

# 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점

곽기호 · 김재현 · 연구전략실

- ❶ 마이크로 LED란?
- ❷ 마이크로 LED의 부상 배경과 과제
- ❸ 국내외 마이크로 LED 기술개발 동향 및 시장 전망
- ❹ 결론: 요약 및 소자·장비산업 동반 육성을 위한 정책 제언



# 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점

곽기호 · 김재현 · 연구전략실

- ❶ 마이크로 LED란? / 1
- ❷ 마이크로 LED의 부상 배경과 과제 / 3
- ❸ 국내외 마이크로 LED 기술개발 동향 및 시장 전망 / 7
- ❹ 결론: 요약 및 소자·장비산업 동반 육성을 위한 정책 제언 / 18

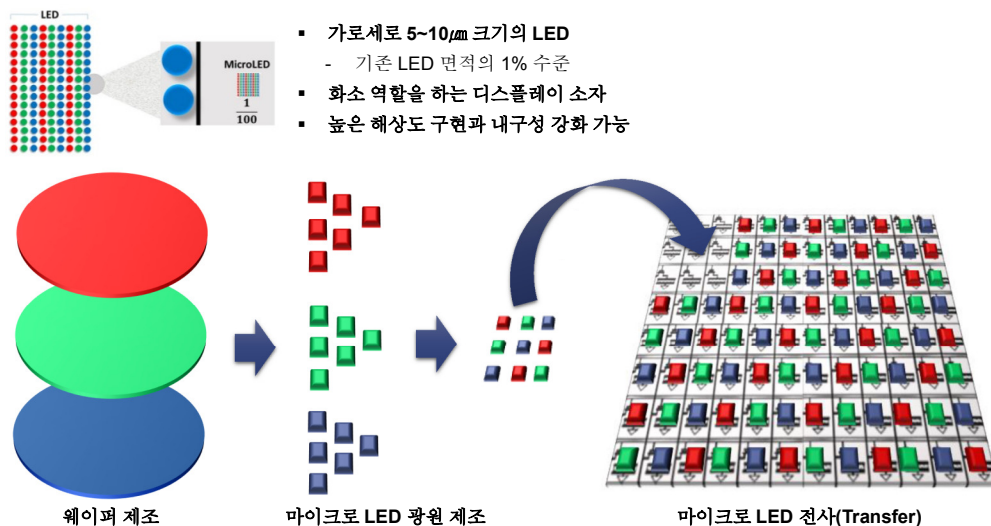
※ 본 자료는 곽기호(부경대/기술경영전문대학원) 교수의  
원고를 기반으로 하여 작성함



## 1. 마이크로(Micro) LED(Light Emitting Diode)란?

□ [정의] 발광소자인 LED의 가로세로 길이를 각각 100 마이크로미터( $\mu\text{m}$ ) 이하로 줄인 고해상도·고내구성의 디스플레이 소자(Emitting Display)

- 기존 LED의 면적을 1/100 정도로 줄인 초소형 LED로 별도의 패키징 과정 없이 LED 자체를 화소(픽셀, Pixel)로 활용하여 RGB 색상 표현
  - 기존 LED의 사이즈는 가로세로 300~2,000  $\mu\text{m}$ 이며, 주로 광원(Light Source)으로 활용<sup>1)</sup>
    - \* 두께 또한 LED는 150  $\mu\text{m}$  이하인 반면 마이크로 LED는 7  $\mu\text{m}$  이하로 알려짐
  - LED 제조 공정(웨이퍼 제조→칩 가공→패키징→모듈 제조→응용 시스템 적용)에 비해 패키징 공정이 생략되거나, 전사공정(Transfer) 형태로 진행<sup>2)</sup>



<그림 1> 마이크로 LED 모식도와 제조공정<sup>3)</sup>

- LED의 가로세로 길이를 100  $\mu\text{m}$  이하로 제조할 경우, 높은 해상도 구현과 내구성 강화가 가능
  - 디스플레이를 구성하는 화소의 크기가 100  $\mu\text{m}$ 보다 작아야 250 PPI(Pixel Per Inch) 이상의 해상도 구현 가능
    - \* 마이크로 LED의 크기도 단색인 경우 100  $\mu\text{m}$ 이하, 컬러인 경우 30  $\mu\text{m}$  이하로 줄어야 함

1) 중소기업벤처부, '중소기업 기술로드맵 2018-2020 - 디스플레이', 2018.2.5.

2) LED 제조 공정과 관련한 자세한 내용은 한국기계연구원(2010), '전자소자 생산장비 기술과 시장', Insight ME 제3호, 2010.12.를 참고

3) LED Inside, 'Micro LED: Understand the New Display Technology in 3 minutes', 2017.4.12. 및 Yole, 'MicroLED Displays: Hype and Reality, Hopes and Challenges', 2017.3.29. 활용하여 저자 재구성

- 타 디스플레이 소자(LCD, OLED)와의 해상도 경쟁이 가능한 마이크로 LED의 크기는 가로세로 5~10  $\mu\text{m}$  수준
  - LED의 초소형화를 통한 유연성(Flexibility) 확보 및 내구성 강화 가능
  - LED(20~350 mA)에 비해 1 mA 이하의 초저전류를 통해 구동
- [광원 제조] GaAs(갈륨비소), Sapphire(사파이어), Si(실리콘) 기판 위에서 다양한 무기물 소재를 활용하여 제조
- (AlGaAs 소재, GaAs 기판) 2009년 미국 UIUC 재료과학 및 공학과의 Rogers 그룹에서 적색(R) 마이크로 LED 개발<sup>4)</sup>
  - (GaN 소재, Si 기판) 2011년 Rogers 그룹에서 Si 기반의 청색(B) 마이크로 LED 개발<sup>5)</sup>
  - (GaN 소재, Sapphire 기판) 2012년 Rogers 그룹에서 Sapphire 기반의 청색(B) 및 녹색(G) 마이크로 LED 개발<sup>6)</sup>
  - Si(실리콘) 기판은 생산 원가에서 강점을 보유하고 있으나, 수율과 성능(효율) 관점에서는 Sapphire가 우위에 있어 양산에 가장 널리 활용<sup>7)</sup>
  - 기판에서 마이크로 LED를 분리하는 기술은 크게 레이저 분리(Laser Lift-Off, LLO)와 화학적 분리(Chemical Lift-Off, CLO)로 구분
- [전사, Transfer] 분리된 마이크로 LED를 디스플레이 회로 기판에 이송시키는 기술로 스탬프(Stamp) 방식과 롤 전사(Roll Transfer) 방식으로 구분
- (스탬프) ETE(Electrostatic Transfer Element)와 점탄성의 PDMS(Poly DiMethylSiloxane)를 이용한 방식으로 구분
  - (롤 전사) 원통형태의 스탬프를 활용하여 마이크로 LED를 전사하는 기술

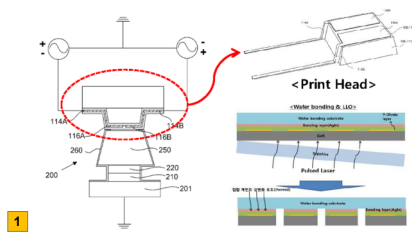
4) Park, Sang-Il, et al. "Printed assemblies of inorganic light-emitting diodes for deformable and semitransparent displays." *science* 325.5943 (2009): 977-981. 한편 2016년 9월 이후 Rogers 교수는 노스웨스턴대로 소속을 옮김.

5) Kim, Hoon-sik, et al. "Unusual strategies for using indium gallium nitride grown on silicon (111) for solid-state lighting." *PNAS* 108.25 (2011): 10072-10077.

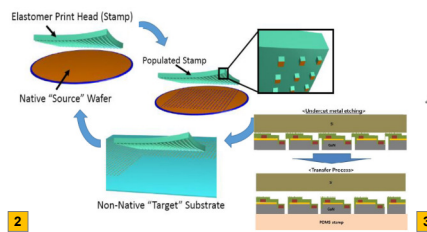
6) Kim, Tae-il, et al. "High-efficiency, microscale GaN light-emitting diodes and their thermal properties on unusual substrates." *small* 8.11 (2012): 1643-1649.

7) 전기영 외, '마이크로 LED 기술 동향', KEIT PD Issue Report, Vol 15-12.

### 1. 스탬프 방식: ETE와 PDMS

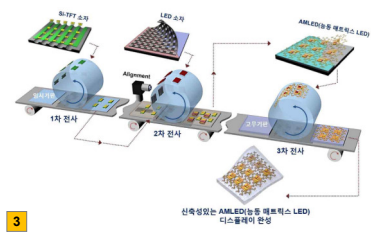


ETE (Electrostatic Transfer Element, 정전기 헤드) 방식  
LuxVue Tech.



PDMS (PolyDiMethylSiloxane, Elastomer Stamp) 방식  
X-celprint, AUO, CSOT

### 2. 롤 전사 방식



롤 전사 (Roll Transfer) 방식  
한국기계연구원(KIMM), Rohinni

<그림 2> 마이크로 LED 전사공정의 종류<sup>8)</sup>

## 2. 마이크로 LED의 부상 배경과 과제

□ [부상 배경] 전력효율, 해상도, 응답속도, 신기술 적용성, 폼 팩터 혁신, 수명, 초대형화, 설비투자 관점에서 경쟁 기술을 파괴할 수 있는 잠재력 보유

○ (전력효율) OLED 대비 최대 5배 높은 전력효율(저전력)로 인해 대용량 배터리 탑재가 어려운 중소형·마이크로 디스플레이 구현에 큰 장점

- (중소형·마이크로 디스플레이 응용) 스마트워치, 태블릿, 스마트폰, 노트북, 헤드 마운트 디스플레이(Head Mounted Display, HMD)

- 배터리 용량의 증가에도 불구하고, 디스플레이 성능 고도화에 따라 배터리 소비량은 지속적으로 확대되는 문제를 해결할 수 있는 잠재력 보유

\* 아이폰의 배터리용량은 1,440 mAh(아이폰 5)에서 1,960 mAh(아이폰 7)로 크게 늘었으나, 3G Talk time은 1시간 증가에 그침<sup>9)</sup>

○ (해상도) 마이크로 LED 소형화를 통해 2,000 PPI 이상의 고해상도 디스플레이 구현이 가능

- (해상도 비교) LCD의 경우 450 PPI, OLED는 600 PPI 등이 최대 해상도로 알려져 있음<sup>10)</sup>

- 개별 소자 자체가 하나의 픽셀을 구성하기 때문에 시감도, 휘도, 명암비, 등에서 기존 디스플레이에 비해 우수

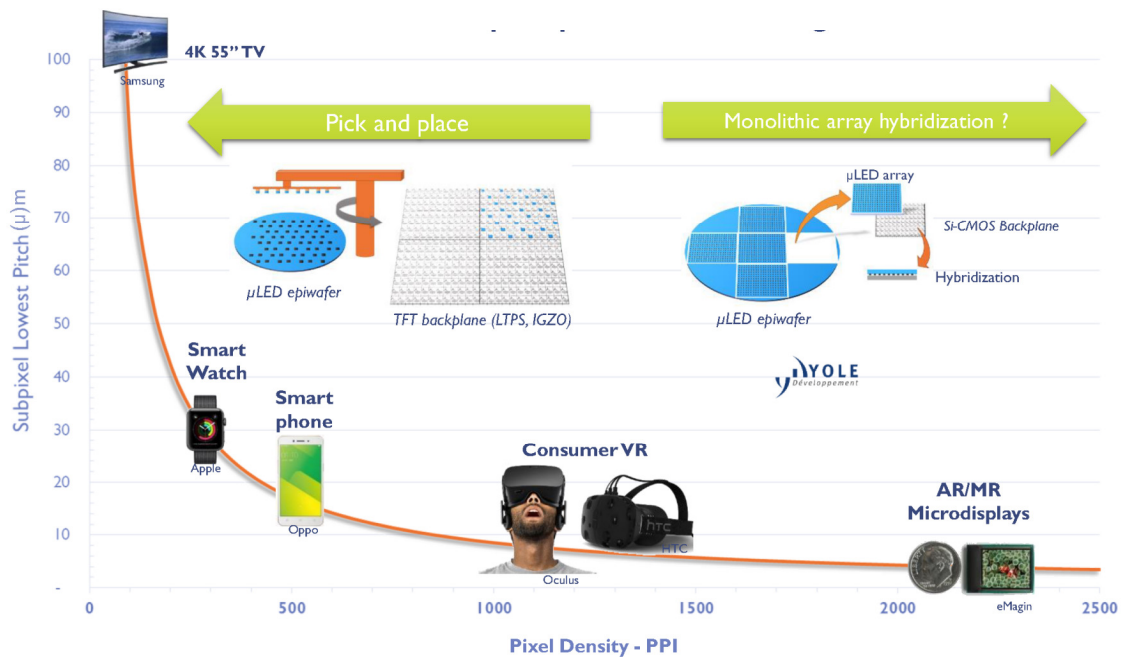
8) 정탁, 'Micro-LED 기술개발 동향', 한국광기술원 발표자료, 2016.6.22., 과학기술정보통신부 보도자료, “꿈의 디스플레이’ 대량 생산 눈 앞에...’, 2017.7.25., KIPOST, ‘마이크로LED, ‘전사’만 문제 아니다... 난제 산더미’, 2018.2.13. 등 참고하여 재구성

9) 미래에셋대우, ‘Monthly Insight - 조정이 기회다’, 2017년 3월

10) 조성선, ‘차세대 디스플레이, Micro LED 디스플레이 개발 동향’, IITP Spot Issue, S17-07



- (응답속도) 화소별 독립구동에 따라 나노초(ns) 단위의 짧은 응답시간을 보이며, 이는 디스플레이상의 잔상과 깜빡이는 현상을 최소화
- (신기술 적용성) 뛰어난 전력효율·해상도·응답속도를 바탕으로 증강현실(AR), 가상현실(VR) 등에서의 적용성 우수
  - VR 적용 HMD의 적정 해상도는 최소 1,000 PPI 이상이 되어야 한다는 의견이 지배적<sup>11)</sup>
  - OLED 대비 가볍고 선명한 디스플레이를 만들 수 있는 강력한 대안으로 주목
  - \* 짧은 시청거리(5~10 cm)로 인한 멀미 증상 해소, 현실감 제고, HMD 방식으로 인한 불편함(무게)을 해소할 수 있는 강력한 대안으로 주목



<그림 3> 마이크로 LED 화소 밀도에 따른 다양한 디스플레이 응용<sup>12)</sup>

- (폼 팩터(Form Factor) 혁신) 커브드(Curved), 폴더블(Foldable), 스트레처블(Stretchable)과 같은 디스플레이 형태 혁신을 가속화할 기술로 평가
  - OLED는 유리·실리콘 기판 사용으로 인해 스트레처블 혁신 구현에 한계
  - 소형화 및 유연·투명 기판 전사에 따라 인체 부착, 체내 삽입 등 다양한 응용분야 적용 가능

11) 전계서

12) Yole, 'MicroLED Displays: Hype and Reality, Hopes and Challenges', 2017.3.29.



- (수명) 환경변화에 민감하지 않은 무기물 소재 사용을 통해 OLED(유기물 소재 사용) 대비 장수명 및 고내구성(5만 시간 이상)
- (초대형화) 150 인치 이상의 초대형 디스플레이(대형 TV, 디지털 사이니지 등)의 경우 OLED 대비 비교 우위 보유
- (설비투자) 기존 LED 생산 라인 활용이 가능해, OLED 대비 설비투자 비용 절감 가능

<표 1> 마이크로 LED 기술과 경쟁 디스플레이 기술 간 비교<sup>13)</sup>

기술 요인	마이크로 LED	OLED	LCD(CCFL, LED)
전력효율(상대 비교)	5	1	0.35(CCFL)~0.5(LED)
해상도	> 2,000 PPI (최대 5,000 PPI)	600 PPI (최대 2,500 PPI)	450 PPI (최대 1,000 PPI)
시감도	High	Low	Middle
휘도	~10 <sup>5</sup> (full color) cd/m <sup>2</sup> ~10 <sup>7</sup> (blue/green) cd/m <sup>2</sup>	1,500(full color) cd/m <sup>2</sup> ~10 <sup>3</sup> (yellow) cd/m <sup>2</sup>	3,000(full color) cd/m <sup>2</sup> 10 <sup>4</sup> (green) cd/m <sup>2</sup>
명암비	매우 높음, >10,000:1	매우 높음, >10,000:1	200:1
시야각	Good	Good	Poor
응답속도	ns (10 <sup>-9</sup> sec)	μs (10 <sup>-6</sup> sec)	ms (10 <sup>-3</sup> sec)
신기술적용성(AR, VR)	High	Middle	Low
폼 팩터 혁신	High	Middle	Low
수명	High	Middle	Middle
초대형화	비교 우위	비교 열위	비교 열위
설비투자	비교 우위	비교 열위	비교 우위

□ [과제] 제조 원가 절감, 웨이퍼 제조 품질 관리, 분리 및 전사 공정·장비 기술의 진보 등 기술적 도전 해결은 혁신 창출의 선결 조건

- (제조 원가 및 기간) 디스플레이의 모든 픽셀을 마이크로 LED 칩으로 구성할 경우, 제조 원가 및 기간의 급격한 상승이 불가피

13) 조성선, '차세대 디스플레이, Micro LED 디스플레이 개발 동향', IITP Spot Issue, S17-07, 전기영 외, '마이크로 LED 기술 동향', KEIT PD Issue Report, Vol 15-12, 김영우 외, '마이크로 LED 응용 연구 동향', 세라미스트 제19권 제3호 pp. 57-70., KB금융지주경영연구소, '차세대 디스플레이로 주목 받는 마이크로 LED', 2017.7.3., 유형선, '마이크로 LED 디스플레이', KISTI 마켓리포트 2017-12. 등 참고하여 재구성

- FHD급(1920×1080) 및 4K UHD급(3840×2160) 화면 구성을 위해서는 각각 622만 개와 2,488만 개의 마이크로 LED가 필요
  - \* 일본 소니의 220 인치 4K UHD급 TV Cledis(클레디스)는 가로세로 길이 30  $\mu\text{m}$ 의 마이크로 LED를 사용하였으며, 생산원가는 약 12억 원으로 알려짐<sup>14)</sup>
- 현재 양산 가능한 마이크로 LED의 크기는 50  $\mu\text{m}$  수준이며, 평균 생산 비용은 동일 해상도의 OLED 대비 3~10배에 달하는 것으로 추정<sup>15)</sup>
- 본격적인 양산이 이루어질 경우 마이크로 LED 가격이 하락할 수 있으나, 경제성 확보 시기는 불투명
- (웨이퍼 제조 품질 관리) 일반 LED와 달리 마이크로 LED는 Epi 웨이퍼 제조 시 파티클 및 무기물 반도체 박막의 비균일성에 매우 취약
  - 현재 상용화된 마이크로 LED 전용 MOCVD\* 장비는 없으며, LED용 MOCVD 장비를 활용하는 수준
    - \* 금속 유기화학 기상 증착장비, Metal Organic Chemical Vapor Deposition
- (분리 공정·장비 기술) 현재 사용하는 마이크로 LED 분리 기술은 분리 시에 수율 저하가 발생
  - \* LLO는 기계적인 손상에 의한 수율 저하, CLO는 화학적인 손상에 의한 수율 저하 발생
- (전사 공정·장비 기술) ETE, PDMS, 롤 전사 모두 각자의 기술적 단점에 대한 극복이 필요하며, 추후 소형화된 마이크로 LED 칩 전사 노력이 필요
  - 기존 LED용 전사장비는 위치 정밀도가  $\pm 34 \mu\text{m}$ \*에 불과하며, 초당 전사 속도도 2개에 불과하기 때문에 새로운 전사 공정·장비 기술 개발이 반드시 필요<sup>16)</sup>
    - \* 마이크로 LED의 전사를 위해서, 위치 정밀도는 LED 크기의 10% 이내 달성 필요
  - (ETE) 스탬프 헤드에 전압을 발생시킬 때 마이크로 LED 칩의 손상 및 수율 저하 우려
  - (PDMS) 점탄성 물질의 점착력 지속성 확보가 필요
  - (롤 전사) 대량생산에 유리하나, 마이크로 LED 소자별 정렬이 필요

14) 조성선, '차세대 디스플레이, Micro LED 디스플레이 개발 동향', IITP Spot Issue, S17-07, DisplayDaily, 'MicroLED Heads for Commercialisation', 2017.2.27.

15) KIPOST, '마이크로LED, '전사'만 문제 아니다... 난제 산더미', 2018.2.13., 이데일리, '대형 OLED 패널, 손익 분기점은 아직', 2018.3.22.

16) EPNC뉴스, '디스플레이 기대주, 마이크로 LED가 넘어야 할 산 '전사기술'', 2017.7.21., 키뉴스, '루멘스, 세계 최초 8마이크로미터 LED디스플레이 개발', 2017.2.23.

### 3. 국내외 마이크로 LED 기술개발 동향 및 시장 전망

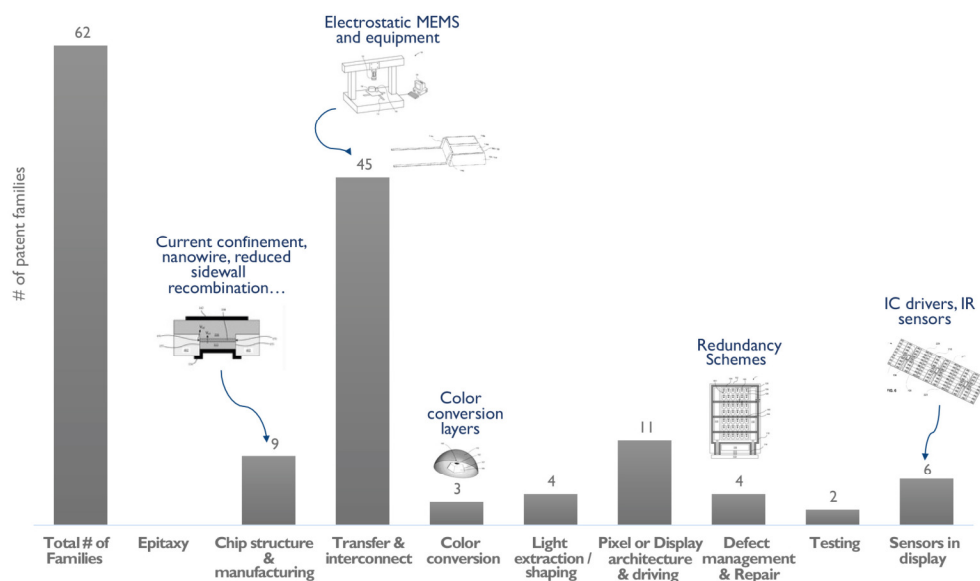
□ (해외) 마이크로 LED의 잠재력에 주목한 완제품 업체 및 AR·VR 사업 기업 중심으로 특정 세그먼트에 한해 기술개발 중

- (애플) 2014년 광원 제조·전사 분야 원천기술을 보유한 LuxVue\*를 인수한 이후 자사의 스마트워치, AR 디바이스, 스마트폰 응용 기술 개발 중  
\* ETE 기술 보유

- 2015년 이후 대만 Taoyuan에서 비밀리에 연구개발을 진행하였으며, 2017년 5월 6인치 마이크로 LED 시제품 개발에 성공

- 2018년 1월 현재 세계 최대의 마이크로 LED 특허 패밀리\* 구축에 성공

\* 미국 내 출원(원 출원)을 기초로 해외 여러 나라에 출원하는 경우, 원출원과 관련된 모든 특허를 특허 패밀리(Patent Family)라 부름



<그림 4> 애플의 마이크로 LED 관련 특허 패밀리 구축 현황(2018년 1월)<sup>17)</sup>

- 조기 양산을 위해 대만의 TSMC와 기술 협력 진행 중이며, 2018년 하반기 이후 마이크로 및 중소형 디스플레이용 마이크로 LED 양산 전망<sup>18)</sup>
- 한편, 애플의 마이크로 LED 기술 확보는 삼성전자 및 LG전자에 종속된 디스플레이 공급처 탈피 및 협상력 강화 전략으로도 해석<sup>19)</sup>

17) Yole, 'Apple developing all key elements of microLED display technology', 2018.3.28.

18) HelloT, '애플, 구글까지 뛰어든 마이크로 LED 시장 각축전', 2018.6.4.

19) 조성선, '차세대 디스플레이, Micro LED 디스플레이 개발 동향', IITP Spot Issue, S17-07

- (소니) 산업재 대형 디스플레이용 마이크로 LED 기술 확보에 집중
  - 초대형화 및 맞춤형 제조에 우위를 보이는 마이크로 LED의 특성을 최대한 활용하여 산업용 대형 TV 및 디지털 사이니지 등의 응용 집중
    - \* 스포츠, 콘서트 및 교육 시뮬레이션 등
  - 2012년 CES에서 55 인치 HDTV급(1920×1080) 마이크로 LED 디스플레이를 최초 공개하였으나 우리나라의 OLED 대비 기술 열위
  - 이후 초대형화에 집중, 2016년 이후 400 인치짜리 CLEDIS 개발에 성공하였으며, 30  $\mu$ m급 마이크로 LED 생산 개시
  - 마이크로 LED 크기의 소형화를 통해 높은 명암비 구현에 성공
  - 소니가 마이크로 LED 기술 확보를 통해 CRT 이후 상실한 TV·디스플레이 산업에서의 주도권 재확보 가능성도 주목할 필요(표 2)

<표 2> 소니의 TV·디스플레이 산업 주도권 확보와 상실의 역사<sup>20)</sup>

- 1960년대 말 미국 RCA의 Shadow Mask 방식에 비해 화질이 크게 개선된 트리니트론 방식의 CRT 디스플레이를 개발하여 TV 산업의 주도권 확보에 성공
  - 약 40년간 전 세계적으로 TV, PC 모니터, 방송모니터, 방송장비용 디스플레이에 장착되었으며, 3억 대 이상 판매
  - 트리니트론은 아날로그 HDTV 기술에서 절대 강자였으며, 이후 완전평면형 CRT인 'FD 트리니트론' 등으로 진화
- 그러나 소니는 디지털 TV 및 LCD 기술의 부상에 소극적으로 대응함으로써 TV·디스플레이 산업의 주도권 상실에 직면
  - LCD 기술 개발 초기 나타난 낮은 휘도와 동영상 구현 성능 열위, 대면적 기술 열위 등에 따라 LCD 기술의 잠재력을 과소평가
  - 기존에 자사가 강점을 보유한 트리니트론(아날로그) 기술 개발에 더욱 집중하였으며, NHK 및 JBC 등과 함께 아날로그 TV 기술을 국가 표준으로 채택(1991년)
  - 이후 디지털 TV가 세계 표준으로 채택되면서 LCD 등의 보급이 크게 늘어남에 따라 소니는 급격한 시장 점유율 하락에 직면(디지털 TV 기술의 해상도는 아날로그 대비 5배 높으며, 음질 또한 우수)
- 반면 우리나라는 디지털 TV 기술의 신속한 채택과 산학연 컨소시엄 운영을 통한 기술 개발의 불확실성 감소, 공격적인 해외 시장 개척을 통해 TV 및 디스플레이 산업 주도권 확보에 성공

20) 삼성경제연구소(2004), 'TV산업의 재편과 새로운 경쟁질서', CEO Information 제441호, Lee, K., Lim, C., Song, W., 2005. Emerging digital technology as a window of opportunity and technological leapfrogging: catch-up in digital TV by the Korean firms. Int. J. Technol. Manag. 29, 40-63. 등 참고하여 재구성

- 홍하이와 오쿨러스 등은 AR 및 VR용 마이크로 디스플레이용 마이크로 LED 기술 개발을 위해 벤처기업 인수 후 자체 개발 추진 중
  - (홍하이) 삼성전자 및 LG전자의 OLED 독주 견제를 위해 2017년 미국의 eLux를 인수하는 등 애플의 마이크로 LED 기술 확보에 부응
  - (오쿨러스) 페이스북 자회사로 2016년 아일랜드의 InfiniLED를 인수 하였으며, 영국의 mLED로부터 특허를 매입하는 등 기술 확보 중
- 이 밖에 의류, 인테리어, 자동차용 HUD(Head Up Display) 등의 응용을 위한 마이크로 LED 기술 개발 확인
  - 네덜란드의 필립스, 영국의 큐트서킷은 마이크로 LED를 내장한 의료용 담요, 셔츠 등을 개발하여 판매 중
  - 미국의 Rohinni는 롤 전사방식을 이용한 인테리어용 마이크로 LED 대량 생산 기술 개발 중
  - BMW 등은 자동차용 HUD 기술에 마이크로 LED 적용 시도 중
- 공공연구기관으로는 ITRI(대만), CEA-LETI(프랑스), IMEC(벨기에), 프라운호퍼(독일), TNI(아일랜드) 등에서 마이크로 LED 기술 개발
  - (ITRI) 10~20  $\mu\text{m}$  크기의 마이크로 LED를 활용하여 0.37인치 디스플레이 (해상도 427×240) 개발에 성공(2013년)
  - (CEA-LETI) 100  $\mu\text{m}$  크기의 마이크로 LED 제조기술을 활용하여 자동차용 HUD 응용 기술 개발 중(2017년)
    - \* 2011년 관련 기술을 Aledia에 이전하여 Spin-off
  - (IMEC) 신축 및 팽창이 가능한 기판에 마이크로 LED를 전사한 스트레처블 디스플레이를 공개(2015년)
  - (프라운호퍼) 벤츠, 헬라, 인피니온, 오스람 등과 공동으로 1,024개의 독립 구동이 가능한 자동차 헤드램프용(조명) 마이크로 LED 기술 개발
  - (TNI\*) 마이크로 LED의 전력 효율 극대화 관련 기술경쟁력 보유
    - \* Tyndall National Institute
    - \*\* 2010년 관련 기술을 InfiniLED에 이전하여 Spin-off. 이후 2016년 오쿨러스에 인수

□ (국내 - 대기업) 삼성, LG 등은 시장 성장기의 OLED 투자 및 원가 절감 노력에 주력, 마이크로 LED의 비중은 비교적 낮은 편

- 21세기프론티어연구개발사업, 중기거점기술개발사업을 통해 2003년부터 OLED 기술 개발을 지원했으며, 설비투자 및 양산은 2005년부터 진행<sup>21)</sup>
  - 본격적인 매출은 스마트폰 디스플레이로 탑재되기 시작한 2010년경부터 발생하였으며, 현재도 설비투자 및 원가 절감 노력 지속
    - 중소형 OLED 수요는 2010년 삼성전자의 스마트폰 갤럭시 S 시리즈에 채택된 이후 지속 증가하여, 2017년 약 26조 원 수준(OLED 매출의 75%)<sup>22)</sup>
    - LG디스플레이의 OLED 매출은 2008년부터 발생하였으며, 2017년 현재 약 3조 원으로 추정(총 매출의 10%)<sup>23)</sup>
    - 삼성디스플레이는 2017년에만 13조~16조 원의 투자를 집행하였으며, LG 디스플레이 또한 2018년 7월 5조 원을 투자하여 광주우에 합작법인 설립<sup>24)</sup>
    - LG전자는 OLED TV 가격을 2016년 대비 1/3 수준으로 낮추면서 빠른 원가 절감 성과 달성<sup>25)</sup>
  - 현재 OLED의 디스플레이 시장 내 낮은 침투율을 고려할 때, 당분간 삼성과 LG는 OLED 시장 공략을 통한 투자 회수에 주력할 것으로 관측
    - 2017년 스마트폰 디스플레이 시장에서의 OLED 비중은 45% 수준이며, 향후 지속 확대 예상<sup>26)</sup>
    - 2017년 전체 디스플레이 시장 내 OLED 비중도 18%에 불과해 삼성과 LG 입장에서는 OLED 시장 공략에 주력하는 것이 합리적인 선택
- \* LG디스플레이는 2020년까지 OLED 부문에 20조 원의 투자를 통해 매출 비중을 40%까지 확대할 계획 발표<sup>27)</sup>

21) 연합뉴스, 'LG, 공격경영으로 '일등 LG' 도약', 2005.1.5., 경향신문, '미래산업 - 4. 뜨는 차세대 디스플레이', 2004.5.2., 전자신문, '미래 성장동력을 찾아서 - 전략산업 디스플레이', 2003.9.22.

22) 한국무역보험공사, '차세대 디스플레이산업 기술 및 시장 동향', 2018.5.

23) 한국무역보험공사, '차세대 디스플레이산업 기술 및 시장 동향', 2018.5., 디지털데일리, 'OLED, 올해도 '미완의 대기'로 남을 듯', 2009.2.23., 연합뉴스, '한국 또 '세계 디스플레이 4관왕'', 2009.2.8.

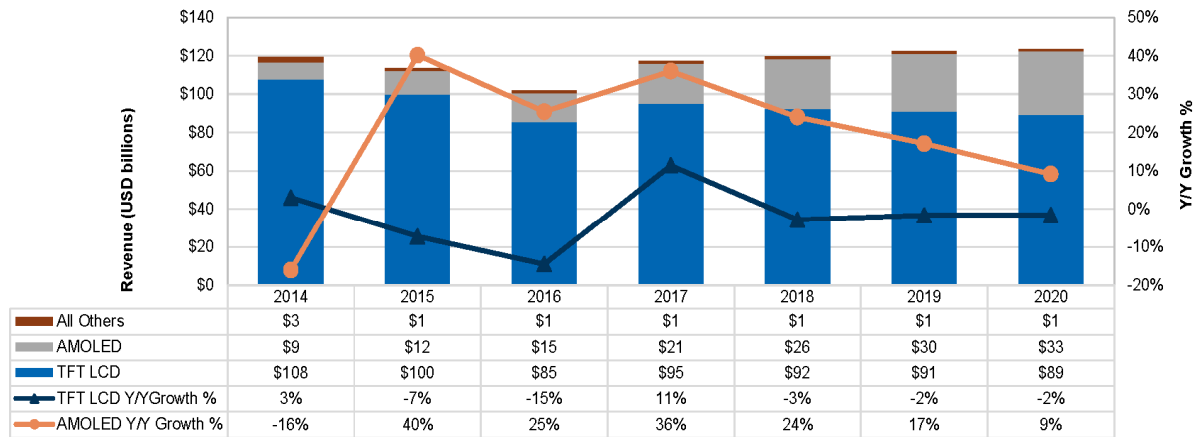
24) 이데일리, '삼성디스플레이, 16조 OLED 설비증설... 장비주 강세', 2017.5.11., 국민일보, '중국, 5조 규모 LG 디스플레이 광주우 OLED 공장 건설 승인', 2018.7.11.

25) 동아일보, 'OLED TV로 프리미엄 시장 확대', 2018.3.6.

26) 한국경제, '삼성디스플레이, 스마트폰 OLED 시장 '독주'', 2018.5.30.

27) 아시아타임즈, '위기의 LG디스플레이, OLED 전환 '잔걸음'', 2018.6.29.





<그림 5> 디스플레이 시장 규모 및 OLED 출하액 추이 및 전망<sup>28)</sup>

- 다만 애플의 움직임에 대응하고, 차세대 부상 기술에 대한 대응 측면에서 삼성과 LG의 대응도 일부 확인
  - 삼성전자는 TV 사업에 마이크로 LED 기술 적용을 추진 중에 있으며, 이를 위해 중국의 삼안광전 및 대만의 PlayNitride 등을 공급처로 활용
  - LG전자는 사이니지 사업에 마이크로 LED 기술 적용을 추진 중이며, LG이노텍으로부터 마이크로 LED 구매
- (국내 - 중소기업) 루멘스, 우리이앤엘 등의 기업에서 기술개발 및 사업화 진행 중
  - (루멘스) 2018년 4월 348인치급 사이니지에 장착될 마이크로 LED를 인도에 수출하는 등 국내 업체 중 마이크로 LED 사업화에 가장 적극적
    - 2017년 7월 한국기계연구원으로부터 마이크로 LED 롤 전사 기술 라이선스 획득
    - 올해 6월에는 FHD급 해상도(1920×1080)를 지원하는 70인치 및 139인치 마이크로 LED 디스플레이를 개발에 성공
    - 마이크로 LED 구동용 칩(IC) 개발을 위해 티엘아이에 전략적 투자
  - (우리이앤엘) 2017년부터 한국광기술원의 기술이전을 통해 AR 및 VR용 마이크로 LED 디스플레이 개발 추진 중

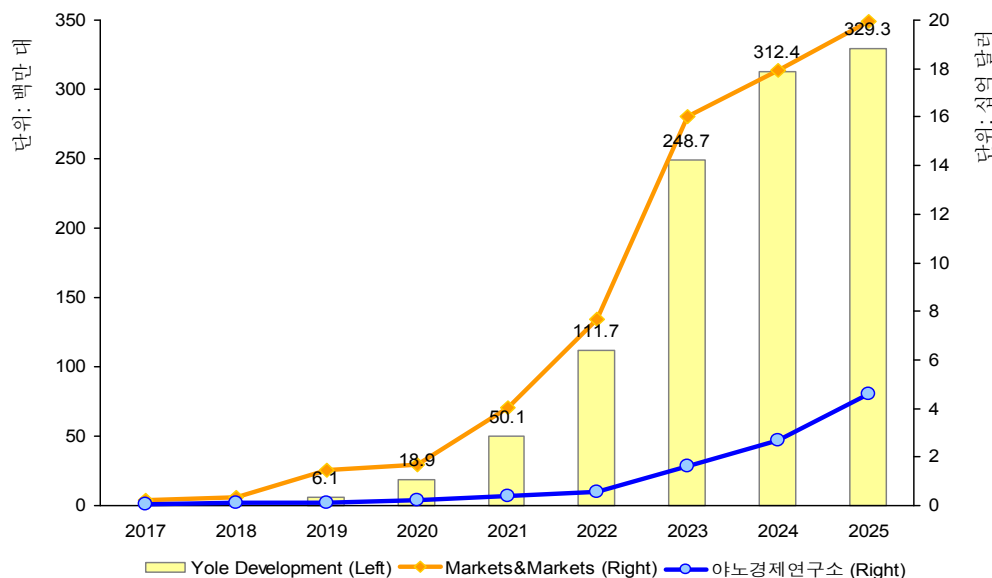
28) HMC 투자증권(2017), '디스플레이 산업전망'

## □ (국내 - 공공연구기관) 한국기계연구원 및 한국광기술원 등에서 전사 기술 개발 성과 확인

- (한국기계연구원) 플렉서블 기판 위에 롤투롤 방식의 연속공정으로 마이크로 LED를 전사할 수 있는 공정기술 개발
  - 솔더 기반의 mini-LED와 마이크로 LED(100  $\mu\text{m}$  크기, 두께 10  $\mu\text{m}$ )의 전사 기술 개발을 완료하였고, 크기 30  $\mu\text{m}$ 급 마이크로 LED 전사 기술을 개발 중에 있음
- (한국광기술원) GaN 소재를 유연 폴리이미드 또는 전도성 섬유물질에 전사하는 기술 개발

## □ (시장전망) 마이크로 LED 시장은 2017년부터 형성되기 시작하였으며, 연평균 70% 수준의 성장을 통해 2025년 45억~200억 달러의 시장 형성 전망

- (낙관적 전망) MarketsandMarkets는 2017년 시장규모는 2.5억 달러로 추정하였으며, 2025년 199.2억 달러까지 확대될 것으로 예상
- (보수적 전망) 야노경제연구소는 2017년 시장규모를 0.7억 달러로 추정하였으며, 2025년 45.8억 달러까지 확대될 것으로 전망
- (수량 기준 전망) Yole Development는 중소형·마이크로 디스플레이를 중심으로 2025년 약 3.3억 대의 마이크로 LED 장착 디바이스 보급 예상



<그림 6> 마이크로 LED 시장 성장 전망(금액 및 수량)<sup>29)</sup>

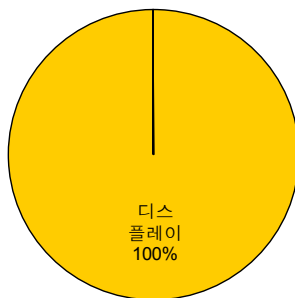
29) MarketsandMarkets(2017), Micro-LED Market worth 19,921.3 Million USD by 2025, 야노경제연구소, 2017, 마이크로 LED 시장의 현상과 장래전망, Yole Developpement, MicroLED Displays 2017 report 인용하여 재구성

〈표 3〉 수량 기준 마이크로 LED 디스플레이 세부 시장별 전망(백만 대)<sup>30)</sup>

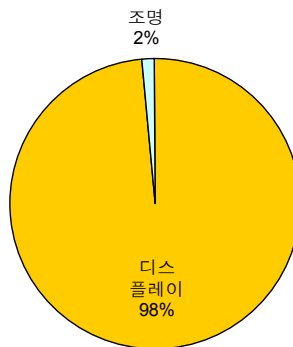
구분		2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR
마이크로	스마트워치	6.1	18.8	21.4	24.1	25.8	26.7	27.6	28.6%
	HMD (VR/AR)		0.1	0.4	1.3	3.5	8.0	17.4	180.6%
	HUD (자동차)				0.2	0.6	1.4	3.0	146.6%
중소형	스마트폰/태블릿			27.9	79.1	204.8	255.0	256.1	74.1%
	노트북/모니터				5.6	11.2	16.9	19.3	51.1%
대형 (TV, 디지털 사이니지, Video Wall 등)				0.3	1.4	2.9	4.4	5.9	110.6%
계		6.1	18.9	50.1	111.7	248.7	312.4	329.3	94.4%

- 3개 시장조사기관 모두 마이크로 LED의 최대 수요처로 디스플레이를 꼽고 있으나, 야노경제연구소는 자동차 헤드램프 수요를 비교적 높게 평가

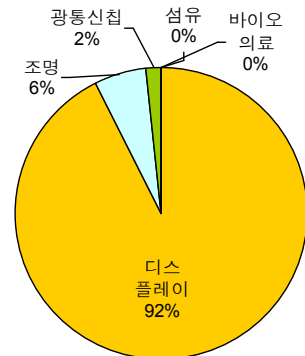
1. Yole Development



2. Markets and Markets



3. 야노경제연구소

〈그림 7〉 시장조사기관별 2025년 마이크로 LED 수요처 구성 전망<sup>31)</sup>

- 한편, MarketsandMarkets와 Yole은 2023년까지 가파르게 성장하던 마이크로 LED 시장이 이후에는 '캐즘(Chasm)'에 빠질 것으로 예측
- (캐즘) 신제품 수용곡선 상 얼리어답터와 초기 다수집단 간의 간극으로 초기시장의 성공이 주류시장에서의 성공으로 이어지지 않음을 의미
  - 2개 시장조사기관은 2024년 이후 마이크로 LED 시장 성장률이 평균 10~15%대로 크게 하락할 것으로 예상
- \* 야노경제연구소는 60~70%대의 높은 시장 성장률 전망

30) Yole Developpement, MicroLED Displays 2017 report, KISTI 마켓리포트 2017-12, '마이크로 LED 디스플레이 - POST OLED 시대를 대비해야할 때' 재인용

31) 전게서

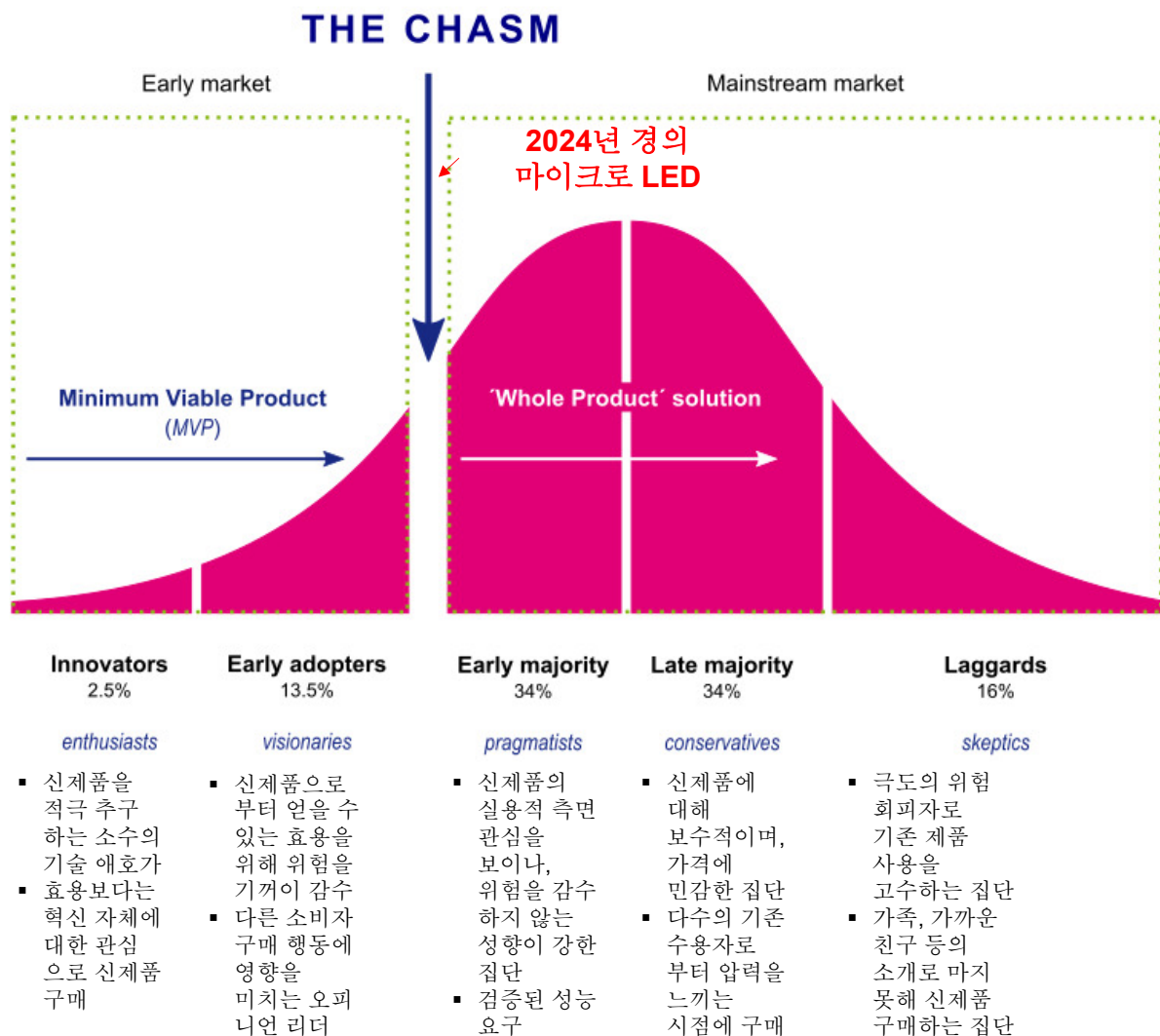
〈표 4〉 3개 시장조사기관의 연도별 시장성장률 예측치 비교<sup>32)</sup>

구분	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Yole			209.8%	165.1%	123.0%	122.6%	25.6%	5.4%
M&M	40.0%	314.3%	17.2%	138.8%	88.7%	109.1%	12.0%	11.0%
야노	100.0%	-21.4%	103.6%	62.9%	53.7%	193.9%	64.5%	69.0%

- 마이크로 LED 기술이 초기시장\*에서는 적극적으로 수용되나, 가격·위험 부담 측면에서 주류시장\*\*을 공략하기에는 다소 시간이 필요할 수 있음을 시사

\* 이노베이터(Innovators), 얼리어답터(Early Adopters)

\*\* 전기 다수집단(Early Majority), 후기 다수집단(Late Majority), 추종집단(Laggards)

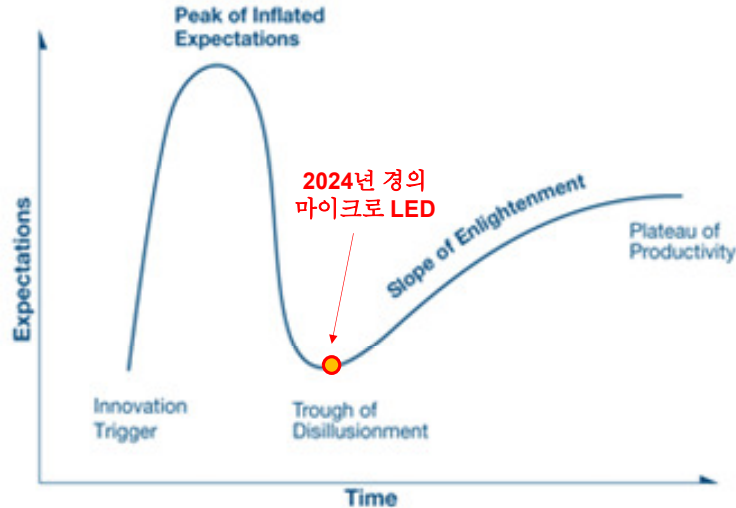
〈그림 8〉 마이크로 LED의 수용곡선과 캐즘 전망<sup>33)</sup>

32) 전게서

33) Rogers (1995), Diffusion of Innovations, 4th Edition, Free Press. 김상훈(2013), '하이테크 마케팅', 박영사 외

- 가트너의 Hype Cycle 상에서는 2024년경 기술에 대한 환상 소멸기 (Trough of Disillusionment)\*에 진입할 수 있음을 의미

\* 상용화 실패사례 속출 및 부실기업의 시장 퇴출이 일어나는 시기로 얼리어답터의 만족도 제고에 성공한 생존 기업만 시장 개발이 진행되는 시기



<그림 9> 2024년 경 마이크로 LED의 Hype Cycle 상 위치<sup>34)</sup>

<표 5> 가트너 Hyper Cycle 단계별 정의<sup>35)</sup>

기술수명주기 용어	정의 및 특징
여명기·기술출현기 (Tech, Trigger)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 개념 입증 연구를 통해 언론에 반향을 일으키고 있으나, 아직 상품화 가능성은 증명되지 않은 상태</li> </ul>
기술 기대 정점기 (Peak of Inflated Expectations)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 많은 공급기업이 발생하나, 비즈니스 모델로서 확산되지 않은 상태이며, 실제 기술 능력보다 과도한 관심이 집중되는 단계이나 이후 시장에서의 기대 급감 발생</li> <li>■ 일부 기업은 R&amp;D 등 구체적인 사업 활동을 수행하나 그렇지 않은 경우가 더 많음</li> </ul>
기술에 대한 환상 소멸기 (Trough of Disillusionment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 상용화 실패 등에 따른 시장의 기대 급감 발생</li> <li>■ 제품·서비스사용화 실패 기업의 시장 퇴출</li> <li>■ 초기 제품 수용자(Early Adopter)의 만족도 개선에 성공한 생존 기업에 한해 추가 투자 발생</li> <li>- 최종적으로 잠재 구매자 중 5%만이 실제 구매</li> </ul>
계몽기 (Slope of Enlightenment)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 언론 노출은 극히 적어지나 기술이 수용되어 효용성과 실제적인 응용에서 이용되는 단계</li> <li>■ 실제 응용에 대한 이해가 높아짐에 따라 완만한 곡선의 형태로 기대가 상승하는 시기</li> <li>■ 2~3세대 제품 출시, 투자 확대 기업과 보수적 운영 기업으로 구분</li> </ul>
성장기 (Plateau of Productivity)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 주력(Mainstream) 시장으로부터 기술이 널리 받아들여지며, 다음 세대의 기술로 진화하는 단계</li> <li>■ 기업별 생존 능력에 대한 평가가 명확해짐</li> <li>■ 생산성의 안정기에 접어들어 광범위한 산업이 태동</li> </ul>
기술의 안정화 기간 (Years to Mainstream Adoption)	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 기술의 현재 위치에서 성장기에 도달할 때까지 소요될 것으로 예상되는 기간</li> </ul>

34) Fenn, F., & Raskino, M. (2008). Mastering the hype cycle: How to choose the right innovation at the right time (Gartner). Boston: Harvard Business School Press.

35) Linden, A. and Fenn, J. (2003), "Understanding Gartner's Hype Cycles", Strategic Analysis Report 참고하여 재구성

○ (장비-수량) 마이크로 LED 시장 성장에 따라 MOCVD, 전사장비, 웨이퍼 가공장비 등의 수요도 함께 창출될 전망

- 장비시장은 2021년경에 본격 형성될 것으로 보이며, 도입기의 특성상 응용 분야별 전용장비 시장이 형성될 전망
- 스마트워치, 노트북, 태블릿, 스마트폰 등 저전력 소모가 핵심인 제품 생산용부터 형성 예상

<표 6> 마이크로 LED 생산용 MOCVD, 전사장비, 웨이퍼 가공장비 수요 전망(단위: 대)<sup>36)</sup>

구분	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
MOCVD	대형	1	1	1	1	1	1	2	2
	HUD						1	1	3
	AR/VR					1	3	8	17
	모니터					11	22	32	32
	TV				3	12	24	37	49
	스마트워치			9	27	31	34	37	39
	노트북					18	35	53	62
	태블릿				20	38	75	82	81
	스마트폰				51	158	428	541	544
	계	1	1	10	28	106	273	626	829
웨이퍼 가공 장비	대형	50	160	400	1,400	3,700	7,000	10,000	12,000
	HUD				300	1,900	6,300	15,000	34,000
	AR/VR			100	1,200	4,800	14,000	39,000	90,000
	모니터					118,000	237,000	355,000	355,000
	TV				26,000	132,000	267,000	403,000	541,000
	스마트워치			96,000	297,000	338,000	379,000	406,000	421,000
	노트북					192,000	387,000	585,000	692,000
	태블릿				217,000	423,000	829,000	914,000	901,000
	스마트폰				577,000	1,768,000	4,777,000	6,038,000	6,077,000
	계	50	160	96,500	299,600	1,166,800	3,034,900	6,958,300	9,242,000
전사 장비	대형	1	1	2	6	15	27	38	47
	모니터			46	141	161	181	193	207
	TV					365	1,126	3,042	3,870
	스마트워치						1,751	3,502	5,252
	노트북						2,632	5,289	8,007
	태블릿					2,911	5,674	11,126	12,099
	스마트폰					616	3,122	6,331	12,835
	계	1	1	48	147	4,068	14,513	29,521	43,781

36) 중소기업벤처부, '중소기업 기술로드맵 2018-2020 - 디스플레이', 2018.2.5.



- (장비-금액) 주요 전자소자시장 대비 장비시장 규모 자료를 활용, 마이크로 LED 장비 시장 규모를 2025년 11.5억~59.8억 달러로 추정
- (추정 방법) OLED, LED, 메모리 반도체 및 LCD 소자시장 대비 장비시장 규모 비중 자료를 활용, 마이크로 LED 소자시장을 기준으로 산출
- 주요 전자소자시장 대비 장비시장 비중은 10%~30% 수준이며, 소자 시장이 성숙(대량생산 체제 구축)할수록 장비시장 비중이 하락함을 확인
- \* 메모리 반도체: 12.8%(2017), LCD: 12.8%(2016), OLED: 33.2%(2017), LED: 12.4%(2018)

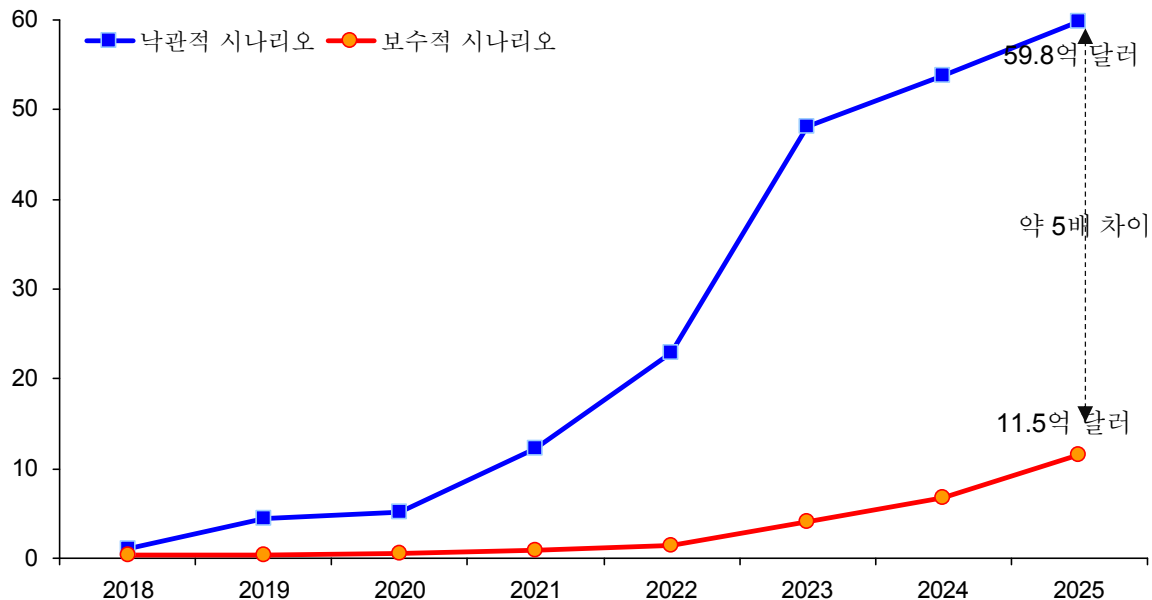
<표 7> 주요 전자소자시장 대비 장비시장 비중 산출을 위해 활용한 자료원

구분	자료원
OLED	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 중소기업청(2016), '중소기업 기술로드맵 2016-2018 - 디스플레이'</li> <li>▪ DSCC (Display Supply Chain Consultants), 'OLED Supply/Demand and Capital Spending Report Upgrades OLED Shipments, Revenues and Equipment Spending', 2017.10.9.</li> </ul>
LED	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ SemiconductorToday(2016), 'LED production equipment market to grow at CAGR of over 5% to \$1.5bn in 2019'</li> <li>▪ SemiconductorToday(2014), 'Next investment cycle already begun in LED front-end equipment'</li> <li>▪ Yole Développement(2014), "'Innovative technologies introduction impacts favorably the LED packaging materials market'", says Yole Développement'</li> <li>▪ SEMI(2017), 'Fab Equipment Spending Breaking Industry Records', September 12, 2017</li> <li>▪ 신한금융투자, '서울반도체', 2017년 9월</li> </ul>
메모리 반도체	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국기계연구원(2017), '기계산업 2016년 성과와 2017년 전망', 기계기술정책 제85호</li> <li>▪ 한국기계연구원(2012), '장비산업 발전 정책 프레임 구축'</li> <li>▪ SEMI (2017), 'Historic Highs in Fab Spending for 2017 and 2018', June 5, 2017</li> <li>▪ SEMI (2017), 'Fab Equipment Spending Breaking Industry Records', September 12, 2017</li> <li>▪ 신소재경제, '車·스마트홈, 반도체 호황 이끈다', 2017.9.25.</li> <li>▪ 아이뉴스, '세계 반도체 시장 전망', 2012.1.25.</li> <li>▪ 디지털타임스, '세계 반도체 시장 전망', 2012.12.3.</li> <li>▪ 디지털타임스, '세계 반도체 시장 '공급과잉' 국면 진입', 2015.7.21.</li> </ul>
LCD	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 한국기계연구원(2017), '기계산업 2016년 성과와 2017년 전망', 기계기술정책 제85호</li> <li>▪ 한국기계연구원(2012), '장비산업 발전 정책 프레임 구축'</li> <li>▪ 한국기계연구원(2014), '기계산업 2014년 성과 및 2017년 전망', 기계기술정책 제78호</li> <li>▪ 아이뉴스24, '세계 디스플레이 시장 한국產 점유율 50.1%', 2013.1.17.</li> </ul>

- (비중 추정치 활용) 현재 마이크로 LED 시장 도입기임을 고려, 2025년까지 장비 시장 규모는 소자 시장 규모의 25~30% 수준으로 잠정 추계

- (추정 결과) 마이크로 LED 장비 시장은 2021년경 본격 형성되어, 2025년 11.5억~59.8억 달러 사이에서 형성될 것으로 추정

\* 마이크로 LED 소자 시장의 성장 속도에 따라 최대 5배에 가까운 장비 시장 규모의 변동성 예상



<그림 10> 2018년~2025년 마이크로 LED 장비 시장 규모 추정(억 달러)

#### 4. 결론: 요약 및 소자·장비산업 동반 육성을 위한 정책 제언

- 마이크로 LED는 가로세로 길이 100  $\mu\text{m}$  이하이고 두께가 10  $\mu\text{m}$  이하의 LED 소자로 경쟁 기술을 파괴할 수 있는 차세대 디스플레이 기술로 주목됨
  - 개별 소자가 화소 역할을 할 수 있어 고해상도 구현 및 내구성 강화 가능
  - 다양한 무기물 소재를 활용하여 제조하며, 마이크로 LED 분리 기술, 전사기술 등 다양한 기술들이 경쟁적으로 개발 진행
- 다양한 잠재력에도 불구하고, 막대한 제조 원가, 웨이퍼 제조 품질 관리, 분리 및 전사 공정·장비 기술 개발 등의 기술적 도전이 혁신의 걸림돌로 작용
  - OLED 대비 최대 5배에 이르는 높은 전력효율이 최대 강점이며, 대용량 배터리 탑재가 어려운 모바일 디바이스용 디스플레이 구현에 유리
  - 높은 해상도 구현, 폼 팩터 혁신, 장수명, 초대형 화면 구현 등 다양한 비교 우위가 확인

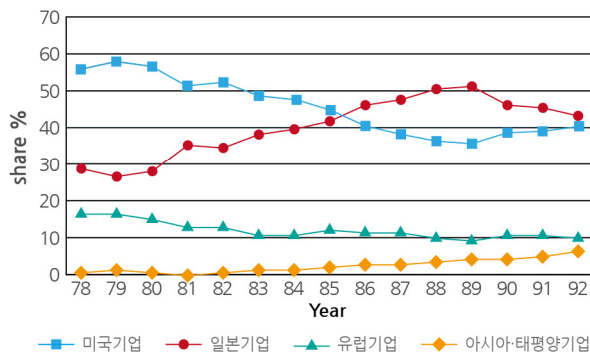
- 동일 해상도 기준 OLED의 최대 10배에 달하는 제조 원가와 긴 제조 기간은 마이크로 LED 상용화의 가장 큰 걸림돌
  - 마이크로 LED 전용 생산을 위한 웨이퍼 제조 품질 관리, 분리 및 전사 기술도 뚜렷한 지배적 설계(Dominant Design)가 부재한 상황
- 해외 주요 기업들은 마이크로 LED에 대한 전방위적 기술 개발보다는 특정 응용 분야 기술 확보 추진
- 애플은 자사의 모바일 디바이스 탑재 및 이를 통한 공급사슬 내부화, 소니는 산업재 디스플레이용 마이크로 LED 기술 개발에 주력
  - 홍하이와 오클러스는 AR·VR 응용을 위한 마이크로 LED 기술 개발을 진행 중이며, 의류, 인테리어, 자동차 HUD, 헤드램프 등의 응용 추진
- 반면 국내 대기업은 OLED 제조 원가 절감 및 시장 확대에 주력하고 있으며, 일부 중소기업과 공공연구기관 간의 협력 하에 기술 개발 진행 중
- 삼성과 LG 모두 마이크로 LED에 관심을 보이거나, 자사가 경쟁우위를 확보한 성장기의 OLED 원가 절감 및 이를 통한 시장 침투에 주력
  - 루멘스와 우리이앤엘은 각각 한국기계연구원과 한국광기술원의 기술을 이전받아 마이크로 LED 기술 개발 중
- 마이크로 LED 시장 규모는 2025년 최대 200억 달러에 이를 전망이며, 관련 장비 시장도 최대 60억 달러까지 성장할 것으로 예상
- 마이크로·중소형 디스플레이 응용이 절대적인 비중을 차지하는 가운데, 자동차용 헤드램프 수요도 일부 예상
  - 2024년경 도래할 수 있는 캐즘 및 기술 환상 소멸기의 극복이 마이크로 LED 지속가능 성장의 큰 분수령이 될 전망
    - 주류시장의 공략을 위한 완전완비 제품(Whole Product) 개발 및 지속적인 원가 인하 여부가 마이크로 LED 확산 속도를 결정할 전망
  - 장비 시장은 2021년경에 이르러, MOCVD, 전사장비, 웨이퍼 가공장비 등을 중심으로 형성될 것으로 기대되며, 소자 시장의 약 30% 수준 전망

□ 마이크로 LED와 같은 차세대 소자의 등장은 소자와 장비산업을 동반 육성할 수 있는 절호의 기회

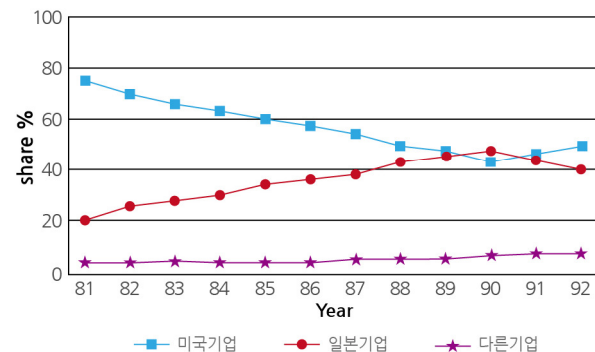
○ 오랜 기간 반도체·디스플레이 장비에 대한 높은 수입 의존도 문제가 제기되어왔으나, 이는 후발주자의 관점에서 합리적인 선택

- 삼성전자가 메모리 반도체사업을 시작한 1980년대 초에는 이미 미국과 일본이 소자뿐 아니라 장비 산업을 과점한 상태

### 1. 세계 반도체 시장 점유율('78-'92)



### 2. 세계 반도체 장비 시장 점유율('81-'92)



<그림 11> 1980년대 세계 반도체 및 장비 시장 점유율<sup>37)</sup>

- 국내 장비산업 기반이 갖추어져 있지 않고, 정부의 육성 정책도 미흡한 상황

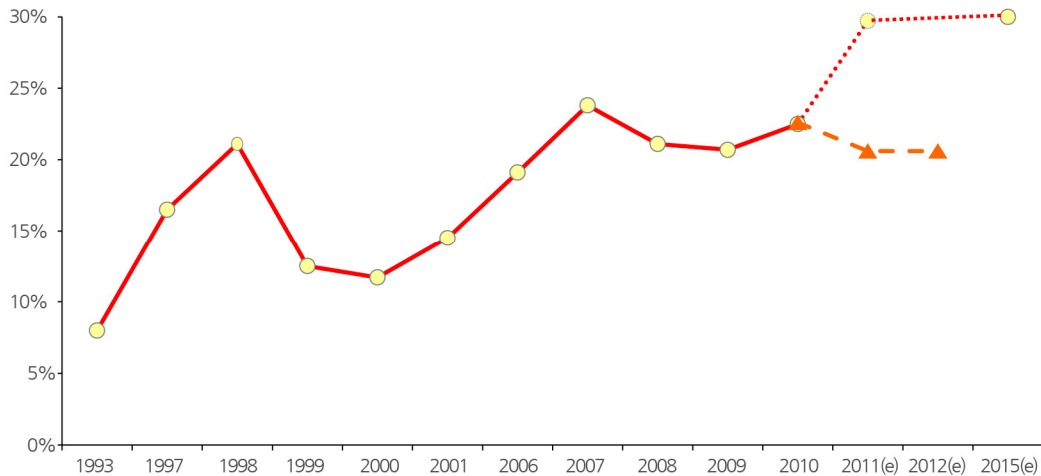
<표 8> 삼성전자의 반도체 사업에 대한 정부의 대응<sup>38)</sup>

- 1980년대 초 전 세계적인 스태그플레이션에 따라 한국 정부는 반도체 사업을 위한 삼성전자의 대규모 투자에 미온적인 반응
  - 이미 일본이 다양한 산업에서 과당경쟁 및 과잉생산으로 어려움을 겪던 시기
  - KDI는 1982년 보고서를 통해 “반도체는 인구 1억, GNP 1만 달러, 내수판매 50% 이상이 가능한 국가에서 할 수 있는 산업으로 기술, 인력, 재원이 없는 우리에게겐 불가하다”라고 평가
  - 정부는 기흥 반도체 공장 부지를 제공하였으나, 불확실성이 해소 될 때까지 투자 자제를 요청
- 1985년 정부는 삼성, 현대, LG가 설립한 4M DRAM 개발을 위한 반도체 연구조합에 600억 원이 넘는 연구비를 지원하였으나, 사실상 3개 회사가 단독으로 기술 개발, 연구조합 차원의 성과는 미흡
  - 반도체 집적을 위한 입체 설계 기술 개발 시, 삼성은 Stacking, 현대는 Trench 기술 선택
- 반도체 장비 국산화율은 삼성의 반도체 사업 시작 10년 뒤인 1993년에도 8%에 불과

37) Spencer, W.J., Grindley, P., 1993. SEMATECH After Five Years: High-Technology Consortia and U.S. Competitiveness. Calif. Manage. Rev. 35, 9-32.

38) Shin, J.-S., 2017. Dynamic catch-up strategy, capability expansion and changing windows of opportunity in the memory industry. Res. Policy 46, 404-416., 중앙일보, 2013.3.14., 삼성 반도체로 30년 동안 매출 7280배 성장, 조선 pub, 이병철, 73세에 반도체사업에 도전하다 한국의 창업 CEO 5인①-이병철, 2015.2.4., 전자신문, 2016.8.31. [한국 반도체 50년]<8> 삼성은 스택, 현대는 트렌치... 엇갈린 희비, 과학기술정책연구원(1994), '2010년을 향한 과학기술발전 장기계획 - 정보전자기술 부문', 연구보고 95-01

- 이에 따라 삼성전자 등은 선진국에서 검증된 장비를 수입하여, 기존의 원가 경쟁력에 공정 혁신을 통한 생산성 향상에 주력



<그림 12> 국내 반도체 장비 시장 국산화율 추이<sup>39)</sup>

- 반면 OLED는 태동기부터 기술개발을 주도해왔으며, 반도체·LCD 사업을 통해 축적한 기술 역량에 기반하여 비교적 빠른 시기에 장비 국산화 달성
  - LG디스플레이는 선익시스템의 증착장비(VTE) 국산화를 지원하였으며, 레이저 결정화(ELA) 장비와 다층박막봉지(TFE) 내부 개발 성공
  - 다수의 국내 장비 기업이 레이저리프트오프(LLO), 레이저 결정화(ELA) 장비 등을 국산화하였으며, 소자·장비 업체 간 전속거래도 철폐되는 추세<sup>40)</sup>
    - \* AP시스템, 필옵틱스, 이오테크닉스, 주성엔지니어링, 원익 IPS 등
- 소자·장비 산업 동반 육성의 성공 사례로 1970년대 말 일본 경제산업성·NTT 주도의 VLSI 프로젝트를 주목할 만함
  - 일본 또한 반도체 사업 초기인 1970년대 중반 장비 수입 의존도가 80%에 달했으나, 1980년대 중후반 소자 산업과 함께 세계 시장을 지배(그림 9)
  - 일본 장비산업 성장은 일본 경제산업성·NTT 주도의 64K DRAM 개발을 위한 VLSI 프로젝트(1976-1979)에 장비기업이 대거 참여하면서 시작

39) 한국반도체산업협회(2001), '국내 반도체 장비/재료 시장동향 및 전망', 전자신문, <반도체 장비 수입 비중 70% 고착화...국산화 퇴보 우려>, 2012년 9월 12일자 기사; 디지털타임스, <반도체 장비 잇단 국산화... "외산 대체 효과">, 2016년 7월 5일자 기사; KISTEP(2009), "국내 반도체 장비산업 육성을 위한 정부의 R&D 지원 정책 방향", R&D focus 2009-12호; 동아일보, <반도체 장비산업 세계 1위 올랐지만...>, 2017년 11월 22일자 기사; HMC 투자증권, 'Industry Report 화학 & 반도체 소재', 2014.9.23. 활용하여 재구성

40) 전자신문, '혁신성장, 소재부품에서 길을 찾자' <4>디스플레이', 2018.2.19., 전자신문, '외산 독점 깨진 OLED 장비, 무한경쟁 돌입', 2017.3.6.

- 경제산업성 산하 ETL(Electro-Technical Lab.) 및 NTT와 장비기업 간 공동 연구 및 테스트 베드 제공을 통해 공통 기반 장비의 국산화에 성공
  - \* 시제품 개발 후 연구소 내 시험 생산을 통해 신뢰성 및 생산 실적 확보
- 소자 업체는 자사 반도체 공정라인의 품질 개선과 원가 절감을 위한 전용 장비 기술 개발을 위해 장비 기업에 다양한 인센티브\* 제공
  - \* 기술개발을 위한 자금 지원, On-site 테스트 베드 제공, 기술 사양 공동 결정 등 주문 제작을 통한 시장 창출, 장비 개발 과정에서의 지속적인 피드백 제공 등

<표 9> 일본의 VLSI 프로젝트(1976-1979)를 통해 국산화에 성공한 주요 장비<sup>41)</sup>

구분	기업 및 장비 기술
ETL 주도	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 니콘, Stepper</li> <li>▪ 캐논, Projection Aligner</li> <li>▪ 히타치, 도시바, JEOL: E-Beam 리소그래피</li> </ul>
NTT 주도	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 어드반테스트: 검사장비</li> <li>▪ 알박: 이온주입 장비</li> <li>▪ 니콘: X-ray Aligner</li> <li>▪ 다이니폰프린팅: X-Ray Mask</li> </ul>
소자 업체의 장비 기업 후원	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 히타치: Kokusai-Electric의 증착, 에칭 및 이온주입 장비 개발 지원</li> <li>▪ 도시바: Tokuda의 에칭 장비 개발 지원</li> <li>▪ NEC: Ando Electric의 검사장비 개발 지원</li> </ul>

- 일본 VLSI 프로젝트의 성공은 정부의 강력한 컨소시엄 운영 개입과 소자·장비 기업 간 계열 시스템\*에 따른 긴밀한 기술·재무·전략적 연계 때문
  - \* 게이레츠(Keiretsu): 은행 및 상사 등을 중심으로 회사 간 지분 공유, 전문경영인 중심의 정기적 사장단 회의, 장기 및 반복적인 거래 관계가 특징인 일본 고유의 기업집단 시스템
- 같은 계열 내 소자기업과의 긴밀하고 지속적인 연계에 힘입어 일본 장비기업은 세계적인 경쟁력 확보에 성공

<표 10> 일본 반도체 및 장비 업계의 주요 계열 및 제휴 현황

소자기업	장비기업
히타치	Shinkawa, Kokusai-Electric, 캐논
후지츠	Advantest (formerly Takeda-Riken)
NEC	Ando-Electric, Anelva, Kaijo-Denki, 니콘, 스미토모중공업
도시바	Toshiba Machine, Toshiba-Seiki, Tokuda-Seisakusho, 니콘
미츠비시	JEOL, 니콘
마츠시타(파나소닉)	Ulvac

41) Stowsky, J. (1987). The weakest link: semiconductor production equipment, linkages, and the limits to international trade., Berkeley Roundtable on the International Economy 참고하여 재구성



□ 마이크로 LED 소자·장비산업 동반 육성 정책으로 최첨단의 공통기반기술 개발 컨소시엄 구성, 정교한 지재권 운영, 틈새시장 창출을 제안

- (첨단 공통기반기술 개발) 산업계의 적극적인 컨소시엄 참여를 유도하기 위해서는 첨단 기술의 공통기반기술\* 개발이 필수

\* Common Base Tech., Generic Research, Pre-competitive Tech. 등으로 이해

- 개별기업의 소자 품질과 생산성에 핵심적인 역할을 하는 세부 공정기술은 기업들이 전유하려는 경향이 강하기 때문에 본래 공동개발이 어려움
- 컨소시엄 참여 기업 간 기술 역량 격차 또한 불가피하기 때문에, 공통 기반기술 개발을 통해 무임승차 논란 등을 해소할 필요
- 특정기업이 확보하지 못한 첨단 기술의 공통기반기술\*을 개발함으로써 자발적인 참여 유도 및 산업 하부구조의 경쟁력 제고 추진

\* 마이크로 LED 전용 MOCVD 장비, 선폭 정밀화 기술, 패널 및 단일 신뢰성 인증, 기술로드맵 기획 등

- 컨소시엄 참여 기업 간 소통 제고를 위한 출연(연) 중심의 콘퍼런스 및 워크숍 개최 등의 노력 병행 필요

- (정교한 지재권 운영 모델) 컨소시엄 참여기업은 물론 미참여기업도 기술 개발 성과를 공유할 기회를 갖는 지재권 운영 모델이 필요

- 기술개발 성과 중 참여기업에 활용 우선권을 줄 부분과 주지 않을 부분 (우선권 배제 및 개방)을 구분함으로써 컨소시엄 운영의 정당성 확보

\* 미참여기관 또한 세금 납부를 통해 컨소시엄 운영 자금에 기여한 점에 대한 고려

- 컨소시엄 운영 자금에서의 정부 비중이 높을수록 참여기업 활용 우선권 비중이 줄어드는 것이 바람직

- (틈새시장 창출) 캐즘과 기술에 대한 환상 소멸기 극복을 위한 시장 창출을 통해 기업들의 후속 투자 및 시장창출 지원

- OLED와의 직접적 경쟁보다는 마이크로 LED가 비교적 강점을 가진 마이크로 디스플레이, 디지털 사이니지 등에 대한 시장 창출 필요

- 성공적인 틈새시장 공략 이후의 세부 응용분야별 공정기술 개발은 소자·장비업체 및 공공연구기관 간 자율적 매칭 유도



## 기계기술정책

Technology Policy for Mechanical Engineering

:: No. 92 차세대 디스플레이 마이크로 LED 기술의 부상과 시사점

| 발행인 | 박천홍

| 발행처 | 한국기계연구원

| 발행일 | 2018.9.

| 기획·편집 | 연구전략실

| 주소 | 대전광역시 유성구 가정북로 156

| 전화 | (042) 868-7682(연구전략실)

