

# 세계 빛의 해 (IYL) 2015 특집 ■ 한국광학회 분과 소개

## 한국광학회 디스플레이 분과

### 디스플레이 분과 및 디스플레이 연구 동향 소개

최윤석, 김학린, 고재현\*

#### 1. 디스플레이 분과 소개

##### 가. 분과 설립 취지

디스플레이란, 전기적으로 처리되고 저장된 정보를 인간이 시각을 통해 볼 수 있도록 화면으로 구현해 주는 표시장치로서 디스플레이 장치 자체뿐 아니라 장비 및 부품 소재가 차지하는 비중이 높고 전후방 파급효과가 큰 산업이다. 지난 세기만 해도 CRT(cathode ray tube)형의 부피가 크고 화면 확대에 제약이 있는 디스플레이가 주류를 구성했으나 21세기에 접어들면서 [그림 1]과 같이 LCD(liquid crystal display), PDP(plasma display panel),

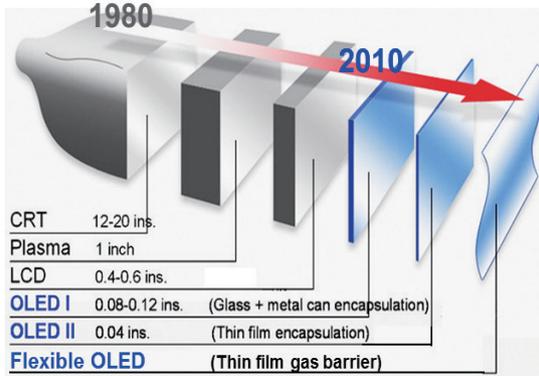


그림 1. 디스플레이 기술의 발전  
(출처: Universal Display Technology (Jilun) Co., Ltd.)

OLED(organic light emitting diode) 등 평판형 디스플레이가 디스플레이의 주류로 자리잡았다. 아울러 3차원 디스플레이나 플렉서블 디스플레이, 투명 디스플레이와 같은 차세대 디스플레이 기술이 활발히 개발되고 있다. 현재 한국은 세계최고의 양산기술과 규모의 경제를 활용, 글로벌 시장지배력을 확보하고 있으나 중국을 비롯한 후발주자들과의 기술격차가 줄어들고 있고 차세대 분야의 원천 기술의 부족, 부품소재와 장비기술의 기반이 취약한 문제점들이 노정되고 있다.

국내 광산업체의 상당수가 디스플레이산업과 직간접적으로 관련되어 있는 점을 고려, 한국광학회에서는 디스플레이분과를 설립하자는 논의가 진행되었고 디스플레이분과를 통해 광물리, 광기술 및 디스플레이 기술 분야 전문가 사이의 정보 공유 및 시너지 창출을 위해 2005년 디스플레이분과를 설립하게 되었다.

##### 나. 분과 활동 내용

디스플레이 분과는 2005년 한국광학회의 분과로 정식 설립된 이후 분과위원장과 간사를 포함, 산학연의 전문가 약 15명의 분과위원을 기반으로 활동을 지속해 왔다. 분과 회원들의 정례적 미팅에서는 산학연에서 진행되고 있는 최근 연구 동향에 대한 토론과 공유가 이루어졌으며, 분과의 활동 방향과 내용에 대한 토론이 진행되었다.

\* 디스플레이 분과 간사

## 한국광학회 디스플레이 분과

세션	일시	시간	강좌명	강사 (소속)
기초 이론 과정	7/4 (수)	10:30-12:00	액정물리	유창재(한양대)
		12:00-13:30	점심	
		13:30-15:00	액정광학	최윤석(한밭대)
		15:00-16:00	액정재료	가재원(화학연구원)
		16:00-17:00	액정화학	송동미(Merck)
		09:00-09:50	LCD 구동원리	송장근(성균관대)
응용 이론 과정	7/5 (목)	10:00-10:50	액정배향	강대승(송실대)
		11:10-12:00	액정광학필름	박문수(LG 화학)
		12:00-14:00	점심	
		14:00-14:50	액정모드 1	박재홍(Samsung)
		15:00-16:30	액정모드 2	이승희(전북대)
		7/6 (금)	09:00-09:50	카이럴액정기술
10:00-10:50	라이오트로픽 액정응용		윤태영(KAIST)	
11:10-12:00	액정렌즈		김학린(경북대)	
12:00-13:30	점심			
13:30-14:20	3D 기술		정우남(LGD)	
14:30-15:30	투명디스플레이		김재훈(한양대)	

그림 2. 액정여름학교의 전형적인 강의 프로그램 (2012년).

디스플레이분과에서 현재 수행되고 가장 중요한 행사는 한국정보디스플레이학회 액정연구회와 공동으로 주최하는 “액정여름학교” 및 “액정토론회” 행사를 개최하는 것이었다. 액정여름학교는 [그림 2]에서 볼 수 있는 것처럼 액정물리 및 액정광학, 그리고 LCD 응용산업과 관련된 주제들에 대해 대학원생과 연구원들을 대상으로 해당 분야 전문가들을 초빙해서 강의를 듣는 행사로서 LCD 분야 연구 입문자들에게 매우 유용한 학술행사이다. 매년 여름 장소를 변경해서 진행되는 액정여름학교에는 약 150~200여명의 산업체 연구원들과 대학원생들이 참여하며 성황리에 개최되고 있다. 매년 겨울에 개최되고 있는 “액정토론회”는 액정 물리 및 LCD와 관련된 학술적 성과를 발표하는 자리로서 국내외 액정 전문가들의 초청강연 및 연구자들의 일반 발표로 구성된다.

또한, 디스플레이분과는 매년 두 번 개최되는 한국광학회 학술발표회에서 디스플레이 분과 세션을 조직, 디스플레이의 다양한 분야 전문가를 초청해서 초청강연을 조직해 왔으며, 아울러 일반 회원들의 발표도 적극적으로 유도하여 내용이 풍부한 학술행사가 되도록 노력해 왔다. 아울러 한국광학회 영문지 및 국문지에 분과위원이 편집위원으로 참여하면서 분과 회원들의 논문 투고도 적극적으로 유도해 왔으며 그 성과로 투고 편수가 점진적으로 늘어가고 있는 추세이다.

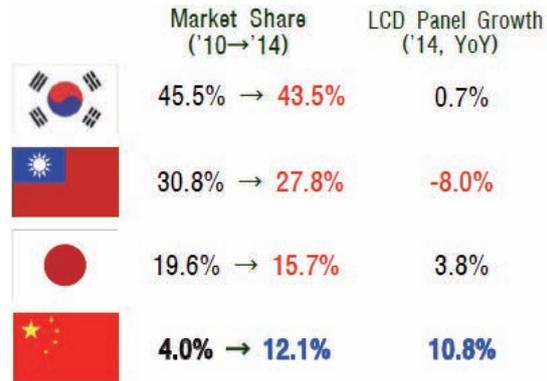


그림 3. LCD 시장 점유율 및 성장률[1]

## 2. 디스플레이 분야 발전 방향

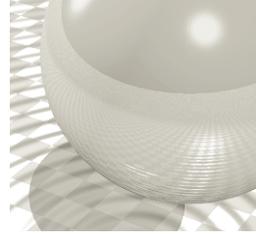
### 가. 기술 및 산업 발전 동향

우리나라의 디스플레이 산업은 기존 LCD 시장의 성숙 단계로 진입 및 주요 경쟁국(중국, 대만, 일본)의 추격 본격화에 따라, 차세대 기술 및 미래 먹거리 창출을 위한 디스플레이의 혁신 기술이 중요해지고 있는 실정이다. 2014년 기준으로 국가별 LCD 패널의 성장률(YoY, %)은 중국이 10.8, 일본이 3.8, 한국이 0.7, 대만이 -8.0을 기록하고 있으며 세계 LCD 시장에서의 점유율 또한 한국이 2009년 45.8%에서 2014년 39.5%로 줄어든 반면, 중국은 2009년 4.0%에서 2014년 12.7%로 성장하는 등 주변국들과의 경쟁이 심해지고 있다.

특히, 국내의 기업들이 기술 및 디자인에서의 차별화, 새로운 응용제품의 개발 등을 통해 가시적인 성과 창출 및 디스플레이 선도국의 지위를 유지하고 있으나, 미래 유망 기술을 위한 전문인력 양성 및 원천 IP 창출 등의 성장 기반이 취약하여 장기적인 산업 경쟁력 약화가 우려되는 시점이다. 특히 중국은 2010년 이후 국가적인 정책지원을 통해 거대한 내수시장을 바탕으로 매년 생산능력을 확대해

구분	2014	2015	2016	2017	2018
연도별 주요 목표(성과)	터치센서(연도일체형) LCD (디지털 노광기) 무안경 3D(초다시점) Flexible AMOLED	초저기 PDP 영자광 BLU 칼라전지종이	LCD (Cu 잉크) 신축성 Backplane 무안경 3D	응역광형 OLED e-Textile	대형 투명디스플레이 8K UHD OLED TV Deformable 디스플레이

그림 4. 차세대 디스플레이 분야 기술개발의 연차별 목표[5]



가며 기술적 경쟁력까지 확보해 나아감에 따라 우리나라의 가장 큰 위협이 되고 있다. 일본 샤프의 10세대에 이어, 중국의 BOE는 10.5세대 투자 등을 통해 2017년 하반기 LCD 공급을 목표로 하는 등 경쟁이 심화되고 있는 현실이다[2].

LCD, OLED용 장비산업 또한 최근 해외 디스플레이 장비 대기업간 M&A 등으로 인해 국내 기업의 입지가 점차 축소되고 있으며, 중국 정부의 후방산업 강화 정책에 따라 중국 현지 장비업체의 수가 증가하고 있는 실정이다[3].

따라서, 우리나라 디스플레이 산업이 일본의 전철을 밟지 않고 세계 1위 지위를 수성하기 위해서는 차세대 디스플레이의 시장 선점을 위한 산·학·연·관의 적극적인 협력 및 공동투자, 원천기술 개발이 필요하다고 할 수 있다. 최근 산업통상자원부에서는 이러한 미래 디스플레이 연구 개발 생태계 조성을 위해 KDRC(Korea Display Research Consortium)사업(정부, 민간 공동투자를 통한 '15~19년 약 280억원 투자)을 추진하는 등 국가경쟁력 강화를 위해 본격적인 지원을 강화하고 있다. 이 사업에서는 디스플레이 산업에 파급효과가 크고 기업들이 적극적으로 투자하기 어려운 혁신적인 소자/공정/소재의 원천기술 중심으로 연구개발을 진행하며 백플레인, OLED, 신개념 디스플레이 소자, 센서, 공정 기술 등 디스플레이 산업을 이끌어갈 차세대 기술들에 대하여 지원을 하게 된다[4].

이러한 발전 전략은 차세대 디스플레이에 대한 미래전략으로 수 년 전부터 제안되어 왔으며, 한국산업기술평가관리원(KEIT)등 많은 기관에서 향후 디스플레이 산업의 발전방안으로 제시된 바 있다(그림 4 참조). 미래 산업을 이끌 디스플레이 혁신기술로 유연한 OLED 디스플레이, Deformable 디스플레이, 컬러 전자종이, 대형 투명 디스플레이 등 형태의 진화가 필요하며 또한, E-textile, 무안경 3D 디스플레이, 8K UD급 TV 등 기능의 진화를 통해 새로운 시장을 창출하는 것이 동시에 필요함을 알 수 있다

## 나. 디스플레이 분야별 기술적 이슈 및 발전 전망

### (1) LCD 분야

올해의 CES, SID, IFA 등 디스플레이 전시회에서 디스플레이 업체들은 82인치 10K, 110인치 8K 제품 등 초고해상도를 가진 LCD 제품을 선보였다. 이는 불과 2년 전인 2013년 CES에서 일본의 샤프가 85인치 8K 제품을 처음으

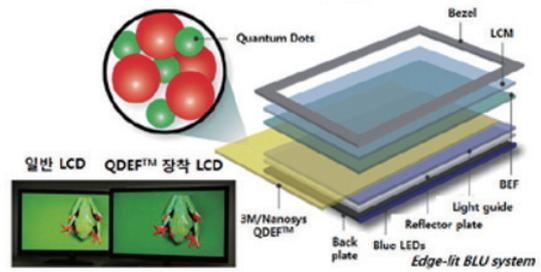


그림 5. QD-LCD 구조 모식도[6]

로 선보인 것을 생각할 때 급속한 발전이다. 이러한 초고해상도 LCD를 구현하기 위해서는 고성능 backplane, 개구율 향상, 고효율화 등 다양한 기술의 발전이 필수적이며, 이들이 빠르게 이루어지고 있다는 증명이라고 할 수 있다. 올해 전시된 제품을 기준으로 할 때 LCD분야에서 당분간 해상도 경쟁과 함께 고품질 화질을 위한 기술 개발이 중점적으로 이루어질 것으로 생각된다.

고품질 화질을 위한 기술은 크게 양자점 기술 및 HDR 기술을 들 수 있다. 올해의 전시회에서도 이들이 적용된 고성능 TV들이 선보여 눈길을 끌었다.

양자점(Quantum Dot) LCD는 100% 색재현율을 구현하기 위한 기술이다. 양자점은 광여기를 통해 빛을 내게 하는 방식(Photoluminescence; PL)과 전기적으로 여기시켜 빛을 내게 하는 전기발광(Electroluminescence; EL)방식이 있는데, PL방식의 경우 LCD의 LED 백라이트(BLU)에 QD를 넣어 LCD의 색순도와 색재현 범위를 크게 개선할 수 있다. 일본의 소니가 2013년 CES에서 85인치 UHD QD-LCD를 발표한 이래 색재현율이 중요한 의료용 디스플레이 및 고품위 디스플레이에 적용하기 위한 연구개발이 활발하게 진행 중이며 최근에는 스마트폰 및 TV에도 적용이 확대되고 있는 추세이다.

또한 '사람의 눈으로 실물을 보는 듯한 영상'을 구현하기 위한 HDR(High Dynamic Range)기술이 적용된 LCD TV 들을 최신 전시회에서 각 업체들이 앞다투어 선보이고 있다. HDR은 밝은 것은 더욱 밝게 검은 것은 더욱 검게 표현하는 기술로 디지털카메라와 스마트폰에 이미 적용된 기술이다. HDR 기술은 LCD TV 및 OLED TV에 각각 적용이 가능하며, 일반적으로 밝음을 표시하기 위해서는 LCD 패널이, 어두움을 표시하기 위해서는 OLED가 유리한 것으로 알려져 있다. 올해의 IFA에서도 LG, 삼성 등 국내 업체를 비롯하여 중국, 일본의 여러 업체들이 HDR이 적용

## 한국광학회 디스플레이 분과



그림 6. HDR 기술이 적용된 화질 개선 사례[7]

된 UHD TV를 선보인 바 있다. 일본 샤프에서는 IGZO 기술을 기반으로 85인치 8K HDR LCD 모니터를 10월말에 발매한다고 하며, 가격은 대략 1,600만엔 정도라고 한다.

이와 함께, 새로운 디스플레이 응용분야 창출을 위하여 curved LCD TV, 투명 LCD 디스플레이 등 미래형 혁신 디스플레이 기술을 포함한 다양한 연구개발이 이루어지고 있으며, 이를 위해서는 획기적인 광효율 개선, 컬러 개선 등의 광학적 기술 설계 요소가 더욱 중요해지고 있는 시점이다.

### (2) OLED 분야

OLED 디스플레이 분야는 크게 대면적, 고해상도 AMOLED를 만들어내기 위한 연구와 플렉서블/폴더블/투명 디스플레이 개발을 위한 연구가 진행되고 있다고 할 수 있다. 대면적, 고해상도 제품을 위해서는 소재/재료적 접근 및 고성능 backplane이 필요하며, 화소형성 공정 및 장비기술이 필요하게 된다. 기존의 증착공정 및 잉크젯, 임프린트 등 다양한 차세대 저온 인쇄 공정을 이용한 디스플레이의 개발이 이슈이며, 2015년 SID에서 LG디스플레이는 UHD급의 65인치 curved TV, 삼성디스플레이는 6.9R의 곡률을 갖는 5.59인치 WGXGA YOUM 패널을 선보이



그림 7. 곡면을 갖는 OLED 디스플레이

는 등 높은 기술력을 보여주었다. 이 제품들은 모두 SID 올해의 디스플레이로 선정되는 등 국내 업체들의 OLED 분야 경쟁력이 세계 최고수준임을 확인시켜 주었다.

이외에도 IFA 2015에서는 '111인치 S자 형태의 타일링 OLED', '두께가 5.3mm에 불과한 55인치 양면 OLED', '두께 1mm 이하의 월페이퍼 OLED' 등 다양한 OLED 제품이 소개되었다.

플렉서블/폴더블 디스플레이 개발을 위해서는 일본의 SEL이 플렉서블 AMOLED를 활용하여 2면을 갖는 1축 폴더블 제품 및 3면을 갖는 2축 폴더블 제품을 발표하는 등 상용화된 제품의 개발이 멀지 않았음을 확인할 수 있다. 또한, 원형의 스마트 워치용 plastic OLED, 자동차용 AMOLED 등 다양한 형태의 디스플레이가 연구되고 있다.

한편, OLED의 고효율화를 위해서 다양한 방법의 광추출 기술에 대한 연구도 진행되고 있다. 광추출 기술이란, 다양한 광학적 효과(굴절, 전반사, waveguide)로 인하여 OLED소자 내부에 갇힌 빛을 외부로 추출시키는 방법으로 OLED의 효율을 크게 개선할 수 있어 주목받고 있다. 광추출 기술은 간단한 방법으로도 광효율을 크게(150% 이상) 향상시킬 수 있어 향후 조명소자 등 다양한 응용이 가능하다[8]. 주로 외부형으로 마이크로 렌즈어레이, 내부형으로 광산란층, microcavity 등이 되고 있으며, 다양한 광추출 기술에 대한 장단점을 정리하면 다음과 같다[9]. OLED의 고효율화를 위해서는 기존의 소재 개발과 함께 광학적 최적화 설계가 더욱 중시되고 있는 시점이다.

### 3. 맺음말

한국광학회의 분과로 2005년 정식 설립된 디스플레이

구분	교효율화	시각특성	파장선택	Process
Micro lens	△	○	○	○
Photonic array	○	×	×	×
무반사기판	○	△	○	×
광산란층	△	○	○	○
저굴절율층	△	○	○	○
Microcavity	△	×	△	△
표면 Plasmon	○	×	×	△
고굴절율기판+산란층	○	○	○	△

그림 8. OLED 조명기술의 최신기술 및 장래전망[9].

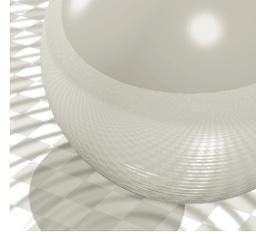


그림 9. OLED 조명기술의 최신기술 및 장래전망[9].

분야는 길지 않은 분과 역사를 가지고 있지만, 국내 산업계에서 디스플레이가 차지하는 비중 및 역할에 고려하였을 때 향후 한국광학회 내에서의 역할 수행이 더욱 증대되리라 기대한다. 향후 디스플레이 발전은 2~3년 전부터 등장하기 시작한 초고해상도 디스플레이 개발에서 더 나아가, HDR 및 wide color gamut 표현 등의 좀 더 자연스러운 화면을 보여주기 위한 고품질 경쟁에 접어들고 있다. 아울러, 사각이 아닌 원형 디스플레이, curved 디스플레이, 플렉서블 디스플레이, 투명 디스플레이 등 다양한 미래 혁신기술들을 선보이고 있는 중이다. 미래에는 차량용 디스플레이, wearable 기기 등과 융합된 stretchable 디스플레이 등의 개발이 기대되며, 특히 이러한 신기술들이 완성도 높은 제품으로 우리에게 다가오기 위해서는 신소재/신소자 개발과 함께 광학적 설계 및 최적화 과정이 반드시 요구된다. 디스플레이 분과에서는 디스플레이 분야에서 활동하고 계시는 다양한 학계 및 산업계 인사를 좀 더 아우르고, 분과 내에서 융합 연구의 시너지가 창출될 수 있도록 한국정보디스플레이 학회 내 다수의 분과 및 기타 연관 학회들과의 공동 학술 행사를 적극적으로 추진하여 외연을 확장할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] ICT Market Outlook, 2016 ICT 컨퍼런스, 2015, 김도환
- [2] '디스플레이 산업동향' Information Display, 2015년 제16권 제3호, 한국정보디스플레이 학회
- [3] PD Issue Report 19호, 2014, 산업기술평가관리원
- [4] KDRC 사업 보도자료, 2015, 산업통상자원부
- [5] 산업기술 R&BD 전략(2014~2018), 2014, 산업기술평가관리원
- [6] 양자점 디스플레이 기술동향 및 전망, KOITA Tech-Issue Paper, 2014, 이창희

- [7] 'HDR 시대 준비하는 TV제조업체', 디지털 데일리, 2015, 이민형
- [8] 'Nanoparticle scattering layer for improving light extraction efficiency of organic light emitting diodes', C.-H. Shin et al., Optics Express, 23, A133 (2015)
- [9] 'OLED 조명기술의 최신기술 및 장래전망', Electronics and Telecommunications Trends, 2013, 유병곤 외
- [10] 'SID 2015를 통해 본 디스플레이 산업동향', 2015, 산업기술평가관리원

### 약 력

#### 최윤석



- 1999년 서울대학교 전기공학부 학사
- 2001년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
- 2006년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
- 2006년~2008 한양대학교 차세대디스플레이연구소 전임연구원
- 2008년~2010 Case Western Reserve University, Postdoctoral Scholar
- 2010년~현재 국립 한밭대학교 전자-제어공학부 교수
- 한국전기전자재료학회 기획위원회 위원 역임
- 현재 한국정보디스플레이학회 LC연구회 위원

#### 김학민



- 1998년 서울대학교 전기공학부 학사
- 2000년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
- 2005년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
- 2005년~2007 한양대학교 차세대디스플레이연구소 전임연구원
- 2007년~현재 경북대학교 전자공학부 부교수 (현재)
- 현재 한국광학회 디스플레이분과 간사, 한국광학회 홍보지 편집위원, 한국정보디스플레이학회 Journal of Information Display 편집위원

#### 고재현



- 1992년 서울대학교 물리학과 학사
- 1996년 한국과학기술원 물리학과 석사
- 2000년 한국과학기술원 물리학과 박사
- 2000년~2003 일본 University of Tsukuba / Research Associate
- 2003년~2004 삼성코닝 / 연구소 책임 연구원
- 2004년~현재 한림대학교 전자물리학과 교수
- 한국광학회 국문지 편집위원장, 영문지 편집위원, 홍보지 편집위원 역임.
- 현재 한국광학회 디스플레이분과 간사, 한국물리학회 물리학과 첨단기술 편집위원, 한국정보디스플레이학회 Journal of Information Display 편집위원, Journal of Advanced Dielectrics 편집위원