 증발되면, 분자들이 상향으로 퍼지면서 분출되므로 사선 비행하는 유기분자들이 마스크의 구조에 따라 서로 다른 새도 현상이 만들어진다. 참고로, 리니어소스는 포인트소스의 길쭉한 형상이므로, 리니어소스의 유기물 기체 퍼짐현상은 포인트 소스의 현상과 매우 유사하다고 볼 수 있다.

스마트폰(S5)에 장착된 570 ppi 해상도를 가지는 AMOLED 디스플레이의 표면을 현미경으로 관찰하여, 픽셀 한 개의 크기를 대략 측정해 보았다.(그림 3) 픽셀폭은 약 16μm의 길이로 측정되는데, 이를 토대로 자세한 유기물 증착현상의 물리적 분석을 해보고자 한다.

상향 증발되는 유기물분자는 퍼지면서 비행하여 마스크에 형성된 패턴홀을 지나 TFT 기판에 도달하여 기판표면에 증착되는데, 비행하는 유기물분자는 입사각을 가지고 증발하게 된다.(그림 4) 리니어소스 증착기술을 활용할 경우, 알려진 입사각은 약 45°이며, 마스크에 형성된 패턴홀(hole)의 양쪽에 의하여 분자가 도달하지 않는 그림자 영역이 발생하여, 기판에 증착된 패턴박막의 양쪽 끝에는 가라앉는 형태의 그림자 거리가 발생하는 현상을 “새도 현상”이라고 한다.^[5,6] 새도 거리(shadow distance, SD)는 실험적으로 측정이 가능하며, 마스크의 두께(mask thickness, TH) 정보를 알면, 분자빔의 입사각(θ)이 계산된다.

포인트소스 FMM 증착기술로 570 ppi 패턴박막의 새도 거리를 측정하였다.(그림 5) 박막의 두께 프로파일(thickness profile)은 먼저 알파스텝으로 측정되었으며, 이후에 AFM(atomic

REFERENCES

- [5] C. H. Hwang, B. D. Chin, S. S. Kim and S. M. Jo, Plane Source Evaporation Techniques for Super Ultra High Resolution Flexible AMOLED, SID2017, 37.2 (2017).
- [6] C. H. Hwang *et al.*, Novel Plane Source FMM Evaporation Techniques for Manufacturing of 2250 ppi Flexible AMOLEDs, 75-2, SID2018 (2018).

Fig. 5. Shadow distance measurement.

Fig. 6. Angle of incidence.

force microscopy)을 이용하여 두께의 스텝부분이 더욱 정밀하게 측정되었다. 새도 거리는 $4.1\mu\text{m}$ 이었다. 마스크의 스텝하이트(step height)는 약 $3\mu\text{m}$ 이었으므로, 입사각이 계산된다. 중요한 것은 $4.1\mu\text{m}$ 미만의 패턴폭을 가지는 고해상도의 AMOLED는 제조가 불가능하다는 것이다. 실제로 2,250 ppi의 해상도를 가지는 AMOLED의 패턴폭은 약 $4\sim 5\mu\text{m}$ 이 되어야 한다. 결국 새도 현상으로 인해, 현재의 AMOLED 소자의 해상도를 600 ppi 이상으로 향상하는 데 물리적 한계가 있다.

그렇다면, 과연 고진공 증착의 새도 현상의 문제는 해결되지 못하는 것인가? 또, 그로 인해 초고해상도의 AMOLED 소자는 제조가 불가능한 것일까? 올레드온^[7]에서는 새도 거리 문제를 해결하기 위하여, 마스크의 두께를 얇게 하는 것보다도, 입사각에 대한 고찰을 하게 되었다. 위와 같은 새도 현상을 가지는 패턴 박막의 분석에 따르면, 현재 생산되는 570 ppi AMOLED 패턴의 박막은 폭이 약 $16\mu\text{m}$, 새도 거리는 약 $4.1\mu\text{m}$, 입사각은 약 45° 인 반면, 2,250 ppi 패턴박막은 폭은 약 $4\mu\text{m}$, 새도 거리는 패턴폭의 십분의 일인 $0.4\mu\text{m}$ 가 되어야 하는데, 만약 유기물 분자의 입사각이 약 10° 로 줄어든다면 이의 달성이 가능하다. 결국 새도 현상을 줄이고, 고해상도의 패턴 박막을 제조하기 위해서는, 퍼지는 분자빔을 형성하는 현재의 리니어 소스 증발기술 대신에 입사각을 더욱 줄이는 평행 분자빔

Fig. 7. Shadow free idea.

(collimated molecular beam) 증발기술이 꼭 필요한 것이다. (그림 6) 요약하자면, AMOLED 소자의 해상도 향상을 위해서는, 마스크의 두께를 얇게 제작하는 것보다도 분자의 입사각을 더욱 줄이는 것이 더 우선적이다.

면소스 증착기술

올레드온에서는 초고해상도의 AMOLED의 제조를 목적으로, 새도 현상을 없애는 새로운 아이디어 증착기술을 개발하였다.^[8,9] 먼저, 리니어소스 FMM 증착기술과 면소스 FMM 증착기술을 비교하여 보자.(그림 7) 리니어소스를 가열하여 분출된 유기물 분자는 퍼지는 분자빔을 형성하여 마스크에 의해 가려지는 그림자 영역이 패턴박막에 형성된다. 새로이 개발된 면소스(plane source) 증착기술에 따르면, 금속면에는 이미 증착코팅된 도너 박막(donor film)이 존재하며, 금속면의 후면 가열에 의해 도너박막은 상향으로 금속표면에 수직방향으로 재증발되고, 재증발된 유기물 분자는 기판에 증착되어 타겟박막(target film)이 형성된다. 이때, 유기분자의 입사각은 이론적으로 제로(zero)가 되어 결국 새도 프리(Shadow-Free) 패턴 박막의 형성이 가능하다.

금속면에 1차 증착된 유기박막은 일종의 두터운 분자층의 유기박막이다. 이를테면, 타겟박막의 두께를 약 $300\text{\AA}$ 을 형성하려면, 도너박막은 $300\text{\AA}$ 이상의 두께를 가져야만 한다. 이러한 유기물 도너박막을 가열하면, 유기박막을 구성하는 유기물 분자는 운동에너지를 얻어 금속에 수직인 방향으로 탈착증발하

REFERENCES

- [7] www.oledon.co.kr.
- [8] C. H. Hwang, Plane Source and Inline Type Manufacturing System for Large Scale AMOLED, SID06, vol. 47.3 (2006).
- [9] C. H. Hwang, *et al.*, Study of Metal Plate Evaporation Using LPS Source for AMOLED, IMID, P1385 (2006).

Fig. 9. Plane source FMM evaporation.

이와 같이, 대형 금속면에 증착된 도너박막이 수직 증발되어 기판에 증착된다.(그림 9) TFT 기판은 FMM 마스크와 미세 열 라인되어 있으며, 면증발 순간에는 금속면이 정지되어 있으므로 초고해상도 패터닝막 제조공정이 매우 안정적으로 실행된다. 참고로, 리니어소스 FMM 증착 시에는 리니어소스가 스캔 모션을 하므로 하드웨어적 진동과 열적으로 불안한 공정이 초래되기도 한다.

면소스 증발에 의해 증착 형성된 미세 패턴 박막의 새도 거리를 측정하였다.(그림 10) 측정된 새도 거리는 $0.69\mu\text{m}$ 이었으며, 이는 리니어소스 증착결과($4.1\mu\text{m}$)에 비하여 7배 향상된 결과이다. 즉, 분자빔의 입사각이 감소하게 되어 $4\sim 5\mu\text{m}$ 의 미세한 패턴폭의 형성이 가능하게 되고, 결국 2,250 ppi의 해상도를 가지는 AMOLED 소자의 제조가 가능해진다.

Fig. 10. Shadow distance measurement.

Fig. 11. 800 ppi FMM patterns.

800 ppi의 해상도를 가지는 FMM(APS 홀딩스에서 제조됨)을 사용하여 패턴박막의 두께 프로파일링을 조사하였다.(그림 11) 즉, 기존증발원 증착기술에 의한 새도 거리는 $4.2\mu\text{m}$ 인 반면, 면소스 증착에 의한 새도 거리는 $0.63\mu\text{m}$ 이 측정되었다. 또한 삼차원 구조의 패턴박막을 조사하여 보면, 비스듬한 새도 영역이 거의 사라지는 것이 분명히 확인되며, 이로 인해 발광면적이 약 2배 향상되는 것도 확인된다.

곡면소스 증착기술

최근, 올레드몬에서는 세계 최초로 곡면소스를 개발하는데 성공했다. 곡면소스는 일정한 곡률을 가지는 표면으로 형성된 면증발원으로서, 1차 증착 코팅된 유기물 도너막막이 재증발 시 “포커싱”되는 분자빔이 형성되며, 이로 인하여 입사각이 더욱 줄어들게 되고, 또한 새도 현상이 더욱 향상되는 패턴막막이 측정되었다.(그림 12) 측정된 새도 거리는 $0.18\mu\text{m}$ 이었으며, 이로부터 계산된 입사각은 약 3.4° 이다. 이 결과는 기존의 리니어소스 결과와 비교하여 보면, 새도 거리가 약 20배 향상된 것이다. 또한, 곡면소스의 곡률을 조정하여 원하는 만큼의

The Size of Shadow Distance can be controlled!

Fig. 12. Curved plane source.

Fig. 13. Spherical curved plane source.

새도 거리를 얻을 수 있어, 이른바 새도 현상을 제어할 수 있게 되는 효과가 있는 것이 밝혀졌다.

곡면소스는 부분 구형의 모습을 가지며, 금속면의 후면에는 가열선 몸체가 함께 조립되어 있다.(그림 13) 곡면소스 FMM 증착기술을 이용하면, 박막균일도와 물질사용율의 향상이 가능하고, 무엇보다도 미세한 패턴박막의 새도 거리의 조절이 용이한 장점이 있다.

평면소스와 곡면소스에 의해 측정된 박막의 균일도를 비교해 보자.(그림 14) 평면소스 증착에 의한 박막균일도는 2.4%이었으며, 평균 박막두께는 560 Å이었다. 반면, 곡면소스 증착에 의한 박막균일도는 1.3%이었으며, 평균 박막 두께는 1450 Å이었다. 즉, 곡면소스 증착을 사용하면, 박막의 균일도 향상은 물론 박막의 두께는 2.6배 증가되었다. 이는, 유기물 분자빔의 "포커싱" 곡면증발의 결과이며, 추후 생산공정에 활용될 경우 유기 물질사용율의 향상이 기대된다.

1,058 ppi의 펜타일(pentile) 형의 패턴구조를 가지는 FMM (APS 홀딩스에서 제조됨)을 이용하여 패턴박막의 두께 프로파일링이 측정되었다.(그림 15) 리니어소스 증착에 의한 패턴 박막

Fig. 14. Focusing evaporation.

Getting the Shadow-Free Patterns by CPS!

Fig. 15. 1,058 ppi FMM patterns.

의 새도 거리는 3 μm으로 측정된 반면, 곡면소스 증착에 의한 패턴박막의 새도 거리는 0.2 μm로서, 매우 줄어든 새도 거리가 측정되었다. 실제로, Shadow-free한 패턴박막을 형성할 수 있다고 볼 수 있다.

비록 현재는 개발이 안되었지만, 미래에는 개발하게 될 2,250 ppi 해상도를 가지는 마스크에 의한 패턴 박막형성의 가능성을 확인해 볼 필요가 있다. 이를 위해, 1,058 ppi의 마스크를 이용하여 증착형성된 원형 패턴의 두께 프로파일을 분석해 보았다. 원형패턴의 중앙으로부터 일정거리 떨어지도록 패턴의 에지(edge)까지 두께 프로파일을 측정하였다.(그림 16) 사용된 마스크는 1,058 ppi이므로, 중앙부의 두께프로파일은 해상도는 1,058 ppi에 대응되었으며, 에지부로 내려갈수록 패턴폭에 해당하는 대응해상도를 계산하여 보면, 각각 1,500 ppi, 2,250 ppi, 10,000 ppi로 나타난다. 리니어소스에 의한 두께 프로파일은 중앙의 패턴폭은 11 μm, 바로 아래에는 4 μm로 나타나지만, 더욱 에지부로 내려갈수록 패턴의 형상은 (새도 현상에 의해) 더욱 망가지는 것이 확인된다.

Fig. 16. 2250 ppi AMOLED possibility.

Fig. 17. Gas mixing re-evaporation.

반면, 곡면소스 증착에 의한 패턴의 두께 프로파일은 중앙의 패턴폭이 $14\mu\text{m}$, 에지부로 내려갈수록, $8\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$ 의 패턴폭이 분명히 확인되고, 패턴 박막의 두께도 약 $350\text{\AA}$ 로 일정하게 나타난다. 이로부터, 리니어소스 증착으로는 초고해상도의 패턴 박막을 제조할 수 없을 뿐만 아니라, 새도 현상이 매우 지배하는 패턴공정 되는 반면, 곡면소스 증착에 의한 패턴 형성은 매우 성공적임이 확인된다.

면소스 증착기술을 소자제작에 활용하려면, 발광층박막의 도핑제어를 위하여, 면소스 증발에 의한 호스트-도판트 유기분자의 동시증발공정(co-evaporation)이 꼭 필요하다.^[10] 올레드온에서는 면소스 증착기술의 도핑공정인 기체믹싱(Gas mixing) 재증발 기술을 개발하였다.(그림 17) 호스트 유기물질(예, CBP) 박막을 기존소스 증발에 의한 방법으로 금속표면에 1차 증착하고, 이후에 도판트(예, Ir(ppy)_3) 박막을 증착하여 이른바 멀티레이어 구조의 도너박막을 형성한다. 이 도너박막은 면소스 가열에 의하여 동일온도에서 재증발되는데, 재증발 시, 호스트 유기분자와 도판트 유기분자들은 균일하게 확산하여 섞이면서 기판에 타겟박막을 형성한다. 이러한 기체믹싱 재증발 면소스 공정을 이용하면, 도판트분자의 도핑제어가 용이하며, 리니어소스 증착기술에 활용되고 있는 다증발원에 의한 동시증발공정이 필요하지 않게 된다. 참고로, 리니어소스 증착기술에는 발광층 박막의 도핑제어를 위하여, 여러 개의 리니어소스를 동

Fig. 18. Material degradation.

Vary concentration gradient of Ir(ppy)_3 to CBP

Fig. 19. TOF-SIMS measurement.

시에 가열 증발하여 여러 유기물질들이 동시에 균질하게 섞인 부분만을 기판에 증착한다.

기체믹싱 재증발 공정으로 도핑된 유기박막을 형성할 경우에, 증발온도가 서로 다른 유기물질의 변성이 발생하는지 확인하기 위하여, HPLC(high performance liquid chromatography) 공정을 활용하여 보았다.(그림 18) 기존의 동시증발 공정기술로 증착된 박막의 (Ir(ppy)_3) 도판트 분자와 CBP 호스트 분자피크 사이에는 이물질 피크가 나타나지 않아 물질변성이 없는 것이 확인된다. 아울러, 면소스 증착에 의한 박막의 경우에도, 이물질 피크가 발견되지 않음이 확인되었다. 즉, 면소스 증착공정은 저온공정이므로 물질변성문제가 발생되지 않는다.

기체믹싱 재증발 공정으로 증착된 박막의 깊이프로파일(depth profile)을 TOF-SIMS(time of flight-secondary ion mass spectrometry)에 의하여 분석해보았다.(그림 19) 3가지

REFERENCES

- [10] C. H. Hwang *et al.*, Co-Deposition of Rubrene Doped Alq3 Film Using Belt Source Evaporation Techniques for Large Size AMOLED, IDMC 2007 Digest (2007).

Fig. 20. Plane source device.

Fig. 21. Green OLED device.

의 도너박막의 경우가 측정되었으며, 각 도너박막의 구조는 멀티 호스트/도판트 레이어박막(예, Ir(ppy)₃/CBP/Ir(ppy)₃/CBP), 단일 호스트/도판트박막(예, CBP/Ir(ppy)₃) 단일 도판트/호스트박막(예, Ir(ppy)₃/CBP)으로 구성되었다. 멀티레이어 도너박막의 깊이프로파일은 균일한 도핑농도를 가지는 깊이프로파일을 보여주며, 호스트/도판트 도너박막은 도핑농도가 증가하는 깊이 프로파일을 보여주고, 도판트/호스트 프로파일은 도핑농도가 감소하는 도판트 깊이 프로파일을 보여주었다. 이 결과로부터 도너박막의 구조를 적절히 변화하면, 도판트의 깊이프로파일의 제어가 가능하여 박막의 깊이에 따른 도핑농도의 변화를 자유자재로 조절이 가능함을 알 수 있다. 향후에는, 기체믹싱 공정에 의한 AMOLED 소자의 공정 연구를 더욱 확장하여 볼 필요가 있다.

면소스 증착기술을 활용하여 최초로 Green color OLED 소자가 제작되었다. 소자의 구조는 총 7층의 박막으로 구성되었

으며, 호스트물질은 CBP, 도판트물질은 Ir(ppy)₃이 사용되었다.(그림 20)^[11] 먼저, 기존의 포인트 소스 증착기술의 co-evaporation 공정을 이용하여 균일한 도핑이 된 발광층 소자를 제작하였고, 이후에는 면소스 증착기술의 기체믹싱 재증발 공정을 이용하여 도핑율이 증가하는 발광층 소자를 제작하여, 발광효율과 작동 전압 등을 비교하였다.(그림 21)

포인트 소스 소자에 비해, 면소스 소자는 발광효율이 약 30% 향상되는 것이 확인되었으며, 향후에는 면소스 증착 공정을 이용하여, 더욱 다양한 도판트의 깊이 프로파일을 가지는 발광층에 대한 연구가 필요하다고 하겠다. 현재의 AMOLED 소자는 Red와 Green 화소는 인광물질이 사용되는 데 반하여, Blue 화소는 형광물질을 사용하고 있다. 이유는 Blue 물질의 변성이 커서 소자의 수명이 매우 짧기 때문이다. 향후에는 면소스 증착기술을 이용하여, 소자의 수명을 늘리기 위한 Blue 인광 유기물질로 구성된 발광층에 대한 연구가 필요하다.

벨트 면소스 증착기술

AMOLED의 소자제작에 면소스 증착공정을 활용하기 위해서는 여러 공정 챔버가 필요하다.^[12,13] 경제적인 양산용 면소스 증착챔버의 개발을 위하여, 다수 개의 면소스 증착공정 챔버를 한 개의 공정챔버로 줄이는 방법이 필요한데, 그것이 바로 벨트면소스 증착기술이다.^[14,15] 벨트면소스 증착기의 구조를 살펴보면, 챔버의 상부에는 TFT 기판이 FMM에 얼라인되어 있으며, 벨트형 금속시트 면소스가 구성되어 2개의 진공롤러에 의해 회전 이동이 가능하다.(그림 22) 챔버의 하부에 놓인 리니어소스를 이용하여 하부 벨트 금속면에 도너 박막이 증착되면, 진공롤러의 회전에 의하여 도너박막의 위치가 기판을 마주보도록 이동된다. 이후에 히터의 가열에 의하여 벨트금속면이 가열되고 도너박막이 재증발되도록 하는 것이다. 이러한 공정을 반복하여 생산용으로 연속공정이 가능한 면소스 증착챔버의 구성

REFERENCES

- [11] S. H. Choi, Thesis for master degree, Dankook University (2017).
- [12] C. Hwang *et al.*, Journal of Information 7(4), 17 (2006).
- [13] C. Hwang *et al.*, New TPS Function for Identifying Nano-Scale Organic Film Phase in Large-Size AMOLED Deposition Processes Using Belt-Source Evaporation Techniques, SID07, P53 (2007).
- [14] C. H. Hwang *et al.*, Belt Source and In-line Manufacturing Equipment for Very Large-size AMOLED, IMID, P1403 (2006).
- [15] C. Hwang and S. S. Kim, Belt Source Evaporation Techniques for LiF/Al in Manufacturing of Large-size AMOLED, IMID (2007).

Fig. 22. Belt plane source FMM evaporator.

Fig. 23. Belt plane source evaporator.

이 가능하다.

올레드온에서는 최근 세계 최초로 200 mm×200 mm 기판에 면소스 증착이 가능한 벨트면소스 증착기를 개발하였다고 발표하였다.(그림 23)^[16,17] 또한, 2세대(370 mm×470 mm)와 6세대(1800 mm×1500 mm) 기판에 증착이 가능한 대면적 벨트면소스 증착기 개발이 진행 중이다.

요 약

지난 20년간 발전해온 AMOLED 양산용 증착기는 1세대 포인트소스 증착기술, 2세대 리니어소스 증착기술까지 개발되었

	1G	2G	3G		
Evaporation Source	Point Source	Linear Source	Plane Source	Belt plane Source	Vertical Belt Source
Evaporator Concept					
Feature	R&D 2G PMOLED Max 200ppi	MP 6G AMOLED Max 570ppi	R&D 12" OLEDs Max 2250ppi	MP 6G AMOLED Max 2250ppi	MP 8G ~ 12G QD-OLED TV
Note	Substrate Rotation	Substrate Scan Source Scan	All Static Process		

Fig. 24. Summary.

으나, 새도 현상에 의한 해상도의 발전에는 한계에 다다랐다. 고해상도의 AMOLED 소자의 생산이 성공하기 위해서는, 비록 난이도가 높은 신개념이지만, 면소스 증착공정의 완성도 있는 개발이 미래의 OLED 시장을 선도할 주요 요인이 될 것이다. 실제로 난이도가 높은 공정기술일수록 더욱 아날로그적이기도 하다. 아직 면소스 증착기술 외에 해상도를 해결할 수 있는 새로운 증착기술이 보고된 바는 없다. 3세대급의 면소스 증착기술은 300 mm 크기의 반도체 웨이퍼용 OLEDs(OLED on Silicon) 소자의 생산에 활용될 것이며, 벨트면소스 증착기술은 6세대 글라스 베이스 AMOLED 소자의 생산, 수직 벨트면소스 증착기술은 대형의 OLED TV 소자의 생산에 활용될 가능성이 매우 높다.(그림 24)

*본 리포트는 중소벤처기업부에서 지원한 창업사업화의 결과물로서 작성되었습니다. 과제번호: 10113773, 과제명: “초고해상도 AMOLED 제조용 면소스 증착기술 개발”

REFERENCES

- [16] www.etnews.com/20190430000343.
- [17] www.thelec.kr/news/articleView.html?idxno=1774.