

# 2022 Micro-Display 기술 보고서

2022년 3월

Senior Analyst  
Tetsuo Urabe

Chief Analyst  
Dr. Choong Hoon YI

1. AR과VR, XR -----	4	3.2 상품화 된 VR 기기	
1.1 개요		3.2.1 PlayStation VR	
1.2 VR		3.2.2 Oculus	
1.3 AR		3.2.3 HTC	
1.4 XR		3.2.4 그 외, 넓은 FOV · 고정세의 VR 제품	
1.5 XR 장치		3.2.5 VR 제품의 Display 해상도 추이	
1.6 마이크로 디스플레이		3.3 신개발 VR 기기	
2. AR 개발 동향 -----	16	3.3.1 Panasonic	
2.1 정보기기의 진화와 디스플레이		3.3.2 Sony	
2.2 Near Eye Display 제품		3.3.3 Micro OLED 을 사용한 VR 기기의 해상도	
2.3 Near Eye Display의 광학계		3.4 3D 표시에 대한 대응	
2.3.1 Projection Type (look around)		3.4.1 종래의 3D 표시 방식의 문제점	
2.3.2 Beam Splitter형 디스플레이		3.4.2 Light field display	
2.3.3 Waveguide 방식 광학계			
2.3.4 Micro Mirror 방식		4. Micro-OLED -----	57
2.3.5 망막주사형 디스플레이		4.1 Micro-OLED 사업 상황	
2.4 AR Glass에 사용되는 Micro-Display		4.1.1 Micro OLED의 구조와 응용 영역	
2.4.1 Non-Emissive Micro-Display		4.1.2 eMagin	
2.4.2 Emissive Micro-Display		4.1.3 Sony	
2.5 상품화된 AR기기에 있어 Display와Optics의 조합		4.1.4 MICROOLED	
3. VR 개발 동향 -----	41	4.1.5 Kopin	
3.1 VR 기기에 요구되는 사항		4.1.6 BOE	
3.1.1 넓은 FOV		4.1.7 EPSON	
3.1.2 고정세		4.1.8 각 사의 제품 라인업 사양	
3.1.3 고속응답		4.1.9 각 사의 Micro OLED 제품 사이즈와 화소 피치	
		4.2 White + CF형 Micro-OLED의 고정세화	
		4.2.1 Color Filter 배열	
		4.2.2 Meta Surface	

4.3 White + CF형 Micro-OLED의 고휘도화	
4.3.1 RGBW Color Filter	
4.3.2 Tandem Structure	
4.3.3 Tandem의 저전압화	
4.3.4 Micro Lens array	
4.3.5 배광 특성 제어	
4.4 Micro-OLED Direct Patterning	
4.4.1 Lithography	
4.4.2 Flash Mask Transfer Lithography	
4.4.3 초고정세 마스크	
4.5 Micro-OLED를 사용한 AR Glass	
4.5.1 EPSON	
4.5.2 Nreal	
4.5.3 ETRI	
5. Monolithic Micro-LED -----	86
5.1 Monolithic Micro-LED와 Driver chip과의 Hybridization	
5.1.1 CEA-LETI	
5.1.2 Sharp	
5.1.3 GaN on Si wafer	
5.2 Monolithic Micro-LED의 양산성 향상	
5.2.1 CEA-LETI	
5.2.2 Jade Bird Display	
5.3 GaN Micro-LED상의 Monolithic TFT	
5.4 Micro-LED의 사이즈와 발광효율의 관계	
5.5 Nanowire (Nanocolumn)	
5.6 완전 Monolithic Micro-LED	
5.7 Monolithic Micro-LED의 Full color화	
5.7.1 QD에 의한 색변환	
5.7.2 Nanocolumn에 의한 direct color	
5.7.3 Quantum Photonic Imager (QPI)	
5.7.4 GaN로서 monolithic full color	
5.8 Monolithic Micro-LED의 상품화	
5.8.1 Plessey Semiconductor	
5.8.2 Jade Bird Display (JBD)	
5.9 Micro-LED를 이용한 AR Glass	
5.9.1 VUZIX	
5.9.2 TCL	
5.9.3 Oppo	
6. Micro-OLED or Micro-LED ? -----	109
6.1 Micro-OLED측에서의 시선	
6.2 휘도 비교 : Micro-OLED vs Micro-LED	
6.2.1 Micro-LED의 휘도	
6.2.2 Micro-OLED의 휘도	
6.3 풀 칼라화Micro-OLED vs Micro-LED	
6.4 구동방식, 그 외Micro-OLED vs Micro-LED	

### 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 micro-OLED



Wearable display

EPSON MOVERIO BT-300  
micro-OLED 1,280 x 720



Sony Smart Eyeglass SED-E1  
Green mono color, 1,000cd/m<sup>2</sup>  
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

### 2.3 Near-Eye Display의 광학계

#### 2.3.3 Waveguide 방식 광학계

- Holographic Optical Element(HOE)는 광산란을 최소화 시키면서 단일 회절 모드만 낼 수 있도록 설계가 가능하며, 회절 효과가 높으며, see-through를 위한 높은 투과도를 얻을 수 있을 것으로 기대되고 있다.
- HOE는 종래에는 양산성이 과제였지만, 2017년에 Luminit가 HOE 양산 기술을 확립하였다.
- HOE 생산은 Mastering과 Replication으로 진행된다 (그림 1). Mastering은 2개의 laser 광의 간섭 패턴을 감광재료에 조사하고, 이 패턴을 볼륨 홀로그램으로 기록한다. 이 Mastering에 있어서 중요한 것은 가능한 진동을 없애는 것이다.
- Replication은 Master와 Replica가 되는 감광성 소재를 중첩하여 그림1과 같이 빛을 조사하여 제작한다.
- 그 후에 DigiLens는 Reactive Monomer Liquid Crystal Mix(RMLCM)이라는 높은 회절변조가 가능한 재료로서 양산화를 가능하게 했다.
- RMLCM의 회절변조폭은 0.16이며, 종래에 비하면 6배가 크다. 이것을  $2\mu\text{m}$  폭으로 만든다.
- 양산 방식은, 우선 waveguide를 만들고, 그 위에 RMLCM를 Inkjet print하고, 이것을 Laser로서 노광하면 Laser 광의 간섭 패턴에 따라 LC와 monomer가 상분리된다.
- DigiLens는 양산 코스트를 낮추어 민생용 제품 생산을 목표로 하고 있다.

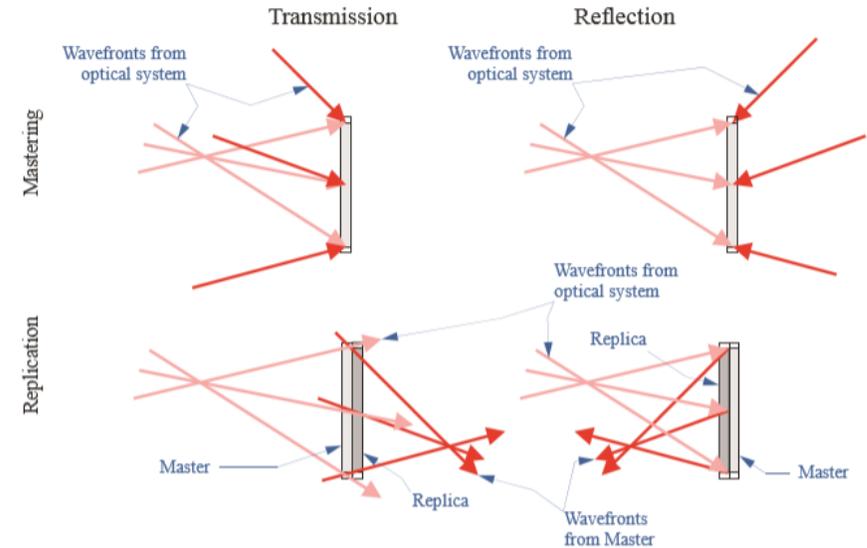


그림 1

## 3.1 VR 기기에 요구되는 사항

### 3.1.1 넓은 FOV

- 인간의 눈의 FOV는 아래 그림1과 같이 수평은 양눈으로 ~220°, 수직은 ~130°로 알려져 있다. 따라서 VR 기기의 디스플레이는 이와 동등한 FOV를 가지는 것이 이상적이다.
- 단, 이 FOV 전부에 걸쳐 동일한 해상도나 색의 식별 등을 할 수 있는 것은 아니다. 그림 2에 도시 된 바와 같이, 예를 들어 문자를 식별하는데 필요한 해상도는 시야 중심의 5 내지 10° 범위에 한정된다. 따라서 디스플레이를 설계 할 때 인간의 눈의 특성을 고려하는 것이 중요하다.

Horizontal FOV ~ 220°( for both eyes )

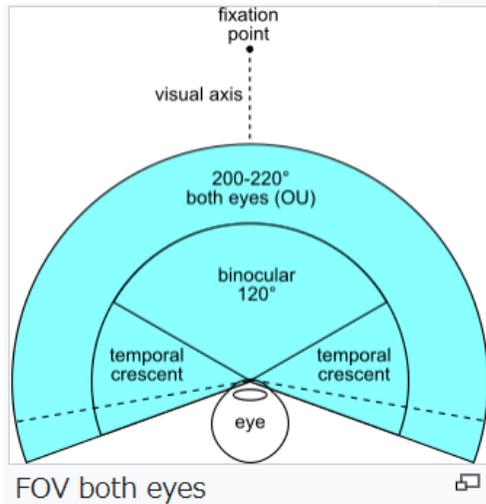


그림 1

Vertical FOV ~ 130°

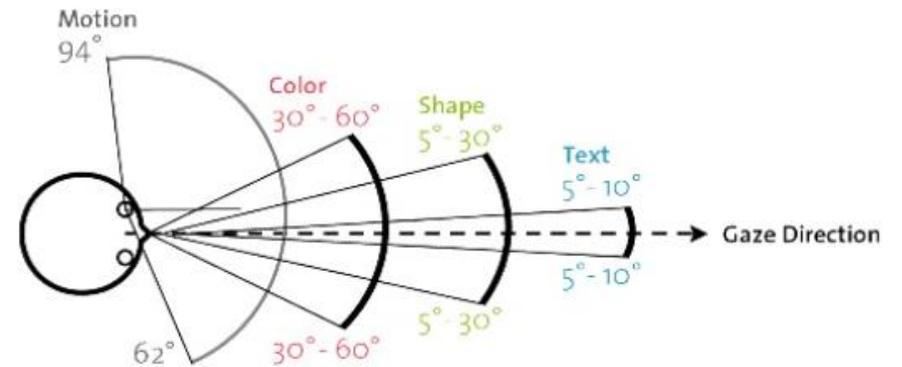
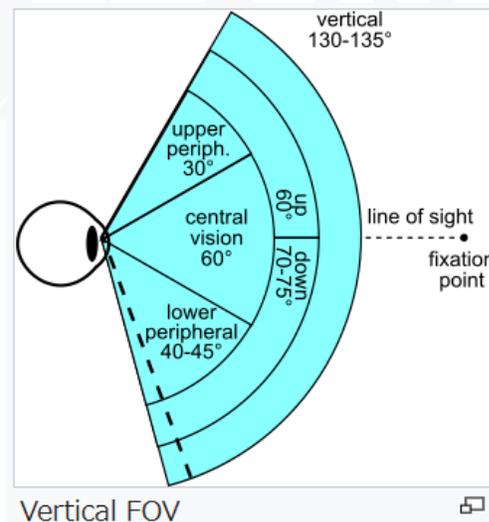
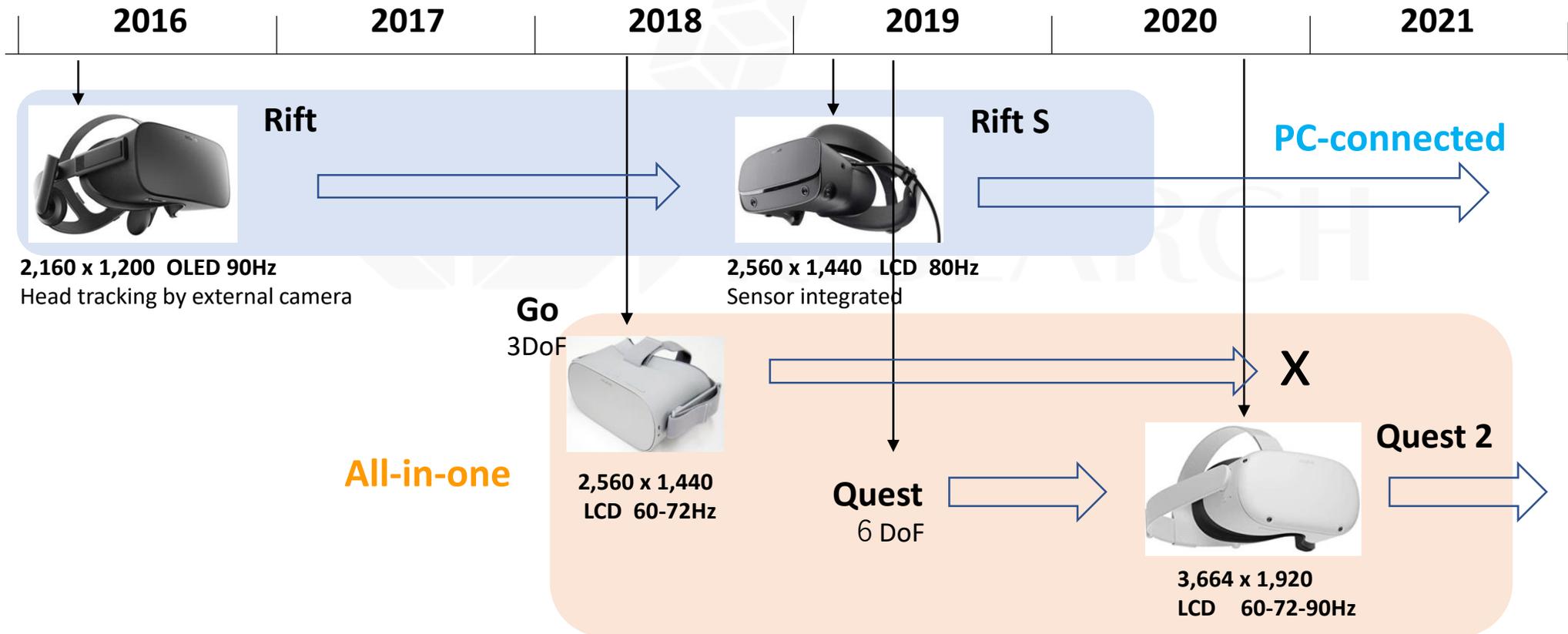


그림 2

## 3.2 상품화 된 VR 기기

### 3.2.2 Oculus

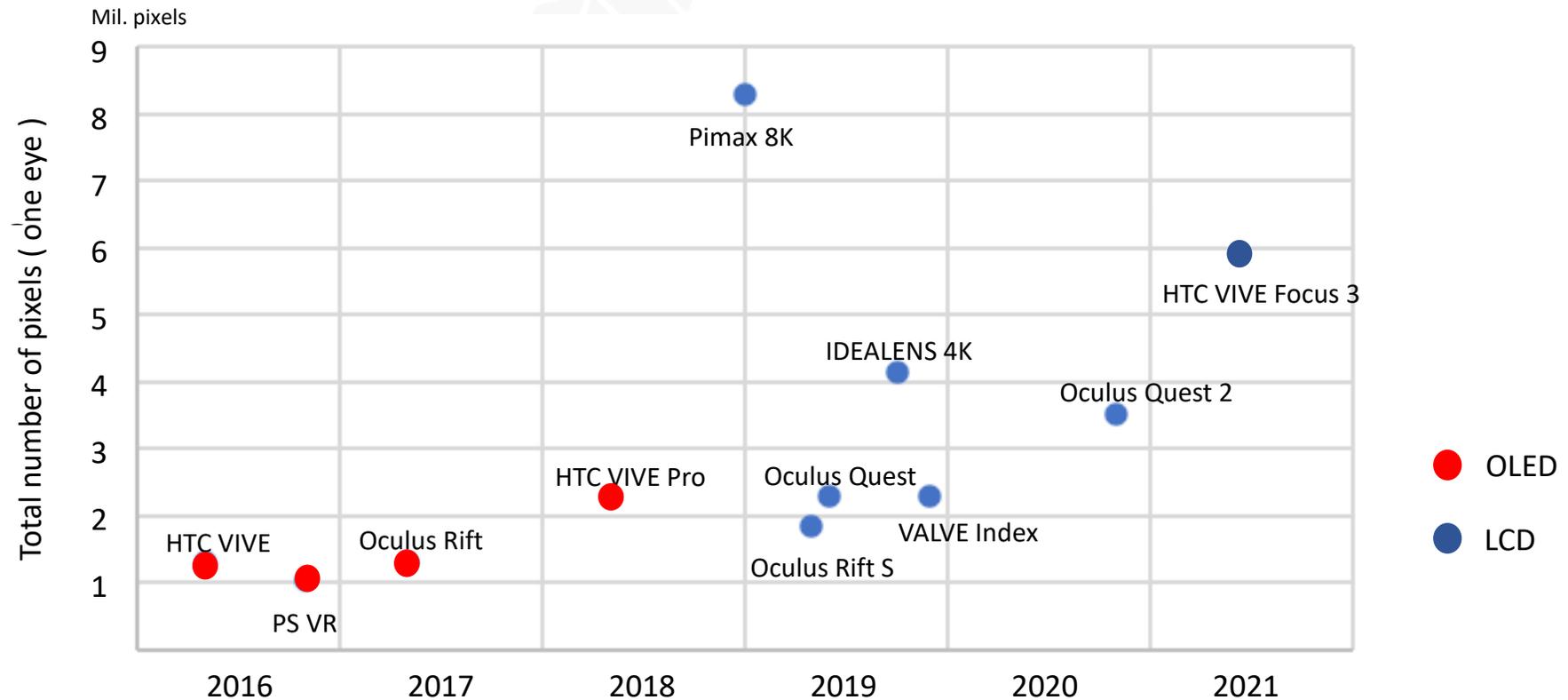
- Facebook 산하의 Oculus는 디스플레이로서 당초 OLED를 사용하고 있었지만, 최근에는 고해상도화를 우선해 LCD를 이용하고 있다.
- 최신 Oculus Quest 2(현 Meta Quest 2)는 한눈에 1,832 x 1,920의 고화질화를 실현하고 있다.



## 3.2 상품화 된 VR 기기

### 3.2.5 VR 제품의 Display 해상도 추이

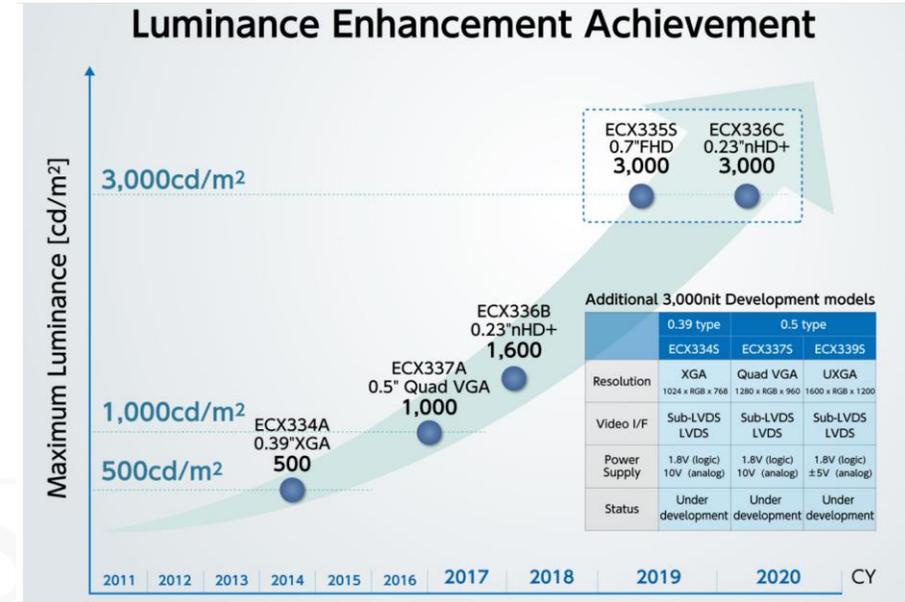
- VR 제품에 사용된 Display의 총 화소수 추이를 밑그림에 나타내었는데, 연대와 함께 총 화소수가 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 그리고 총 화소수의 증가와 함께 OLED로부터 고해상도화가 비교적 용이한 LCD로 바뀌고 있다. 또, 아직 프로토타입 단계이지만 Micro OLED의 채용은 향후 방향의 하나의 가능성을 나타내고 있을지도 모른다.



## 4.1 Micro-OLED 사업 상황

### 4.1.3 Sony

- 소니는 2008년에 세계 최초로 11" OLED TV를 판매한 것으로 알려져 있지만, 이 기술을 응용해서 2011년에는 Micro-OLED를 사업화 했다. Backplane을 CMOS Silicon으로 한 White + CF 방식이다.
- 2018년에는 0.5인치 UXGA (1,600 x 1,200)의 고정세 micro-OLED를 개발하였다. 이것은 화소 피치가 6.3μm이며 4,032 ppi였다.
- 2019년에는 Micro Lens Array를 집적하여 휘도를 대폭 올렸다.
- 소니는 오른쪽 그림과 같이 상품의 휘도를 올려 왔다.
- 2020년에는 projector에 응용하였으며, Green 단색이지만 1,000,000nits라는 초고휘도를 실현한 세계에서 가장 작은 projector이다.
- 현재의 소니의 Micro-OLED 상품 라인업을 아래 표에 정리했다.

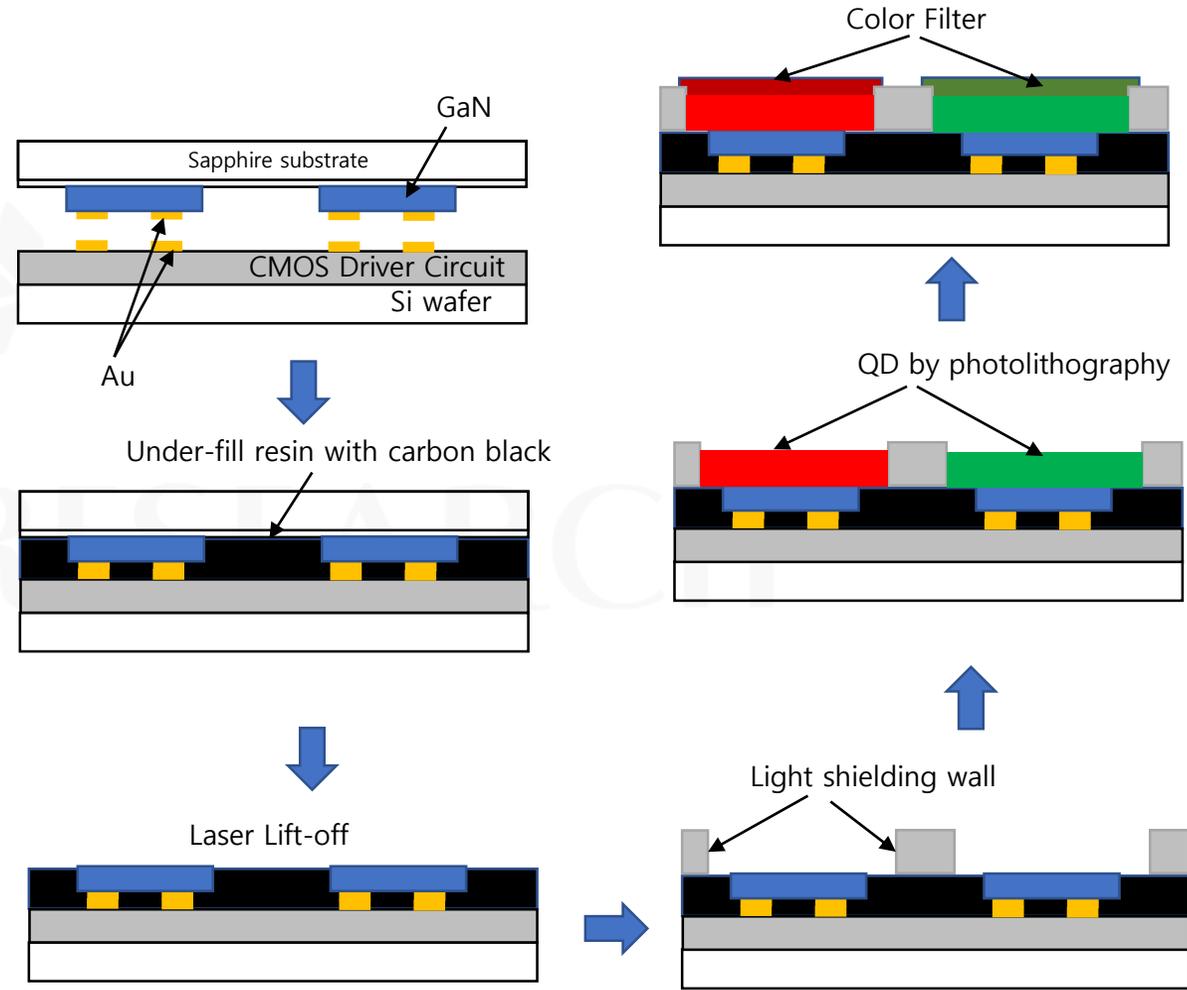


	ECX336B	ECX336C	ECX334A	ECX334C	ECX337A	ECX339A	ECX335B	ECX333S
Pixel size	0.23"	0.23"	0.39"	0.39"	0.5"	0.5"	0.7"	0.7"
Pixel number	640 x 400	640 x 400	1024 x 768	1024 x 768	1280 x 960	1600 x 1200	1920 x 1080	1920 x 1080
Pixel pitch	7.3μm	7.3μm	7.7μm	7.7μm	7.9μm	6.35μm	8.07μm	8.07μm
Max. brightness	1,600cd/m²	3,000cd/m²	500cd/m²	1,000cd/m²	1,000cd/m²	1,000cd/m²	500cd/m²	3,000cd/m²
Contrast ratio	100,000 : 1	100,000 : 1	100,000 : 1	100,000 : 1	100,000 : 1	100,000 : 1	100,000 : 1	100,000 : 1
Interface	RGB 24bit	RGB 24bit	RGB 24bit	LDVS	LDVS	LDVS	LDVS	LDVS
Status	In production	To be produced	In production					

## 5.1 Monolithic Micro-LED & Driver chip과의 Hybridization

### 5.1.2 Sharp

- Sharp가 개발하고 있는 풀칼라 Monolithic Micro-LED는 다음과 같다.
- 디바이스 제작 프로세스는 아래 그림과 같으며, 사파이어 기판에 형성 시킨 GaN micro-LED Array를 Au-Au 프레스 접합으로 붙이고, cross talk를 막기 위해 Carbon black이 들어 있는 수지로서 화소간을 메꾼 후에, 사파이어 기판을 Laser Lift-off로 제거한다. 다음에는 화소간의 cross talk을 막기 위해 격벽을 설치하고, 색변용 녹색과 적색 QD를 Photolithography 프로세스로 형성하고, 색이 변하지 않고 통과한 Blue를 제거하기 위해 CF를 설치한다.
- 시험 제작한 패널은 0.38인치 325 x 198, 1053 ppi이며, 휘도는 1,000cd/m<sup>2</sup>였다(아래 사진).



Ref) Francois Templier et. al. SID2016 Digest 75-1 p.1013