Micro Display 기술 보고서

Senior Analysist
Testuo Urabe

Chief Analyst
Dr. Choong Hoon YI

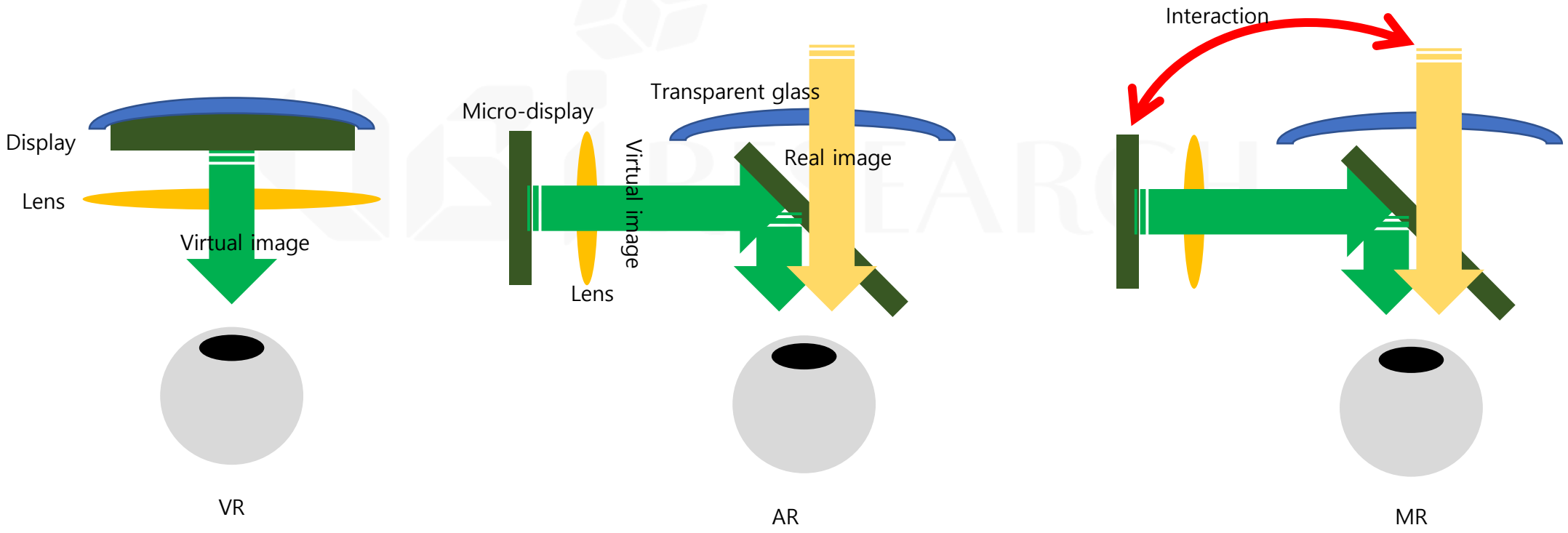
목차

1. AR과 VR, XR 3
   - 1.1 개요
   - 1.2 VR
   - 1.3 AR
   - 1.4 XR
   - 1.5 XR 장치
   - 1.6 마이크로 디스플레이
2. AR 개발 동향 15
   - 2.1 정보기기의 진화와 디스플레이
   - 2.2 Near-Eye Display Products
   - 2.3 Near-Eye Display의 광학계
   - 2.4 망막 주사형 디스플레이
   - 2.5 Waveguide 방식 광학계
   - 2.6 Waveguide Grating Combiner의 업계 Eco-system
   - 2.7 Pin Mirror 방식
   - 2.8 Micro Mirror Structure 방식
   - 2.9 Non-Emissive Micro-display
   - 2.10 Emissive Micro-Display
   - 2.11 주요 제품 개발 동향
3. Micro-OLED 32
   - 3.1 Micro-OLED 사업 상황
   - 3.2 White + CF형 Micro-OLED의 고정세화
   - 3.3 White + CF형 Micro-OLED의 고휘도화
   - 3.4 Micro-OLED의 Direct Patterning: Lithography
   - 3.5 Micro-OLED의 Direct Patterning: FMTL
   - 3.6 Micro-OLED의 Direct Patterning: 초고정세 마스크
   - 3.7 Pin Mirror를 사용한 Smart Glass
4. Monolithic Micro-LED 54
   - 4.1 Monolithic Micro-LED와 Driver Chip과의 Hybridization
   - 4.2 Monolithic Micro-LED의 양산성 향상
   - 4.3 GaN Micro-LED상의 Monolithic TFT
   - 4.4 Monolithic Micro-LED의 Full Color화
   - 4.5 Monolithic Micro-LED의 상품화
5. Micro-OLED or Micro-LED? 72
   - 5.1 Micro-LED or Micro-OLED?: Micro-LED편에서 견해
   - 5.2 휘도 비교: Micro-LED vs. Micro-OLED
   - 5.3 풀칼라: Micro-LED vs. Micro-OLED
   - 5.4 구동 방식과 기타: Micro-LED vs. Micro-OLED
6. VR용 디스플레이/기기 개발 동향 79
   - 6.1 삼성디스플레이
   - 6.2 LG 디스플레이
   - 6.3 페이스북, HTC

© 2020. UBI Research. All rights reserved.

1.1 개요

- 반도체의 발달 인해 진화되어 온 컴퓨터로서 다양한 3차원 가상 세계(VR; virtual reality)와 현실을 기반으로 한 증강 현실(AR; augmented reality)을 구현할 수 있게 되었다.
- VR은 현실 세계와 완전히 차단된 가상 현실만 보여주마, AR은 현실 세계에 가상 세계를 합성하여 보여준다.
- VR과 AR이 혼합 형태로서 혼합현실 (MR: mixed reality)과 확장 현실(XR: extended reality)가 있다. MR은 실시간으로 실제 환경과 상호 작용하는 가상의 디지털 콘텐츠를 구현하는 기술이며, XR은 VR과 AR의 기능을 자유롭게 전환하거나 선택할 수 있는 기술이다.



© 2020. UBI Research. All rights reserved.

2.2 Near-Eye Display Products

- Google Glass는 2015년에 판매가 중지되었지만, 그 이후 업무용 기기로 방향을 수정하였다. 업무용 수요는 많이 있어서, 그 이후에 다수의 기업들이 참여했다. 그 예를 아래에 나타내었다.
- 소형 디스플레이를 사용하는 wearable display、현실과 중첩하여 보는 AR(Augmented Reality), 중첩된 화상과 현실의 좌표계가 일치되어 있는 XR(Mixed Reality) 3가지 종류가 있다. AR과 XR은 waveguide 방식이 주류이다.

VUFINE
540 x 960(QHD) LCoS full color

Vuzix M400 Smart Glass
Full color 640 x 360 μOLED

Wearable display

EPSON MOVERIO BT-300
μOLED 1,280 x 720

Sony Smart Eyeglass SED-E1
Green mono color, 1,000cd/m^2
Green LED light source + LCoS

Waveguide

AR

Microsoft HoloLens

LCoS Field Sequential Color
0.37" 1,366 x 768

Waveguide

Magic Leap one
LCoS Field Sequential Color
0.28" 1,280 x 960

Waveguide

MR

© 2020. UBI Research. All rights reserved.

3.1 Micro-OLED 사업 상황

- 현재 상품화되어 있는 μOLED 방식은 White emission + CF(Color Filter)형이다.
- CMOS 구동회로를 형성한 Silicon 기판상에 증착법으로 RGB 층을 적층한 White emission층 위에 CF 기판을 그림1과 같이 붙인 타입과 passivation 상부에 CF를 직접 형성하는 방식이 있다.
- 용도로서는 군사용, 의료용, 산업용 등의 특수 용도에 더해, 민생용으로서는 디지털 카메라나 영화용 카메라 등이 중심이었지만, 최근에는 wearable 기기의 near-eye display로서 사용되고 있으며, 이러한 용도용으로 고정세화와 고휘도화를 위한 기술 개발이 이루어지고 있다.

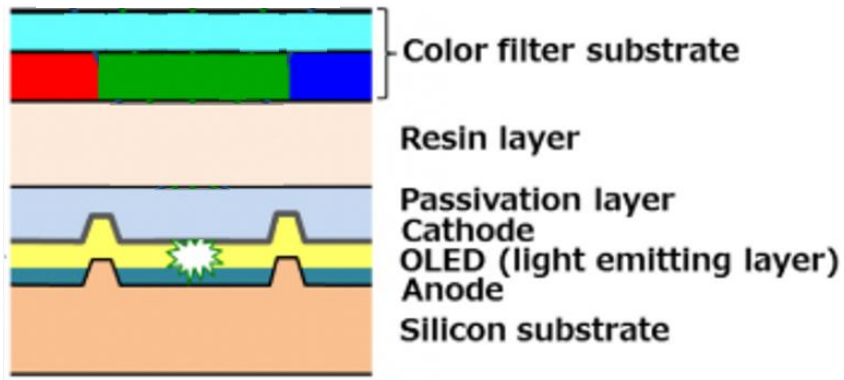


그림1

군사용

의료용

산업용

뷰파인더

스마트 글래스

- μOLED를 생산/판매하고 있는 곳은 eMagin, Kopin, Sony, MICROOLED가 있으며, EPSON은 사내 제품향으로 생산하고 있다.

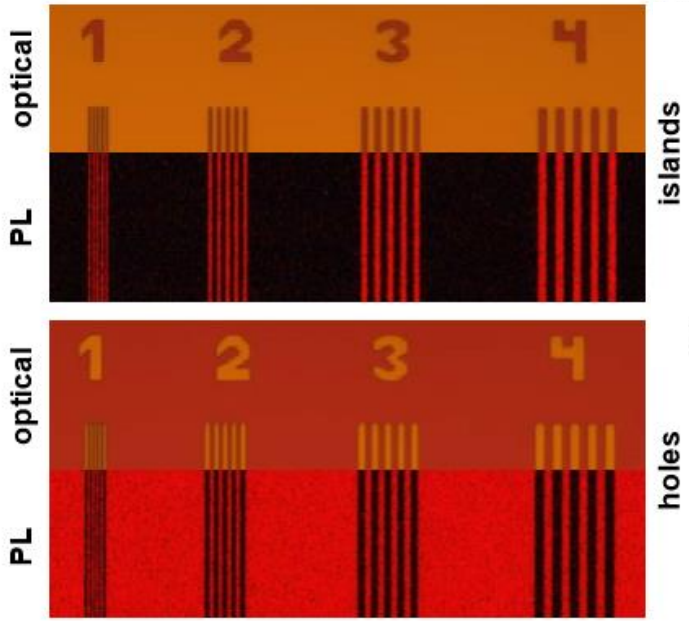
© 2020. UBI Research. All rights reserved.

3.4 Micro-OLED의 Direct Patterning: Lithography

- 앞으로 정보기기의 새로운 방향으로 기대되고 있는 AR기기는 밝은 현실 환경에서 시인성을 확보하기 위해 고휘도가 필수이며, waveguide의 효율이 낮아서 광학엔진의 휘도를 대폭 향상 시킬 필요가 있다. 따라서 최대 휘도를 어떻게 낼 수 있는지가 개발의 중요한 과제이다.
- 현재의 μOLED는 White + CF 방식이기 때문에 CF에 의해 휘도 감소가 일어나므로 CF를 사용하지 않는 RGB side-by-side 방식을 채용하는 것이 바람직하다. 그러나, 직시형의 OLED 제조에 사용되고 있는 FMM(Fine Metal Mask)은 500ppi 정도가 한계이므로, Micro display에서 요구되고 있는 고정세에 대응할 수 있는 별도의 프로세스가 필요하다.
- 대응 방식의 한가지로서 Lithography가 있다. 하지만 Lithography의 과제는 유기 발광재료가 photo resist의 용매에 의해 녹아 나오는 것이다. 이것을 막기 위해서는 직교 용매를 사용하는 방법이 있다.
- iMEC은 fluorinated photoresist를 가지고 OLED 패턴화 기술을 개발하고 있으며, non-fluorinated photoresist의 chemically amplified i-line photoresist (Fujifilm OCR)로서 3μm pitch의 패턴을 만들었다(우측그림).

FPD용의 i선 stapper는 CD = 1.5 μm → 3500 ppi에서 개구율 5% 이하
반도체용 KrF (248nm), ArF (193nm) → 10,000 ppi에서 개구율 35% 이상

- 레지스트 공정은 진공을 깨고 글로브 박스 속에서, 대기압에서 하기 때문에 OLED 수명에 영향을 준다. 이 대책으로서 레지스트나 OLED 적층 구조를 고안하여 2018년 시점에서 L90 > 150h까지 달성되었다.



© 2020. UBI Research. All rights reserved.

4.1 Monolithic μLED와 Driver chip과의 Hybridization

- Sharp가 GaN on Sapphire의 Epi layer로서 Monolithic μLED를 만들고 QD로 색 변환 시키는 방식을 사용하였지만, Hong Kong Univ. of Sci. & Tech.는 Si wafer 상에 성장 시킨 GaN로서 코스트를 절감할 수 있는 방식을 개발하였다.

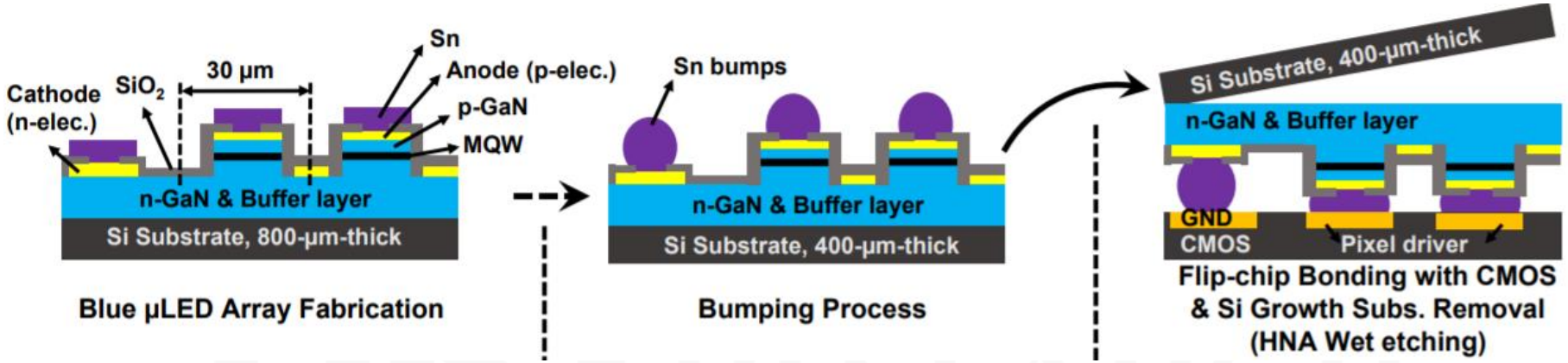


그림 1

- Si wafer 상에 GaN LED를 성장시키고, 이것을 그림1과 같이 Sn bump로 CMOS Driver와 Flip chip bonding 시킨 후에, Epi wafer의 Si을 etching하여 제거하고, 색변환 기판을 접합 시켰다. 최종적인 디바이스는 그림2이다.
- 시제품은 0.55인치 200 x 120 화소, 화소 피치는 60μm(423ppi)의 Full Color Micro Display이다.

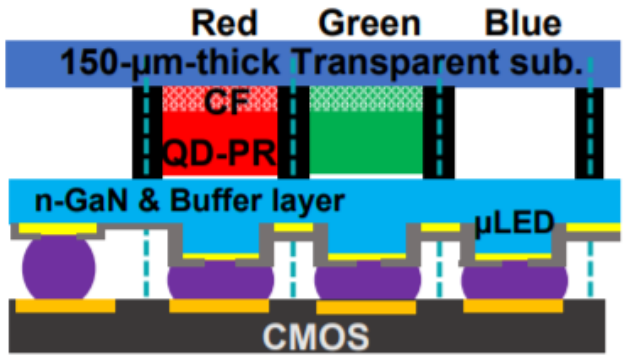


그림 2

© 2020. UBI Research. All rights reserved.

5.1 μLED or μOLED?: μLED편에서 견해

- Micro-OLED 편에서 본 micro-LED를 비교해 보면, Micro-OLED는 양산 베이스 상품으로 시장에 나온지가 이미 10년 이상 지나 불확실성이 적다. 현재의 문제점이나 수명, 휘도 향상이 명확하여, 여기에 대한 기술 개발이 진행되고 있다.
- 한편 micro-LED는 양산시에 수율 확보가 될 수 있는지가 아직 명확하지 않으며, 여기에 다음과 같은 문제점이 지적되고 있다.
    1. 화소간의 휘도 편차가 매우 크기 때문에, 보정용 frame memory가 필요하다.
    2. micro-LED의 EQEmax는 10A/cm^{2}에 있지만, 표시에 필요한 휘도는 100mA/cm2 레벨이다. 따라서 높은 EQE로 표시하기 위해서는 PWM 구동을 하면 CMOS에 부담이 크다.
    3. micro-LED의 화소 사이즈를 작게하면 EQE가 대폭 낮아져서 고정세화가 어렵다.

- 아래 표는 비교를 정리한 것이며, 위에 기술한 내용으로 부터 AR용 Micro Display는 Micro-OLED가 대세이다.

Technology	Maturity	Image quality	Power efficiency	Max brightness	Cost
Micro-OLED	Hugh: in volume production	High	High	Medium, but potential to increase significantly	moderate
Micro-LED	Very low: monochrome demonstrators	Major challenge uniformity and color	Major challenge for required small pixel size	Very high in monochrome, still to be demonstrate in full color	Major challenge: cost of GaN, complex hybrid process, yield

© 2020. UBI Research. All rights reserved.