

# 초실감 AR/VR 구현을 위한 디스플레이 기술 개발 동향

Technology Development Trends of Displays for Implementation of Hyper-Realistic Augmented Reality/Virtual Reality

변춘원 (C.W. Byun, cwbyun@etri.re.kr)

유연소자연구그룹 선임연구원

이현구 (H.K. Lee, lhk108@etri.re.kr)

유연소자연구그룹 선임연구원

조현수 (H.S. Cho, hyunsucho@etri.re.kr)

유연소자연구그룹 선임연구원

조남성 (N.S. Cho, kevinchons@etri.re.kr)

유연소자연구그룹 책임연구원/그룹장

이정익 (J.K. Lee, jiklee@etri.re.kr)

실감소자연구본부 책임연구원/본부장

## 4차 산업혁명 선도를 위한 ICT소재부품기술 특집

I. AR/VR용 디스플레이

개발 개요

II. 초실감 구현을 위한 연구

동향

III. AR/VR용 디스플레이

개발 동향

IV. 결론

Augmented reality/virtual reality(AR/VR) technology has a very long research history, beginning in the 1860s. As of the CES of 2016, the expectations regarding the commercialization of AR/VR technology have increased, incurring the interest of many people. AR/VR technologies will be established as a part of our everyday life, such as smartphones, by combining the breakthrough developments of displays, semiconductors, sensors, and various content development technologies. However, until recently, the results of innovative technological developments and market growth had not been reported. In this article, we analyze these trends by focusing on display technologies, and discuss future directions.

\* DOI: 10.22648/ETRI.2017.J.320606

\* 이 논문은 2017년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 민간융합기술연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임[No. CMP-16-05-ETRI].



본 저작물은 공공누리 제4유형  
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

# I. AR/VR용 디스플레이 개발 개요

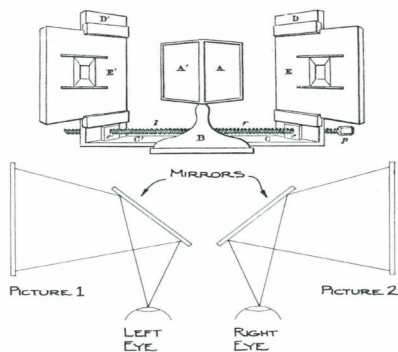
## 1. AR/VR 기술 개발의 역사

최근의 과학기술은 시간과 공간의 한계를 극복하고, 인간의 사유(思惟)나 감각을 모방하는 기술에 초점이 모이고 있다. 나노(Nano, nm) 크기의 소자를 만들어서 집적도가 높은 반도체 칩을 만들거나, 대량의 데이터를 저장/전송하는 기술 중심의 연구 개발에서 벗어나서, ‘인간이 꿈꾸던 세상’을 구현할 수 있는 기술에 많은 투자와 노력이 이어지고 있다.

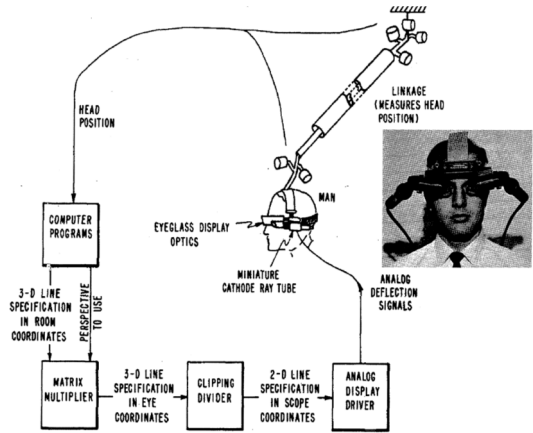
이러한 시대적 흐름에 가장 부합하는 기술로 AR/VR (Augmented Reality/Virtual Reality)을 꼽을 수 있다. 장거리 이동을 하지 않고 유명한 관광지를 경험하고, 게임 속의 주인공이 되어 가상의 세계를 누비고, 위험한 훈련을 안전하게 연습할 수 있는 시스템이 AR/VR 기술로 구현되고 있다. 시간과 공간의 한계를 극복하고, 또 하나의 현실을 경험할 수 있는 세상이 점점 더 가까워지고 있는 것이다.

세계 최초의 AR/VR은 1833년 영국의 찰스 휘트스톤 (Sir Charles Wheatstone)에 의해 (그림 1)과 같은 개념으로 제안되었다[1]. 거울을 이용하여 각각의 눈에 시차가 다른 그림을 보이게 함으로써 처음으로 가상의 입체 영상을 구현하고자 했다.

이후 현대적인 개념의 HMD(Head-Mounted Display)는 이반 서덜랜드(Ivan Edward Sutherland) 교수팀에



(그림 1) 최초의 AR/VR 구현 기기[1]



(그림 2) 1968년에 발표된 현대적 개념의 HMD

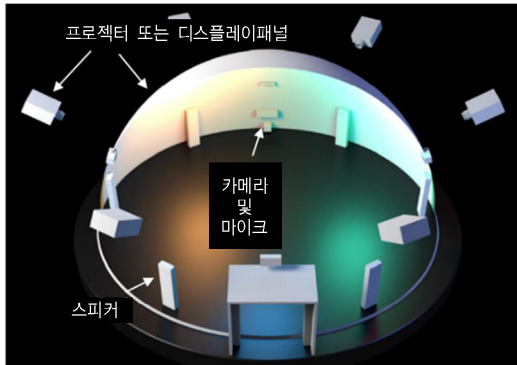
[출처] I.E. Sutherland, “A Head-Mounted Three Dimensional Display,” *Proc. AFIPS*, San Francisco, CA, USA, Dec. 9-11, 1968, pp. 757-764.

의해 1968년에 개발되었으며, (그림 2)의 ‘The Sword of Damocles’는 최초의 HMD 장치이다[2]. 이 장치는 두 개의 CRT(Cathode-Ray Tube)와 컴퓨터 프로그램을 통해, 가상의 영상과 주변환경을 함께 볼 수 있는 AR을 구현하는 것으로, 현대의 AR/VR 기기에서 구현하고자 하는 렌더링(Rendering), 헤드 트래킹(Head Tracking), 인터랙션(Interaction) 기능들을 모두 구현한 선도적인 연구 결과로 평가 받고 있다.

그리고 2016년 CES(Consumer Electronics Show)를 계기로, 스마트 폰을 이용한 다양한 AR/VR 기기들이 출시되었다. 구글, 애플, 삼성, 소니, 페이스북 등 세계적인 규모의 기업들에서 AR/VR 기술에 대한 대대적인 투자와 기술 개발 계획을 발표하면서 AR/VR 기술은 새로운 중흥기를 맞이하게 되었다.

## 2. AR/VR 구현을 위한 디스플레이

2013년 ISSCC(International Solid State Circuits Conference) 학회에서 AMD社(Advanced Micro Devices Inc.)는 미래의 개인용 컴퓨팅 시스템으로 홀로덱(Holodeck)이라는 개념을 발표했다[3]. 영화 ‘스타트랙’에서 처음으로 선보인 가상 공간의 개념에 컴퓨팅 영상,



(그림 3) Holodeck의 구현[3]

[출처] L. Su et al., "Heterogeneous Systems Architecture: The Next Area of Computing Innovation Case Study: The Holodeck," *ISSCC Conf. Keynote*, San Francisco, CA, USA, Feb. 18, 2013.



(그림 4) ETRI에서 개발한 가상훈련 장치 개념도

방향성을 갖는 음향, 사용자 인터페이스 기술 등을 접목하여 홀로덱이라는 개념으로 발전시킨 것이다. 홀로덱을 구현하기 위해서는 (그림 3)에 나타낸 바와 같이 여러 개의 프로젝터 또는 디스플레이를 활용하여 가상의 공간을 구성하고, 카메라와 마이크 등을 이용하여 동작 및 음성을 인식하여 현실감 있는 가상 공간을 제공한다.

이러한 홀로덱 기술은 (그림 4)와 같이 특수목적에 위한 가상 공간 구현에 적합하게 적용될 수 있다. (그림 4)는 ETRI(Electronics and Telecommunications Research Institute) 위치/항법기술연구실에서 개발한 군사용 가상훈련 시스템으로써, 가상훈련 참여자의 위치 및 자세를 인식, 예측하여 제한된 공간 내에서 다양한 가상 군사훈련이 가능하도록 개발된 장치이다[4]. 이러한 장치를 활용하면, 가상의 공간에서도 참여자의 몰입감을 높



(그림 5) PC 기반 VR 기기

[출처] By CULLEN STEBER (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons.

[출처] By eVRydayVR from Berkeley, CA, United States [CC0], via Wikimedia Commons.

[출처] BagoGames, [CC BY 2.0 <https://flic.kr/p/FDQiy9/>], via Flickr.

일 수 있고, 신체단련의 효과도 극대화할 수 있기 때문에 많은 비용과 시간의 절약 효과를 기대할 수 있다.

AR/VR 구현 공간의 제약을 받는 홀로덱 기술과는 달리, 마이크로 디스플레이를 이용한 AR/VR은 이상적으로는 공간의 제약을 받지 않는다는 장점이 있다. 그러나 고해상도의 이미지와 음향, 모션 인식 등에 필요한 다양한 컴퓨팅 파워로 인해, 현재까지는 제한된 형태의 기기들이 출시되고 있다.

(그림 5)의 제품은 PC(Personal Computer)나 콘솔(Console) 등을 활용하여 VR을 구현하기 위해 개발되어 출시된 기기들이다[5]. 몰입감 향상을 위해 HMD 형태로 개발되었으며 주변 장치 또는 내장된 센서를 활용하여 사용자와 가상 공간과의 인터랙션 기능을 제공한다.

(그림 6)은 자체적인 컴퓨팅 기능이 내장되어 독립적으로 AR 구현이 가능한 기기들이다. 이러한 기기는 기존의 VR을 구현하는 제품과는 달리, 주변환경에 대한 시인성이 보장되어야 하므로, 특수한 광학계를 사용하여 가상의 이미지를 주변환경과 중첩하여 표현하는 것이 특징이다. 그리고 이러한 표현에서 몰입감을 향상시키기 위해서는 기기에서 주변환경을 모델링하여 적절한 가상 이미지의 위치를 설정해주는 절차가 매우 중요하다. 그리고 이를 위해서는 사용자의 동공을 추적하여 사용자의 시각 특성을 실시간으로 가상 이미지 표현에 반



(그림 6) 독립된 형태로 AR 구현이 가능한 기기

[출처] By Ramadhanakbr (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons.

[출처] By MetaMarket (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons.

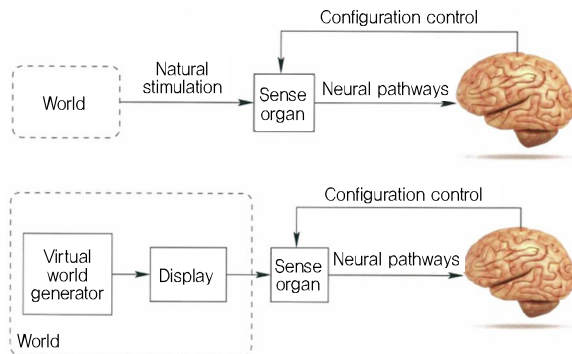
영하는 기술도 반드시 접목되어야 한다. (그림 6)의 기기들에도 이러한 기능이 내장되어 있지만, 현재까지는 제한된 기능만 구현이 가능한 것으로 알려져 있다[5].

## II. 초실감 구현을 위한 연구 동향

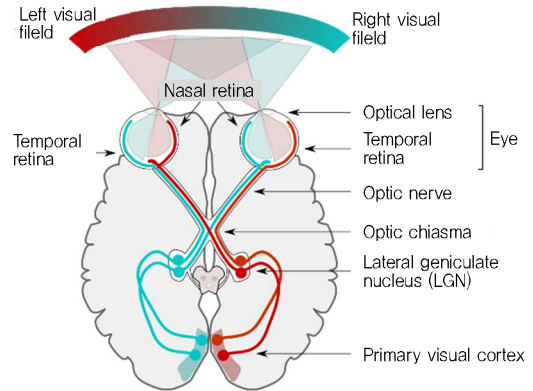
### 1. 인지 메커니즘의 이해

몰입감 높은 가상 또는 증강현실을 구현하기 위해서는 현실 세계에서 인간이 어떠한 방식으로 사물을 인지하고 판단하는지를 이해하고, 최대한 이러한 메커니즘을 모방할 수 있는 기술을 개발해야 한다. (그림 7)은 현실 세계와 가상의 공간에서 인간의 인지 메커니즘이 어떻게 달라지는지를 보여주고 있다[5].

이러한 메커니즘을 고려하여, 가상의 현실을 최대한 실감나게 구현하기 위해서는 다양한 시각, 청각, 촉각



(그림 7) 현실세계와 가상현실의 인지 메커니즘[6]



(그림 8) 인간의 시각 인지 구조

[출처] By Miquel Perello Nieto (Own work) [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>)], via Wikimedia Commons.

등을 인공적으로 재생할 수 있고, 개인별 편차를 고려하여 보정할 수 있는 기술이 필요하다.

최근에는 AR/VR 기기에 (그림 8)과 같은 인간의 시각 인지 구조를 모방한 디스플레이를 구현하기 위한 다양한 연구들이 진행되고 있다. 인간의 인지에서 가장 큰 비중을 차지하는 감각이 바로 시각이기 때문이다. 양안 시차를 구현하기 위해 양안에 각각 2K급 영상을 제공할 수 있는 마이크로 디스플레이를 개발하고, 망막의 두께를 조절하여 초점거리를 조절하는 기능을 구현하기 위해 전기적으로 초점거리 가변이 가능한 광학 렌즈를 개발하고, 단안에 제공되는 영상에도 다양한 시점을 제공하기 위해 집적 가능한 마이크로 렌즈 기술을 개발하는 것 등이 그 예에 해당한다.

이러한 연구 결과들은 최근 관련 학회 등을 통해 많이 보고 되고 있지만, 그 성능은 아직 몰입감 높은 AR/VR을 구현하기 위한 수준에는 미치지 못하고 있는 것이 현실이다. 일례로 단안에 두 개 이상의 시점을 제공하기 위해서는 최소 4K급 이상의 디스플레이가 필요하지만, 최근까지 2K급에 머물러 있고, 초점거리 가변을 위한 렌즈는 응답속도가 너무 길거나 (수백 msec 이상), 연속적인 초점거리 가변이 어려워져 아직까지는 요소기술 개발 수준에 머물러 있는 것이다. 그러나 이러한

연구결과들을 토대로 정량적인 연구 목표들이 설정되고, 이를 달성하기 위한 다양한 방법들이 제시되는 한편, 이들을 구현하기 위한 많은 투자도 병행되고 있어, 수년 내보다 구체적인 성과를 볼 수 있을 것으로 예상된다.

## 2. 인체 역작용 방지를 위한 요구조건

인간은 두 개의 눈으로 사물을 보고, 이를 통해 입체감을 인지한다. 따라서 AR/VR 구현을 위한 디스플레이에서는 양안에 각기 다른 영상을 제공할 수 있는 형태로 구성되어야 한다. 또한, AR/VR 기기에서는 평면으로 사물을 인지하기 때문에, 여기에 채용되는 디스플레이는 최소한 인간의 시력으로 구분할 수 있는 최소한의 크기 이하로 픽셀이 구현되어야 한다. 또한, 최대한 현실 세계와 비슷하게 경험하게 하려면 단안 기준 2개 이상의 시점을 제공하는 영상을 120Hz 이상의 속도로 재생할 수 있어야 한다. 이러한 요구조건이 만족되지 않을 경우, 사용자는 어지럼증, 구토 등의 역작용을 경험하게 된다.

이러한 역작용을 방지하기 위해 가장 먼저 제시된 디스플레이의 요구조건은 해상도이다. 그리고 이러한 해상도 요구조건은 기준도 기존의 PPI(Pixels-per-inch)에서 PPD(Pixels-per-degree)로 변경해야 한다는 주장이 상당히 설득력 있게 제기되고 있다. 이러한 주장의 구체적인 근거는, 시력이 1.0인 사람을 기준으로 가장 미세하게 구분할 수 있는 각도가 1/60도이고, AR/VR 기기에 적용되는 마이크로 디스플레이는 2차 평면의 영상으로 광학계를 활용하여 3차원처럼 표현하기 때문에, 단위 면적이 아닌 단위 각도 당 필요한 픽셀의 개수, 즉 공간 분해능으로 정의하는 것이 바람직하다는 것이다.

이러한 주장에 따라 AR/VR 기기 구현을 위한 HW (Hardware) 개발에 천문학적인 R&D(Research and Development) 비용을 투자하고 있는 인텔社에서도 이러한 기준에 따라 디스플레이의 요구조건을 <표 1>과 같이 제시하였다[5], [6].

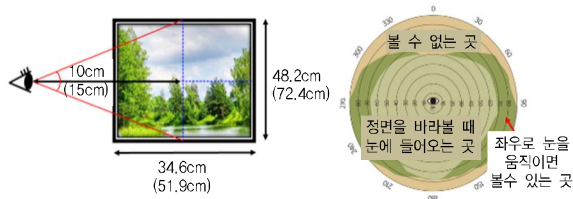
이러한 요구조건에 따라, 디스플레이의 인터페이스 속도를 계산해보면 대략 350Gbps(Gigabyte-per-second)~400Gbps(Frame rate 120Hz 기준)가 필요하다. 현재까지 이러한 인터페이스 속도를 제공할 수 있는 어떠한 프로세서도 개발된 바가 없기 때문에, 이러한 기술적 한계를 극복하기 위해서는 새로운 패러다임으로 이러한 문제를 해결할 수 있는 연구개발이 필요하다.

인체 역작용을 방지하기 위해서는 해상도뿐만 아니라, 연속된 영상 간의 지연속도(Motion-to-Photon Latency)의 문제도 고려되어야 한다. 이러한 지연속도에는 단순히 디스플레이가 영상을 표시하는데 걸리는 시간, 영상의 수신, 영상 처리, 센서 정보의 통합 등의 요소까지 고려되어야 하므로, 복합적인 해결책이 필요하다. 또한, 여기서 영상정보는 통상 사용자를 중심으로 한 360도 전체를 고려해야 하므로, 이를 위한 영상처리 알고리즘도 함께 개발되어야 한다. 아직 현실적으로 이에 근접한 시스템이 개발된 예는 없지만, 인간의 인지 특성을 고려했을 때, 지연속도는 최소 20msec 이하가 요구되고 있다[5], [6].

또한, 몰입감 높은 AR/VR을 구현하기 위해서는 인간의 시각특성을 고려한 적절한 화면의 크기를 설정하는 것이 매우 중요하다. 몰입감이 보장되지 않는 경우, 사용자는 불규칙적인 눈의 초점 변화가 유발되고 이는 인체 역작용으로 이어질 수 있기 때문에, 몰입감 향상은

<표 1> AR/VR 구현을 위한 디스플레이 요구 해상도

	PPD required	Horizontal FOV(°)	Equivalent horizontal Kpixels	Vertical FOV(°)	Equivalent vertical Kpixels	Total Mpixels required
Each eye	60	160	9.6	175	10.5	~100
Stereo vision	60	120	7.2	135	8.1	~60



(그림 9) 시각특성을 고려한 평균적인 FOV[7]

[출처] 권오경, “VR/AR를 위한 OLEDoS 마이크로 디스플레이 기술 동향 및 필요한 기타 Interface 기술들,” ETRI 실감소자연구본부 초청발표, 2016. 05. 11.

인체 역작용 방지를 위해서도 매우 중요한 요소로 작용될 수 있다.

이러한 요구조건을 충족시키기 위해서는 사물을 인지하기 위한 최소 초점 거리와 공간 분해능 등이 고려되어야 한다. 이를 통해 인간의 평균적인 FOV(Field-of-view)를 산출해보면, 좌우로는 120도, 상하로는 135도가 필요함을 알 수 있다[7]. 이러한 인간의 시각 특성을 (그림 9)에 나타내었다.

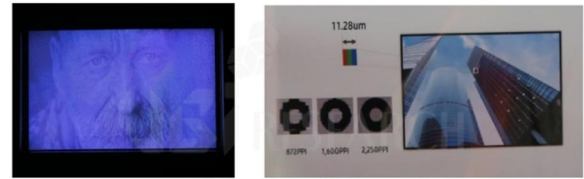
### III. AR/VR용 디스플레이 개발 동향

#### 1. 액정 기반 디스플레이

액정을 기반으로 한 마이크로 디스플레이는 화소 구조가 비교적 간단하여 고해상도 구현에 매우 유리하다. 이러한 장점을 부각하여, BOE(2016년 2월, 1,600ppi), Japan Display(2017년 2월, 651ppi), Samsung Display((그림 10), 2017년 5월, 2,250ppi) 등의 업체에서 VR용 고해상도 액정 디스플레이 개발 결과를 발표하였다.

이러한 제품들은 Glass 기반의 공정으로 제작되어, 2인치 이상의 제품까지 확장할 수 있는 장점이 있지만, AR/VR 기기에 본격적으로 채용될 수 있을 정도의 고해상도를 구현하기 위해서는 Back-plane 공정의 한계와 상대적으로 열악한 TFT의 특성을 극복되어야 한다.

이러한 기술적 한계에 대한 대안으로 제시된 기술이 (그림 11)에 CMOS 공정 기반으로 개발된 액정 디스플레이이다[9]. CMOS 기반의 액정 디스플레이는 간단한



(그림 10) Samsung Display의 2,250ppi LCD[8]



Resolution	2,056 × 1,088 Full HD	1,280 × 720 HD	1,280 × 720 HD
Active area(in)	0,55	0,50	0,36
PPI	4,229	2,937	4,079

(그림 11) CMOS 기반 액정 디스플레이

화소 구조와 더불어, 하나의 화소로 3색 표현이 가능하여(R, G, B 광원 사용, 시분할 구동 적용) 보다 고해상도를 표시할 수 있는 장점이 있다. 그러나 (그림 11)에 나타낸 제품은 다양한 AR/VR 제품에 바로 적용이 가능할 정도의 높은 해상도를 갖지만, 상대적으로 작은 화면의 크기 때문에 몰입감이 저감될 수 있어, 이에 대한 해결책이 필요하다.

#### 2. $\mu$ -LED 기반 디스플레이

2014년 Apple社에서 LuxVue社를 인수한 이후  $\mu$ -LED(Micro Light Emitting Diode)를 이용한 디스플레이 기술에 관심이 높아지고 있다.  $\mu$ -LED는 이론적으로 저전력 구동과 다양한 형태(Flexible, Stretchable)로 제작하는 것이 가능하여 AR/VR 기기에 적용하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 2015년 10월에 대만의 ITRI(Industrial Technology Research Institute) 에서 440ppi급 총천연색 디스플레이를 발표한 것을 시작으로 2017년 6월에는 VueReal社에서 (그림 12)와 같은 6,000ppi  $\mu$ -LED 디스플레이를 공개하기도 했다.

그러나  $\mu$ -LED는 전기적-광학적 특성의 균일도 확보와 적색의 발광효율 개선, 디스플레이 구현을 위한 전자 기술의 확보 등의 이슈 해결이 필요하다. VueReal社에



(그림 12) VueReal사의  $\mu$ -LED 디스플레이

[출처] VueReal, <https://www.vuereal.com/>

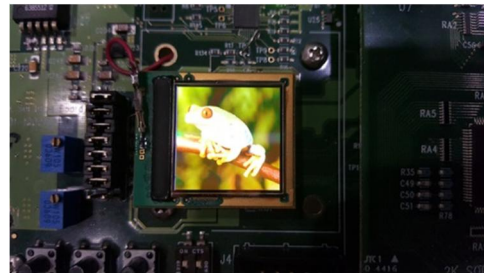
서도 6,000ppi급 디스플레이를 발표하기는 했지만, 제품의 검증과 평가를 이유로 2018년 이후 양산을 목표로 하고 있다.

### 3. OLED 기반 디스플레이

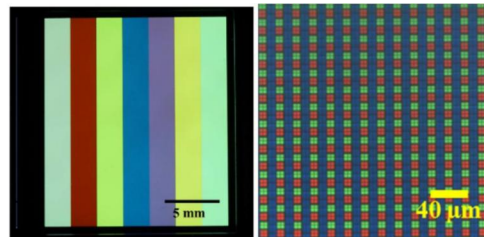
OLED(Organic Light Emitting Diode)는 빠른 응답속도와 완벽한 블랙 구현이 가능하여 차세대 AR/VR용 디스플레이로 각광을 받고 있다. 또한, OLED는 별도의 광원이 필요하지 않아서, 경량/박형으로 제작이 가능하고, 액정 또는  $\mu$ -LED와는 다르게 눈에 해로운 Blue 파장을 최소화할 수 있는 장점 또한 가지고 있다. 이러한 이유로 OLED 기반 마이크로 디스플레이는 AR/VR용 디스플레이로 가장 적합하다는 평가를 받고 있다. 이러한 장점에 기반하여 Kopin社(그림 13) 참조와 eMagin社(그림 14) 참조에서는 각각 2K×2K의 해상도를 갖는 마이크로 디스플레이 개발 결과를 발표하였다.

그러나 두 회사 모두 아직 양산의 수준까지는 도달하지 못했으며, 특히 Kopin社는 2017년 CES에서 (그림 13) 제품을 전시하면서 시간에 따라 디스플레이 특성 열화되는 문제점을 노출하기도 하였다.

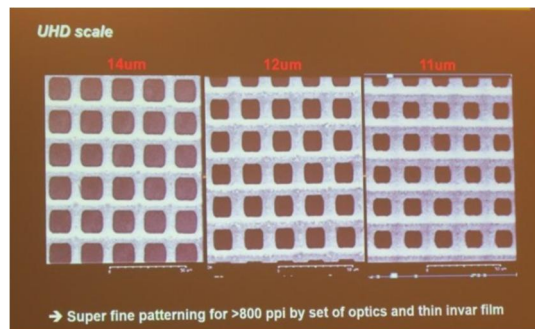
OLED 기반의 마이크로 디스플레이 개발에 있어, 가장 큰 기술적 이슈는 총 천연색을 구현하는 OLED 증착 기술의 문제를 해결하는 것이다. AR/VR 기기에서 요구하는 해상도에 대응하기 위해서는 기존의 FMM(Fine-metal-mask) 공정의 한계가 극복되어야 하기 때문이



(그림 13) Kopin사의 2K×2K  $\mu$ -OLED[8]



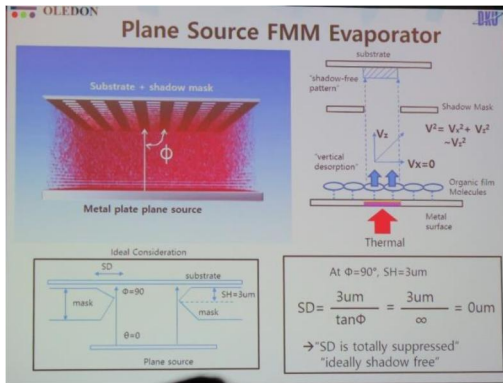
(그림 14) eMagin사의 2K×2K  $\mu$ -OLED[10]



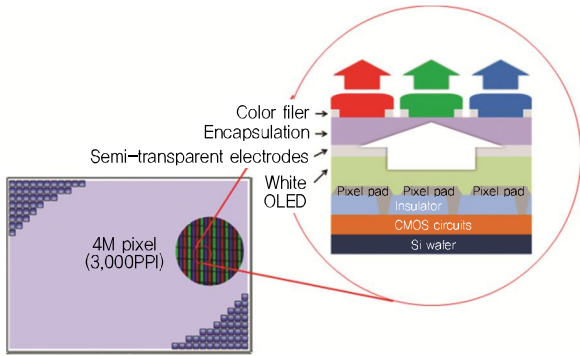
(그림 15) AP System의 800ppi FMM[8]

다. 이러한 요구에 따라 AP System社에서는 2017년 SID(Society of Information Display) 에서 (그림 15)와 같이 레이저를 이용한 800ppi 급 FMM 제조 기술을 개발하였으며, OLEDON社 역시 2017년 SID에서 (그림 16)과 같이 2,000ppi까지 구현할 수 있는 면소스 패터닝 증착기술을 개발하여 발표하였다.

그러나 AR/VR 기기와 같이 초 해상도가 요구되는 제품을 위해, 각 서브 픽셀(Sub-pixel)에 서로 다른 OLED 재료를 증착하는 방법은 근본적인 해결책이 될 수 없다는 의견도 많이 제시되고 있다. FMM의 방법으로 수  $\mu$ m 이하의 픽셀 피치(Pixel Pitch)를 구현하기 위해서는 1 $\mu$ m 이하의 두께를 갖는 FMM이 필요하고, 물리적으



(그림 16) OLEDON의 면소스 패턴링 증착기술[8]

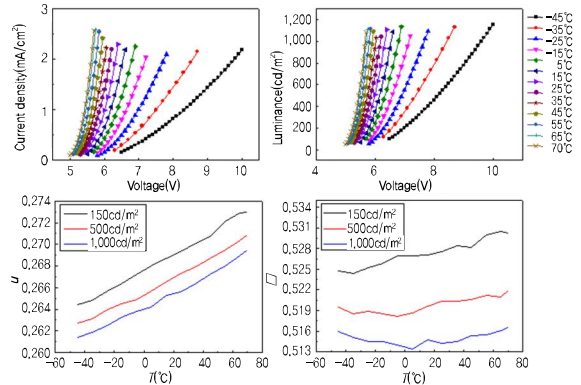


(그림 17) 백색 OLED과 컬러 필터를 활용한 고해상도  $\mu$ -OLED 구현기술

로 패널과 정밀하게 접합이 되어야 하는데, 얇은 FMM은 대량 생산의 반복 공정에 적용이 어렵고, 패널과 접합하여 OLED를 증착하는 경우, 패널 수율의 상당한 저하가 예상되기 때문이다.

이러한 문제를 해결하고자 ETRI 실감소자연구본부에서는 백색 OLED를 적용한 AR/VR용 디스플레이 개발에 대한 연구를 진행하고 있다. (그림 17)과 같이 백색 OLED가 적용된 패널 위에 포토 공정을 통해 컬러 필터를 구현하면, 보다 정밀한 서브 픽셀의 구현이 가능하기 때문이다.

이러한 기술을 개발하는 데 있어, 가장 중요한 기술적 이슈는 상부 발광형으로 제작된 백색 OLED 위에 이후 포토 공정에서 OLED 소자의 열화가 발생하지 않도록 안정적인 봉지공정을 개발하는 것과 컬러 필터 공정에 필요한 공정 온도에 대해서도 OLED 소자가 특성 변



(그림 18) 넓은 동작 온도 범위를 갖는 백색 OLED 기술

화가 없도록 소재와 소자구조를 최적화하는 것이다. 이러한 이슈를 해결하고자 ETRI에서는 (그림 18)과 같이 영하 45~70°C의 온도 범위에서도 색좌표의 변화( $\Delta u'v'$ )가 0.009인 백색 OLED 개발에 성공하였다. ETRI에서는 이러한 OLED 기술을 적용하여, 2018년에 내환 경성을 갖는 OLED 기반 마이크로 디스플레이를 개발, 시연할 계획이다.

#### IV. 결론

2016년 CES 이후, 많은 사람이 AR/VR 기술이 곧 우리 생활의 일부가 될 것으로 예상했다. 그러나 2년여의 시간이 지난 지금, AR/VR 기술은 게임이나, 특별한 영상 콘텐츠 등 제한된 분야에서만 활용될 뿐, 범용적인 사용을 위해서는 아직 많은 시간이 필요할 것으로 보인다.

예상과는 다른 이러한 기술 발전 및 상용화의 지연은 AR/VR로 인한 인체 역작용에 대한 연구와 대응책이 미비했기 때문으로 판단된다. AR/VR 분야에 공격적인 투자를 진행하고 있는 인텔, 구글, 마이크로 소프트와 같은 세계적 규모의 기업들도 이러한 문제해결을 위해, 대학, 연구소 등과 협업을 진행하고 있다. 또한, 이를 통해 도출된 다양한 연구 결과를 학회 등을 통해 적극적으로 공유하고 있으며, 나아가 보다 많은 기관과 함께 활용할 수 있는 플랫폼을 개발에도 많은 역량을 투입하고 있다.

AR/VR 분야의 이러한 기술개발의 흐름은, 이 기술의



성공 또는 실패가 관련 산업 생태계 조성에 달려있다고 판단했기 때문인 것으로 보인다. 선불리 결론지을 수 없는 인간에 대한 연구, 그리고 그러한 연구를 통해 가상을 현실처럼 느끼게 하기 위한 다양한 기술의 연구는 독점보다는 개방을 통해, 보다 많은 사람들이 관심과 참여가 그것을 성공으로 이끄는 가장 확실한 지름길이 될 수 있기 때문이다.

### 약어 정리

AMD	Advanced Micro Devices, Inc
AR	Augmented Reality
CES	Consumer Electronics Show
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
CRT	Cathode-Ray Tube
ETRI	Electronics and Telecommunications Research Institute
FMM	Fine Metal Mask
FOV	Field-of-View
Gps	Gigabyte-Per-Second
HMD	Head-Mounted Display
HW	Hardware
ISSCC	International Solid State Circuits Conference
ITRI	Industrial Technology Research Institute
OLED	Organic Light Emitting Diode
PC	Personal Computer
PPD	Pixel-Per-Degree
PPI	Pixel-Per-Inch
R&D	Research and Development
SID	Society of Information Display

VR	Virtual Reality
$\mu$ -LED	Micro Light Emitting Diode

### 참고문헌

- [1] 김진용 외, “훤히 보이는 3D 기술,” 한국전자통신연구원, 서울: 전자신문사, 2010년 10월.
- [2] I.E. Sultherland, “A Head-Mounted Three Dimensional Display,” *Proc. AFIPS*, San Francisco, CA, USA, Dec. 9-11, 1968, pp. 757-764.
- [3] L. Su et al., “Heterogeneous Systems Architecture: The Next Area of Computing Innovation Case Study: The HoloDeck,” *ISSCC Conf. Keynote*, San Francisco, CA, USA, Feb. 18, 2013.
- [4] ETRI 위치/항법기술연구실, “가상공간에서 상호작용기반게임/훈련 기술,” ETRI, Accessed 2017. [https://itec.etri.re.kr/itec/getTechFile.do?t\\_idx=1720](https://itec.etri.re.kr/itec/getTechFile.do?t_idx=1720)
- [5] A. Bhowmik, “Virtual & Augmented Realty Technologies: Towards Life-Like Immersive and Interactive Experiences,” *SID 2017, Short Course S-2*.
- [6] Webvision, “Part XIII: Facts and Figures concerning the human retina by Helga Kolb,” Accessed 2017. <http://webvision.med.utah.edu/book/part-xiii-facts-and-figures-concerning-the-human-retina/>
- [7] 권오경, “VR/AR를 위한 OLEDoS 마이크로 디스플레이 기술 동향 및 필요한 기타 Interface 기술들,” ETRI 실감소자연구본부 초청발표, 2016. 05. 11
- [8] UBI Research, “2017 AR and VR Display Market Report,” 2017. 07.
- [9] RAONTECH, Accessed 2017. <http://www.raon-tech.com>
- [10] A. Ghosh, “OLED Micro-Display for Virtual (VR) & Augmented Reality (AR),” *SID 2017, AR/VR Focused Business Conference*, 2017.