

QD 소재의 디스플레이 응용 기술 및 산업 분석 보고서

Senior Analyst **Urabe Tetsuo**
Senior Analyst **Kim Namdeog**
Senior Analyst **Noh Changho**

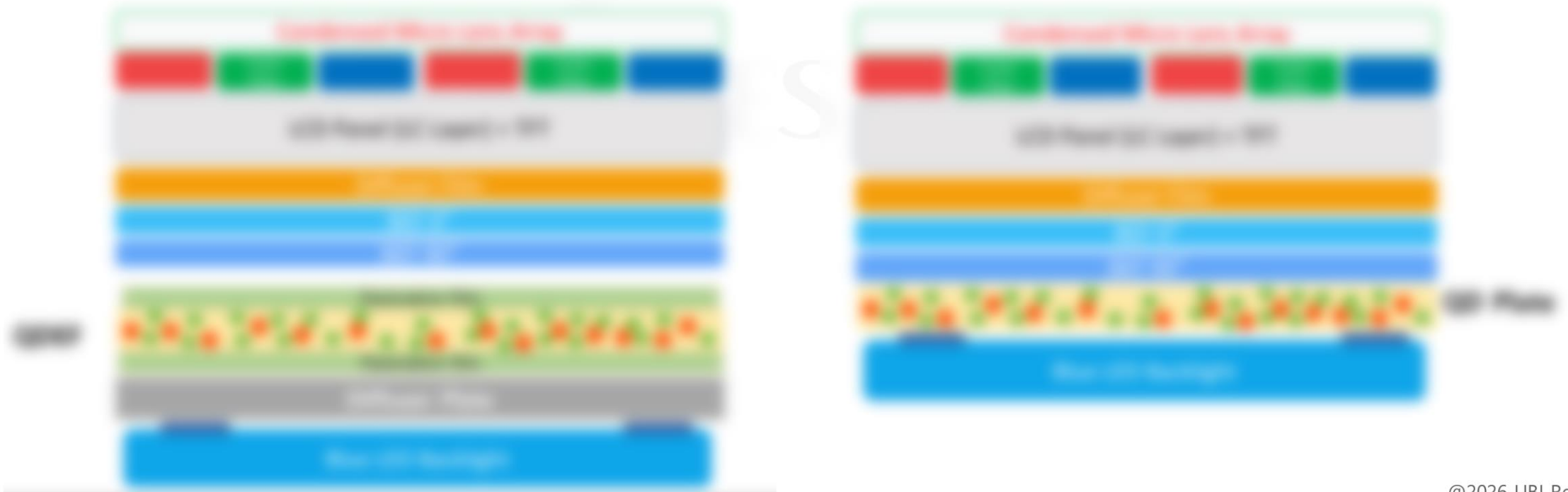
chnoh@ubiresearch.com

1. QD 소재의 기술 개요 및 분류	3	5. XR용 Micro-LED Display에의 응용	88
1.1 Quantum Dot(QD) 개발의 역사		5.1 XR용 마이크로-LED 제조 기술의 issues 및 대책	
1.2 QD 소재의 분류		5.2 중국 및 대만 업체 제품 개발 동향	
1.3 QD 소재의 주요 응용 분야		5.3 미주 및 유럽 업체 제품 개발 동향	
2. QD 디스플레이 산업 동향 및 시장 전망	11	5.4 일본 업체의 제품 개발 동향	
2.1 차세대 고해상도 디스플레이의 요구 사항		6. 마이크로 LED용 QD 소재의 고정세화 연구 동향	103
2.2 QD 소재 적용 디스플레이 제품 동향		6.1 QD 소재의 패터닝 방법	
2.3 삼성디스플레이의 QD-OLED 발광 구조와 Supply Chain		6.2 Inkjet Printing (QD 소재)	
2.4 시장동향 및 전망		6.3 Inkjet Printing (페로브스카이트 QD 소재)	
3. 색 변환 소자용 QD 소재 개발 동향	31	6.4 전사/ Micro Contact Printing	
3.1 색 변환 재료로서의 QD 소재		6.5 Photolithography	
3.2 LCD 백라이트에의 응용		6.6 Shadow Mask-Assisted Deposition	
3.3 화소 내 색 변환 (In Pixel Color Conversion)		7. Summary	138
4. 자발광 소자 (QD-LED)에의 응용	68		
4.1 QD-LED 특성의 진화와 현황			
4.2 Blue QD-LED 개발			
4.3 Perovskite QD-LED			

2.2 QD 소재 적용 디스플레이 제품 동향

■ LCD 패널용 디스플레이

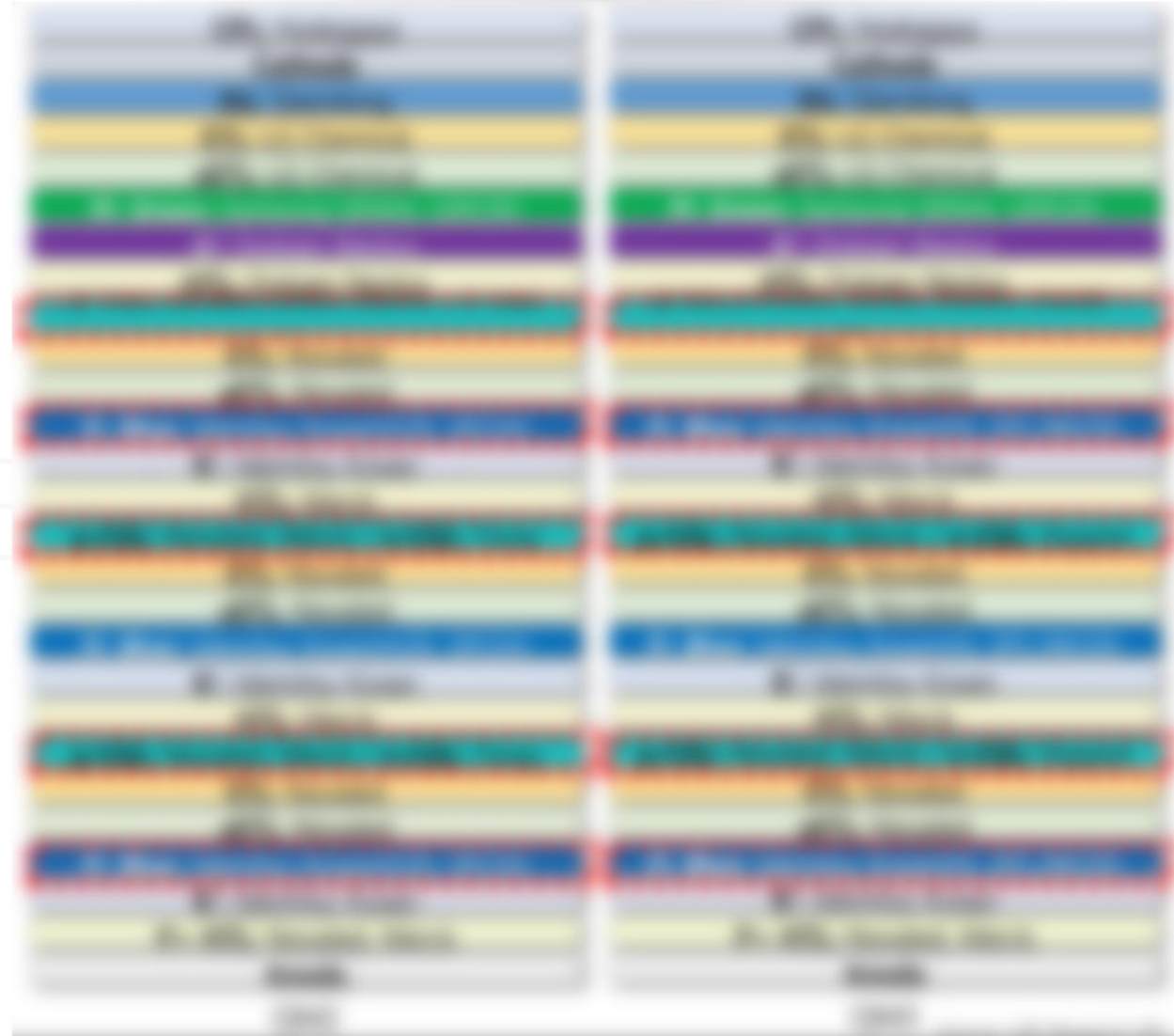
- 삼성전자는 2015년 '무(無)카드뮴 QD'를 적용한 TV를 공개하며, 프리미엄 LCD의 색 재현 경쟁을 W-LED(YAG) → QD 색변환 구조로 전환시키는 데 결정적 역할을 했다. 2017년 CES에서 QDEF(QD Enhancement Film)를 적용한 'QLED TV' 라인업을 전면내세우며, QD 기반 프리미엄 TV를 '플래그십 카테고리'로 공식화하였다.
- 2019년 이후 프리미엄 LCD는 Mini-LED로 진화하며 색(QD) + 명암(정밀 디밍)의 결합이 표준이 되었다.
- 2021년부터 Nanosys의 xQDEF 같은 'QD Diffuser Plate(QD Plate)'가 양산에 들어가며 레이어/공정 단순화로 고도화되고 있다.



2.3 삼성디스플레이의 QD-OLED 발광 구조와 Supply Chain

- 2023년 11월부터 QM3 발광구조가 적용된 QD-OLED 패널이 양산되기 시작하였다.
- 기존에는 새로운 발광구조를 적용하면 이전 발광구조는 양산하지 않았으나, QM2 발광구조는 QM3 발광구조와 함께 양산되고 있다.
- QM2에서는 신규로 녹색층에 G'과 aETL이 추가되었으며, G'의 공급업체는 덕산 네오룩스, aETL의 공급업체는 LG화학이다.
- QM3의 형광 청색 호스트는 3개층 모두 ***** 있다.
- QM3에서도 QM2와 마찬가지로 청색층 하단부의 B' 공급업체는 *****으로 변경되었다.
- QM3부터는 Solus에서 ETL 재료를 공급하고 있다.
- QM3 부터 n-CGL 공급 업체 가 *****으로 변경되었다.

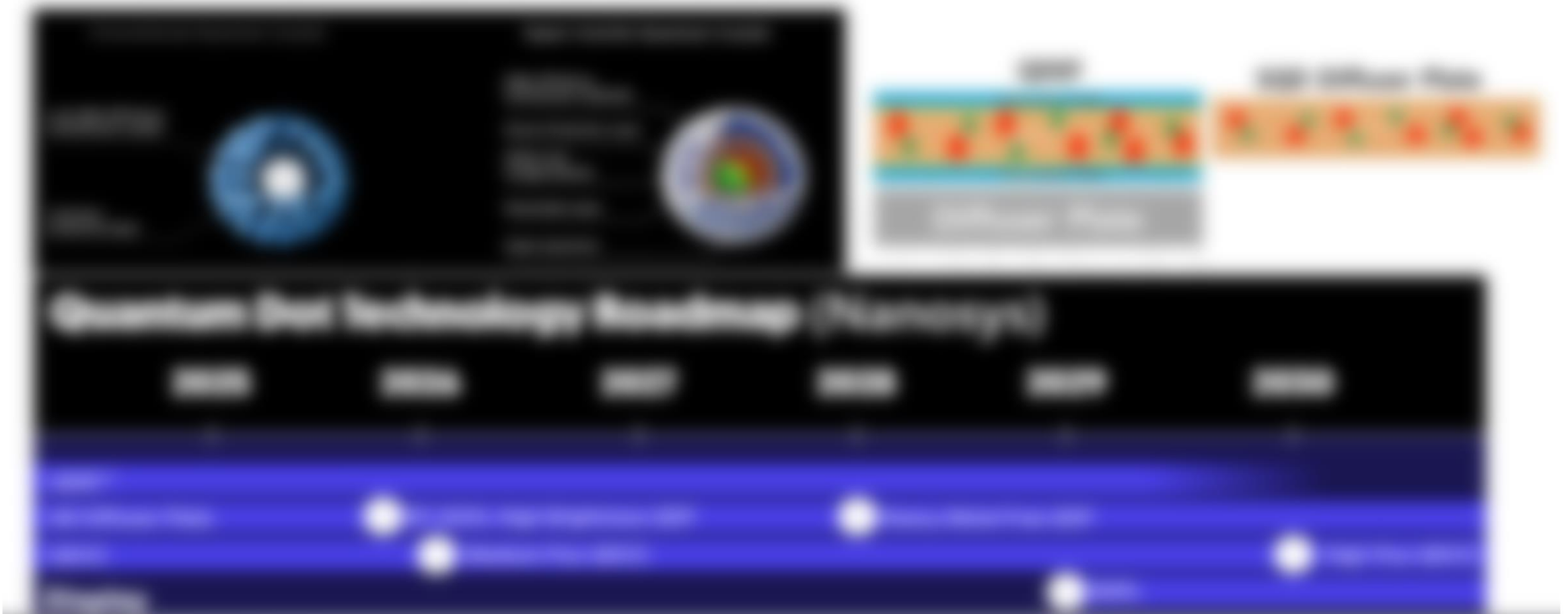
삼성디스플레이의 QD-OLED supply chain의 변화



3.1 색 변환 재료로서의 QD 소재

■ 주요 Supply Chain : Nanosys

- TCL의 2026년 플래그십 TV인 X11L (SQD-Mini LED)에는 Nanosys의 SQD가 적용되며, QDEF+Diffuser Plate를 통합한 SQD Diffuser Plate가 적용된다. *****와 *****가 xQDEF™ Laminate 공정을 제공하고 있다.



2.4 시장동향 및 전망

■ LCD 디스플레이 응용 QD 소재의 출하량 및 매출액 전망

- QD 소재를 적용한 LCD 패널의 QDEF/ Plate의 출하량은 면적 기준으로 2025년 *****에서 2030년 *****으로 증가할 것으로 전망된다. 전체 출하량에서는 보급형 제품인 LCD TV가 많으나, 성장의 중심은 MiniLED TV로서 2025년 *****에서 2030*****으로 가장 빠르게 증가할 전망이다.
- LCD 패널에 적용된 QD 소재 만의 매출액은 2025년 *****에서 2030년 *****로 증가할 것으로 전망된다.



@2026 UBI Research

5.1 XR용 마이크로-LED 제조 기술의 issues 및 대책

■ XR용 마이크로-LED 제조 기술

- 현재 마이크로 LED의 전사법은 400 ppi 이하 수준의 마이크로 LED 제작에 적용되고 있으며, 30 μ m 이상 크기의 마이크로 LED를 다룰 수 있다.
- 마이크로 LED의 크기가 작을수록 높은 해상도를 달성할 수 있으나 30 μ m 이하 크기의 마이크로 LED와 400ppi 이상의 공정을 다루기에는 정렬 정확도($\pm 1\sim 2\mu$ m)와 99.99% 이상의 전사 효율 달성 및 repair 등의 도전적인 과제들이 존재한다.
- 고해상도의 컬러 변환 기술과 모놀리식 마이크로 LED 제조 기술이 400ppi 이상의 고정세 마이크로 LED 제조에 적합하다.



6.2 Inkjet Printing (QD 소재)

6.2.2 QD Inkjet Printing 공정의 주요 spec과 소재 및 공정 항목

- 잉크의 합성과 관련하여 고려해야 할 중요한 요소들은 다음과 같다.
 - QD 조성, 입자 크기와 구조적 특성을 최적화
 - 용매 및 첨가물 선정: 잉크의 점도, 휘발성 및 안정성 조절
 - 합성 및 처리 조건 : 제조 과정에서의 온도와 습도, 반응 및 혼합 시간 및 상태 조절

QD 입자 합성	Ink formulation 및 분석	박막 물성 및 광학적 특성 측정
<p>1. QD 입자 합성 방법</p> <p>2. QD 입자 크기 및 분포 제어</p> <p>3. QD 입자 구조 및 형태 제어</p> <p>4. QD 입자 표면 개질</p> <p>5. QD 입자 안정성 향상</p> <p>6. QD 입자 용해도 및 분산성 향상</p> <p>7. QD 입자 광학적 특성 향상</p> <p>8. QD 입자 열적 안정성 향상</p> <p>9. QD 입자 기계적 안정성 향상</p> <p>10. QD 입자 화학적 안정성 향상</p>	<p>1. 잉크 조성 최적화</p> <p>2. 잉크 점도 및 휘발성 조절</p> <p>3. 잉크 안정성 및 저장 수명 향상</p> <p>4. 잉크 분산성 및 용해도 향상</p> <p>5. 잉크 광학적 특성 향상</p> <p>6. 잉크 열적 안정성 향상</p> <p>7. 잉크 기계적 안정성 향상</p> <p>8. 잉크 화학적 안정성 향상</p> <p>9. 잉크 인쇄 속도 및 품질 향상</p> <p>10. 잉크 인쇄 비용 절감</p>	<p>1. 박막 두께 및 균일성 측정</p> <p>2. 박막 표면 거칠기 측정</p> <p>3. 박막 광학적 특성 측정</p> <p>4. 박막 열적 안정성 측정</p> <p>5. 박막 기계적 안정성 측정</p> <p>6. 박막 화학적 안정성 측정</p> <p>7. 박막 인쇄 속도 및 품질 측정</p> <p>8. 박막 인쇄 비용 측정</p>