

디스플레이 기술을 알기 쉽게 설명한

디스플레이 톺아보기



SAMSUNG DISPLAY

이 책을 펴내며

삼성디스플레이가 온라인 뉴스룸을 통해 다양한 디스플레이 기술을 알기 쉽게 풀어낸 '디스플레이 톺아보기' 시리즈를 책으로 펴냈습니다.

* 톺아보다 : [동사] 살살이 톺아(더듬어 뒤지면서 찾아) 나가면서 살피다.

디스플레이의 기원부터 최신 기술까지, 최대한 쉽게 설명했으며 일반인에서부터 학생, 비전공자, 산업계 입문자를 대상으로 디스플레이 기술, 산업의 필수적 개념을 알리고자 하였습니다. '디스플레이 톺아보기'가 관련 지식의 정립과 이해 증진에 기여하기를 기대하며, 도움을 주신 모든 분들께 감사의 말씀을 전합니다.

2019 년 2 월 14 일

삼성디스플레이 주식회사

- 홈페이지 www.samsungdisplay.com
- 뉴스룸 news.samsungdisplay.com
- 페이스북 www.facebook.com/samsungdisplay

* 이 책은 저작권법에 따라 보호받는 저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금하며 책 내용의 전부 또는 일부를 이용하려면 반드시 저작권자의 서면 동의를 받아야 합니다.

차례

이 책을 펴내며

1부

디스플레이 기초

1. 디스플레이 기술의 기원	1
2. 다양한 전자 디스플레이 기술	16
3. 픽셀부터 해상도까지	26

2부

기술/공정

4. 디스플레이의 보이지 않는 손 ‘TFT’	36
5. LTPS(저온폴리실리콘) 제조 공정	43
6. 자체 발광 OLED 소자의 발견	52
7. OLED의 원리와 구조	58
8. OLED 제조 공정 - 증착(Evaporation)	64
9. OLED 제조 공정 - 봉지(Encapsulation)	71
10. OLED 공진 원리의 이해	86
11. OLED 전면발광 배면발광	94
12. 플렉시블 OLED 원리와 미래	102
13. LCD의 원리와 구조	110
14. LCD 제조 공정 - 컬러필터(Color Filter)	120
15. LCD 제조 공정 - 액정(LC)/셀(Cell)	126
16. LCD 제조 공정 - 모듈(Module)	132
17. 디스플레이 드라이버 IC (DDI)	137

18. DDI 패키지와 FPCB	142
19. TSP(터치스크린패널)의 종류와 원리	147
20. 디스플레이 커버 윈도우(Cover Window)	152

3부 화질/ 미래기술/ 산업

21. 빛과 색 그리고 디스플레이	162
22. 디스플레이 색 체계의 이해	167
23. 디스플레이 색심도(Color Depth)의 이해	188
24. HDR(High Dynamic Range)의 이해	194
25. 디스플레이 화면비율(Aspect Ratio)의 종류	201
26. 디스플레이 화면 재생률(Refresh Rate)의 이해	214
27. 디스플레이 커넥터의 종류	223
28. PID (Public Information Display)	234
29. 차량용(Automotive) 디스플레이	244
30. 3D 디스플레이의 종류와 원리	256
31. 디스플레이 패널 세대(Generation)의 이해	264
32. 디스플레이 패널 생산량(CAPA)의 이해	270
33. 디스플레이 미래 기술 전망	275



디스플레이 **튜**아보기

1 디스플레이 기술의 기원

디스플레이(Display)란?

'디스플레이'의 어원은 라틴어인 'Displico' 혹은 'Displicare'로 그 의미는 '보이다', '펼치다', '진열하다' 등입니다. 가장 흔히 쓰이는 의미는 '전시 및 진열'이지만, 전자공학에서 뜻하는 디스플레이는 '표시장치'라는 뜻으로서 각종 전자기기의 다양한 정보를 전달하는 출력장치를 의미합니다. 보여주어야 할 '정보'가 '디스플레이 장치'를 거쳐 우리 눈을 통해 인지되는 것이죠.

Information



Display



Human



TV, 스마트폰, 모니터, 태블릿. 요즘같이 디지털화된 세상에서 디스플레이가 없다면 불편을 넘어 문명의 존속 자체가 흔들릴 수도 있을 만큼, 그 중요성은 날이 갈수록 높아지고 있습니다. 그렇다면 우리 삶에 이렇게 중요한 디스플레이의 기원을 시작으로 그 역사적 흐름을 알아보겠습니다.

최초의 디스플레이 : 스페인 알타미라 동굴벽화



알타미라 동굴벽화는 구석기 시대(기원전 약 15,000 년경)의 유적으로 야생 동물의 뼈와 사람들의 손으로 그린 암벽화입니다. 예술계에서는 이 벽화를 인류 최초의 회화로 보고, 역사학자들은 성공적인 사냥 등을 기원하기 위한 종교적 의미를 담고 있다고 해석하기도 합니다.

디스플레이 관점에서 본다면 이 벽화는 인류 최초의 디스플레이 활동이라고 할 수 있습니다. 이미지 정보를 다른 사람에게 전달하는 기능으로서 회화의 첫 등장이기 때문입니다. 일만 년이 넘는 긴 시간을 지나 현대를 살고 있는 우리에게 당시의 생활상에 대한 정보를 제공함으로써 가장 오래된 인류의 디스플레이라고 볼 수 있습니다.

지식 전달의 혁명 : 파피루스, 종이의 발명



인류는 지식의 전달과 축적을 통해 문명을 발전시켜왔습니다. 그 과정에서 기록과 보관은 무척 중요한 요소였고, 석판이나 점토판과 같이 기록과 관리가

어려운 방법에서 탈피해, 파피루스와 양피지를 활용하는데 이어 현재까지도 유용하게 사용 중인 종이를 발명하기에 이릅니다. 특히 종이의 발명은 지식의 폭발적 증가와 확산을 가능하게 한 지식 혁명이었고, 문명은 발전에 가속 페달을 달았습니다.

있는 그대로를 표현하다 : 사진의 발명

인류는 문자와 그림을 종이에 적고 그려 넣을 수는 있었지만, 자연이나 사물의 있는 모습 그대로를 담아내는 기술은 아직 없었습니다. 이를 가장 유사하게 표현하는 방법은 리얼리즘 기법의 회화 정도였죠. 하지만 1826 년에 프랑스인 이었던 조제프 니세포르 니에프스(Joseph Nicéphore Niépce)는 금속판 위에 상을 정착해 세계 최초로 사진을 만들어 내는 데 성공합니다. 아래 사진이 창 밖을 바라보며 8 시간 노출을 통해 얻은 최초의 사진입니다.



니에프스의 발명에 이어 1831 년에 루이 다게르(L.J.M.Daguerre)는 보다 진일보한 사진술 발명을 이어나갔고, 1837 년에는 촬영, 현상, 정착의 프로세스

를 완성해 화상을 영구적으로 고정시키는 방법을 고안해 이 프로세스를 다게레오타입(Daguerreotype)이라 이름 붙였습니다.

이후에 사진기술은 급격히 발전해, 필름카메라가 대중화되었으며, 현재는 디지털카메라 혹은 휴대폰 카메라를 통해 사진 촬영은 일상의 한 부분으로 자리잡았습니다. 디스플레이로서 사진은 사물을 있는 그대로 보여준다는 점에서 획기적인 발명이었습니다. 초기에 사진술은 과학적 측면에서 주로 다루어졌는데, 그 시대의 많은 초상화가들은 순식간에 자신들을 대체해 버릴 사진기술에 상당한 두려움을 느끼고 있었다고 하며, 프랑스의 역사가인 '폴 들라로슈(Paul De La Roche)'는 "회화는 죽었다"라고 까지 말했다고 합니다. 하지만 이를 계기로 사진과 회화가 상호 보완적이고 경쟁적으로 발전해 왔고 대량 출판 기술로도 이어졌다고 하니, '표현 방식' 즉 '디스플레이 방식'의 변화가 사회와 예술에 미치는 영향은 상당히 컸다고 볼 수 있습니다.

이렇듯 위대한 기술로 인정받는 사진 기술이었지만, 사진은 멈춰있는 장면을 보여줄 뿐, 움직이는 표현은 프락시노스코프(Praxinoscope) 같은 형태로만 존재했습니다.

움직임을 담아내다 : 영사기(映寫機, Movie Projector)의 발명

1895년 12월 29일, 프랑스 파리의 한 카페에 모인 수십 명의 관객들은 조명이 꺼지자 갑자기 자리에서 일어나 뒤로 도망치기 시작했습니다. 이는 다름 아닌, 122년 전 프랑스의 뤼미에르 형제(Nicholas Lumière, Jean Lumière)가 만든 세계 최초의 영화 '기차의 도착'을 본 관객들의 모습을 묘사한 것입니다.

Video

Link : <https://youtu.be/ExhKGhku3Dw>

▲ 뤼미에르 형제의 '기차의 도착'

움직이는 영상을 처음 본 관객들이 영화 속에서 기차가 앞으로 다가오는 화면을 보자, 실제로 착각해 도망을 쳤던 유명한 일화입니다.

영사기는 미국의 에디슨이 1889 년에 키네토스코프(Kinetoscope)를 발명하며 최초로 등장했습니다. 키네토스코프는 지금처럼 커다란 화면으로 영화를 볼 수 있는 것은 아니었습니다. 작은 구멍을 통해 한 명씩 들여다보아야 하는 방식이었죠. 하지만 움직이는 사진, 즉 영상을 처음 접한 이들은 이것을 들여다보는 것조차 대단히 놀라운 구경이었다고 전해집니다.

이후 여러 사람이 볼 수 있는 방식의 영사기가 동시다발적으로 발명되기 시작했고, 가장 널리 알려진 영사기는 앞서 영화 '기차의 도착'을 제작한 뤼미에르 형제의 '시네마토그래프(Cinématographe)'입니다. 시네마토그래프의 등장 이후 본격적인 대중 영화시대가 열리게 됩니다.

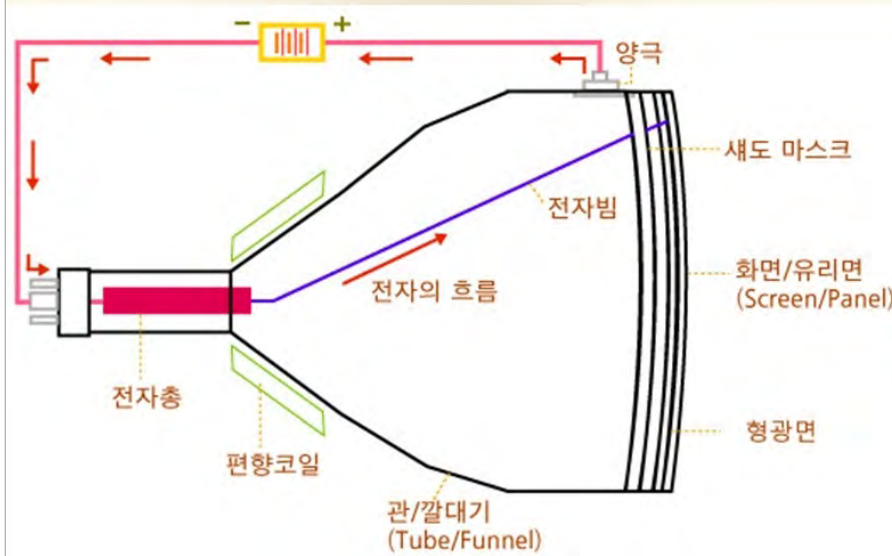
20 세기에 이르러 우리가 현재 접하는 디스플레이 장치들이 본격적으로 등장합니다. 1897 년 독일의 K.F 브라운(Karl Ferdinand Braun)이 음극선관(陰極線管, Cathode-Ray Tube, 약자 CRT)을 개발하면서 전자 디스플레이의 혁신이 또 한번 이루어집니다.

전자 디스플레이의 탄생 : 음극선관(CRT, Cathode Ray Tube)을 발명하다

디스플레이의 역사는 인간의 보고자 하는 욕망을 충족시키기 위해, 더 선명하고 생생한 화질을 표현하는 방향으로 발전해 왔습니다. 그 중에서 가장 역사가 길고 많은 사람들이 사용한 전자 디스플레이는 바로 음극선관입니다.

1897 년 독일의 물리학자인 브라운(Karl Ferdinand Braun)이 발명했기 때문에 흔히 브라운관으로도 불립니다. 해상도, 휘도 및 자연색 표시 등 디스플레이 성능에 있어 다른 디스플레이 장치와 비교해 매우 우수하고, 가격도 저렴한 편이기 때문에 LCD 등 평판디스플레이가 주류인 아직까지도 사용되고 있습니다.

음극선관은 내부의 전자총(Electron Gun)이 전자를 발사해 화면의 형광체에 부딪혀 빛을 내는 방식입니다. 조금 더 구체적으로 들여다 보면, 먼저 음극선관 뒤쪽의 전자총에서 전자를 방출시킵니다. 그리고 방출된 전자는 종착지인 형광체가 도포된 화면에 도달해 형광체와 충돌하면서 빛을 내게 됩니다. 이 과정에서 원하는 위치의 화면에서만 빛을 내도록 하기 위해 촘촘하게 많은 구멍을 뚫어 놓은 섀도우 마스크(Shadow Mask)를 통과하는 것이 핵심 작동 원리입니다.



컬러보다 먼저 개발된 흑백 음극선관은 흰색을 내는 형광체가 화면 뒤쪽에 발라져 있고, 나중에 개발된 컬러 음극선관은 R, G, B의 색을 각각 내는 도료를 픽셀마다 발랐으며, 색도 마스크에도 R, G, B의 위치에 전자가 정확히 충돌할 수 있게끔 각각의 구멍을 뚫어 놓았습니다.

음극선관은 해상도, 색 표시능력, 빠른 응답속도와 낮은 가격 등의 뛰어난 장점에도 불구하고, 부피가 크고 무겁다는 단점 때문에 2000 년대에 접어들어 평판디스플레이(FPD, Flat Panel Display)에 시장을 내어주게 됩니다.

하지만 음극선관의 발명은 TV 방송이라는 새로운 미디어의 등장과 확산을 일으킨 결정적 계기라는 점에서 큰 의의가 있습니다. 1931 년 미국에서 세계 최초로 흑백 TV 시험방송이 개시되면서 음극선관은 곧 텔레비전의 대명사가 되었고, TV 방송의 여파는 다시 음극선관의 대중화를 가져오게 됩니다.

디자인을 혁신하다 : 평판 디스플레이의 등장

대표적인 평판 디스플레이로는 크게 LCD, PDP, OLED 3 가지를 꼽을 수 있습니다. 평판 디스플레이의 등장으로 '벽걸이 TV'로 불리는 얇고 가벼운 디자인의 디스플레이 생산이 가능해졌고, 동시에 음극선관으로는 어려웠던 40 인치 이상의 대화면 디스플레이를 위한 연구개발도 빠르게 진행됐습니다.

LCD(Liquid Crystal Display, 액정표시장치)는 '액정'을 핵심 소재로 한 평판 디스플레이입니다. 액정(液晶, Liquid Crystal)이란 액체와 고체의 성질을 함께 가지고 있는 물질로, 고체의 결정이 갖는 규칙성과 액체의 성질인 유동성을 모두 지닌 물질이라는 뜻에서 액체결정, 줄여서 액정이라고 부릅니다. 의외로

액정은 상당히 오래 전에 발견되었습니다. 액정은 1854 년 처음 발견되었고, 1888 년 오스트리아의 생물학자 라이니처(Friedrich Reinitzer)에 의해 비로소 '액정'이라는 이름을 최초로 부여 받게 됩니다.

이후 1920 년대에는 많은 연구자들이 약 300 여종의 액정을 합성해 발표했고, 액정에 전기 자극을 주어 상태를 변형하는 연구로 이어집니다. 1960 년대에는 액정이 광학적 효과를 나타낸다는 사실이 과학 학술지 네이처(Nature)에 발표되었고, 이때부터 액정의 실용화 연구는 본격 궤도에 올라 이후 다양한 방식의 LCD 가 화질과 성능을 높여 제품화되기에 이릅니다.



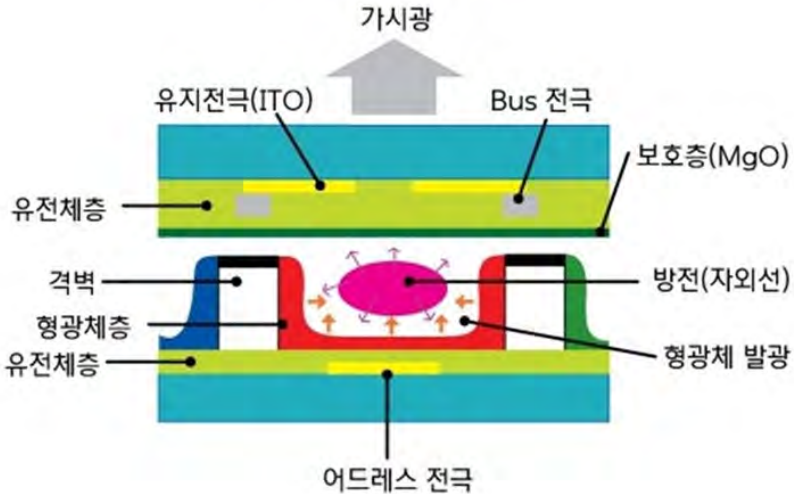
LCD 는 정보를 표현하기 위해 외부의 빛(광원)을 필요로 하는 수광형 디스플레이입니다. 따라서 패널 뒷면에서 백색의 빛을 비추는 백라이트유닛(Back Light Unit)이 필요하고, 컬러필터(Color Filter)를 통해 색을 구현하게 됩니다.

LCD 개발 초기에는 음극선관과 비교해 화면 크기, 색 재현력과 화질 등이 턱없이 낮은 수준이었으나, 꾸준한 연구개발로 100 인치가 넘는 초대형/고해상도 TV 를 비롯해 스마트폰과 같은 중소형 기기에 적합한 디자인과 성능을 갖춰 현재 가장 널리 사용되는 디스플레이로 발전했습니다.

LCD 와 거의 동시대에 평판 디스플레이로 등장한 기술은 바로 PDP 입니다. PDP 는 플라스마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel)로 기체 방전 시에 생기는 플라스마로부터 나오는 빛을 이용해 문자 또는 그래픽을 표시하는 디스플레이입니다. 플라스마를 이용한 디스플레이는 1927 년 벨 연구소의 Gray 등이 처음으로 가스 방전 표시장치를 개발한 것을 시초로 1964 년 일리노이대학의 Bitzer 와 Slottow 에 의해 본격적인 PDP 의 기본 구조를 갖춘 연구가 시작되었습니다.

PDP 는 상·하 유리기판에 설치되는 전극 사이에 네온(Ne), 아르곤(Ar) 또는 제논(Xe)과 같은 불활성 가스를 밀봉하고 전압을 인가하면 플라스마가 생성되는데, 이때 기체 방전으로 발생하는 자외선이 R·G·B 로 구성된 형광체를 자극해 색상과 밝기를 나타내게 원리로 구동됩니다. 이런 방식으로 R·G·B 로 빛나는 픽셀 단위의 미세한 형광등을 무수히 배치하여 각각의 형광등을 빠른 속도로 점등시키거나 소등시킴으로써 통합된 영상을 나타내게 됩니다.

PDP의 발광 원리



PDP 는 평판 디스플레이임에도 CRT 에 버금가는 뛰어난 밝기와 빠른 응답 속도, 광시야각, 대형화면 제작의 유리한 장점을 통해 특히 디지털 TV 방송 개시 시점에 큰 인기를 얻었으나, 열이 많이 발생하고 전력소비가 커 LCD 와의 기술 경쟁에서 뒤처지며 생산이 중단되는 운명을 맞았습니다.

차세대 평판 디스플레이로 가장 각광받고 있는 디스플레이는 바로 OLED 입니다. OLED 는 유기발광다이오드(Organic Light Emitting Diode)의 약칭으로, 전류를 가하면 자체 발광하는 물질을 이용한 첨단 디스플레이입니다.

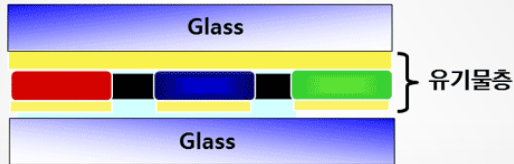
OLED의 발광 원리



OLED 발광은 1963 년 M. Pope 등이 고체 상태의 유기재료인 안트라센 (Anthracene) 단결정을 이용해 발광 현상을 관측하였고, 1986 년 미국 Kodak 사의 탕(C.W. Tang) 연구진이 유기 단분자 정공 주입층을 도입해 저전압으로 구동하는 유기 전계 발광소자를 개발하면서 획기적인 발전 계기를 마련했습니다. 이후 삼성디스플레이가 2007 년에 세계 최초로 본격적인 대량 생산을 시작하면서 아몰레드폰을 비롯해 대중화를 이뤘습니다.

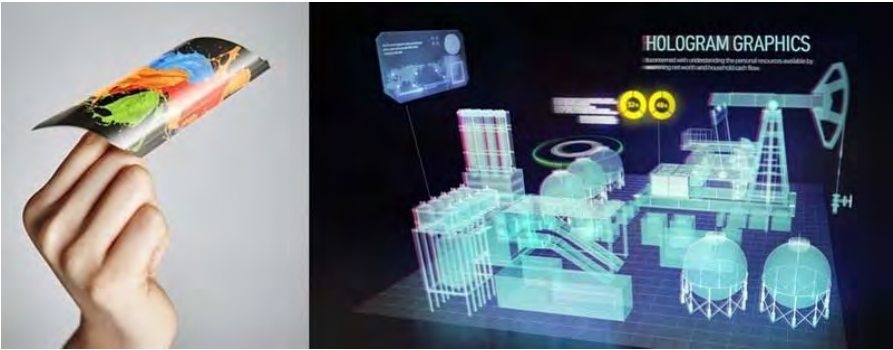
OLED 는 자체 발광 물질을 사용하기 때문에 LCD 와 달리 백라이트, 액정, 컬러필터 등 복잡한 구조가 불필요해, 소비전력이 적으며 가볍고 얇은 구조를 구현할 수 있습니다. 특히 OLED 는 자연색에 가까운 풍부한 색재현력과 빠른 응답속도 때문에 멀티미디어 기기로 변하고 있는 휴대폰을 비롯해 태블릿, VR 등 다양한 IT 기기의 디스플레이로 채택이 급속히 확대되고 있습니다.

OLED 구조도



미래 디스플레이 현실이 되다

영화 '마이너리티 리포트'에는 제스처로 컨트롤 되는 홀로그램 디스플레이가 등장합니다. 또 영화 '해리포터'에는 구부리고 접거나 두루마리처럼 둘둘 말아서 들고 다닐 수 있는 '동영상 신문'이 등장해 상상력을 자극했습니다. 현재 미래 디스플레이로 불리는 대표적인 제품은 플렉시블(Flexible) 디스플레이입니다.



플렉시블 디스플레이의 일부는 이미 영화 속에만 머물지 않고 우리의 현실 속에서도 접할 수 있습니다. 플렉시블의 가장 최초의 단계인 벤디드(Bended) 형태는 삼성디스플레이의 플렉시블 OLED 를 탑재한 갤럭시 노트 엣지를 통해 2014 년에 최초로 상용화되었고, 그 이후 발전을 거듭해 더욱 아름답고 효율적인 곡률을 갖춘 엣지 디스플레이로 계속 진화하고 있습니다. 벤디드 형태 이후의 플렉시블 디스플레이로는 접을 수 있는 폴더블(Foldable)과 둘둘 감기는 롤러블(Rollable)이 시장의 큰 관심과 기대를 받고 있고, 더욱 먼 미래에는 늘어나는 형태의 스트레처블(Stretchable) 디스플레이의 등장도 예상됩니다.

플렉시블 외에도 영화 '스타워즈'에 등장했던 '홀로그램' 디스플레이도 꾸준한 관심을 받고 있습니다. 삼성디스플레이는 미국에서 열린 국제 디스플레이 전시회 SID 2016 에서 '디지털 홀로그래픽 3D' 제품을 선보이며 홀로그램 기술의 가능성을 보여줬습니다. 홀로그램은 아직 상용화까지는 많은 과제가 있지만, 플렉시블 디스플레이들이 점차 현실화 되고 있듯이, 언젠가는 우리 주변에서 쉽게 볼 수 있는 대중적인 디스플레이가 될 것으로 기대되고 있습니다.



우리가 흔히 말하는 디스플레이. 조금 더 정확하게 말해서 '전자 디스플레이 장치(Electronic Display Device)'라고 하면 어떤 것들이 떠오르시나요? 디스플레이 장치의 용도에 따라서 구분해 본다면, 아마도 TV, 모니터, 노트북, 태블릿 그리고 스마트폰 등 일상생활에서 자주 접하는 전자 기기들을 떠올리는 분들이 많을 것 같습니다.

디스플레이의 역사를 두고 생각해 본다면, 과거에는 브라운관이라고 불린 배불뚝이 CRT가 대표적인 디스플레이였고, 최근에는 얇고 평평한 LCD나 OLED와 같은 평판디스플레이(FPD)들이 떠오르기도 합니다. 이렇듯 너무나 유명해서 설명이 따로 필요 없는 디스플레이 장치들도 있는 반면, 잘 알려져 있지 않은 제품과 기술도 있기 때문에 이번 편에서는 전자 디스플레이 장치들의 종류를 구분해 보고 각각의 특징들을 소개해 드리겠습니다.

디스플레이 장치의 분류

전자 디스플레이의 종류를 구분하는 방식은 여러 가지가 있습니다. 표시 방식에 따라 디스플레이에 직접 내용을 표시하는 직시형(Direct View Type)과 벽면의 스크린이나 유리판에 내용이 비치도록 표시하는 투사형(Projection Type)으로 구분하기도 하고, 소자의 자체 발광 여부에 따라 발광형과 비발광형으로 구분하기도 합니다.

최근 전자 디스플레이로 OLED와 LCD가 큰 시장을 형성하고 있는 점에 비추어 분류해 보면, 소자가 직접 빛을 내 색을 구현하는 발광형(Emissive-Display)과 외부의 빛을 받아 색을 표현하는 비발광형(Non-Emissive Display)으로 나눌 수 있습니다.



발광형인 CRT, PDP, ELD(OLED류)와 비발광형인 LCD는 앞에서 자세히 다루었으므로, 이번 시간에는 이전에 소개되지 않았던 디스플레이 장치에 대해서 알아보겠습니다.

VFD (Vacuum Fluorescent Display)

먼저 발광형 디스플레이인 VFD(Vacuum Fluorescent Display)는 '진공 형광 디스플레이'라고도 부릅니다. VFD는 1965년에 오쿠보 마사오 등에 의해 발명돼, 1970년~1980년대에 전자계산기의 왕성한 수요에 따라 급속하게 발전했습니다. 이후 VFD는 오디오 및 카오디오의 표시장치, 전자 게임기의 디스플레이 등으로 활약하게 됩니다. 특히 당시 컬러를 구현하기 어려웠던 LCD에 비해 차별화 포인트가 있었습니다. 그러나 90년대 LCD의 급격한 발전과 저소비전력이라는 트렌드에 밀려 VFD는 사용량이 상당히 감소하게 됩니다.

Video

Link : <https://youtu.be/k-6r1sjnxI0>

▲ VFD 구동 영상

VFD는 양극과 그리드(Grid), 음극의 3종류의 전극으로 구성되며, 사용자가 화면을 보는 측에 투명하게 밀봉된 전자관이 존재하는 형태입니다. 음극에서 전자를 방출하면 그리드에서 이를 조절해 양극에 충돌시키고, 이 때 방출된 전자선에 의해 양극 위에 도포된 형광체가 발광하는 원리입니다. 발광 방식으로 보자면, 전자선을 쏘아 형광체에서 빛이 나도록 하는 CRT와 유사한 방식으로 볼 수 있습니다. 다만 전자선의 전압이 CRT는 수kV이상으로 무척 높지만, VFD는 50V 이하로 무척 낮다는 점이 다릅니다.

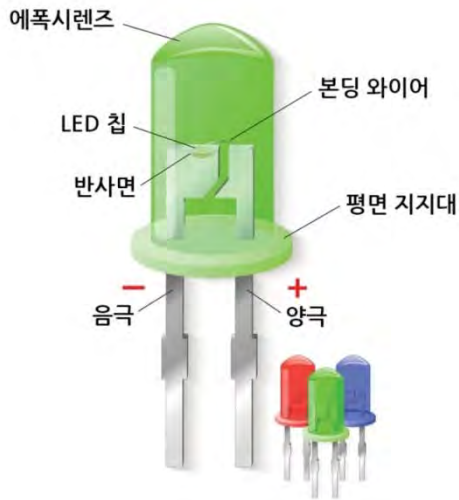
LED (Light Emitting Diode)

다음으로 LED(발광다이오드, Light Emitting Diode) 디스플레이에 대해서 살펴보겠습니다. LED는 무척 익숙한 이름인데요. 현재 각종 조명이나 광원으로 널리 사용되고 있기 때문입니다. 기존 전구들에 비해 전력소모가 상당히 낮았고, 소자의 수명은 반대로 훨씬 길었기 때문에 각종 조명들을 대체하고 있으며, 자동차나 전자기기 등에 없어서는 안될 부품으로 자리잡았습니다.

LED는 이름 그대로 반도체로 된 다이오드의 일종입니다. 다이오드란 '양전극 단자에 전압을 걸면 전류가 한 방향으로만 흐르는' 이른바 '정류작용'을 하는 소자입니다. 이때 정류방향으로 전압을 주면 전류가 흐르고, 전자와 정공이 재결합해서 그때 발생하는 에너지의 일부가 빛으로 나타나는 원리입니다. 일반적으로는 '빛을 내는 반도체'라고 쉽게 표현되기도 합니다.

LED

(Light Emitting Diode)



Video

Link : <https://youtu.be/4y7p9R2No-4>

▲ LED 구동 원리

LED로 디스플레이를 구현하는 가장 일반적인 방법은 LED 한 개를 픽셀 하나로 매칭하는 방식을 통해, 수백만 개의 LED소자를 집약한 형태로 구성하는 것입니다. 대표적인 것이 야외에서 사용되는 거대한 LED 전광판입니다. LED는 상당히 밝은 빛을 낼 수 있으므로 햇볕 아래에서도 시인성이 무척 좋기 때문입니다. 삼성전자에서는 세계 최초로 극장 전용 LED '시네마 스크린' 제품을 공개했는데, 기존의 프로젝터형 스크린 영사기에 비해 더 밝고 생생한 화질 표현이 가능해져, 이제는 LED가 야외 뿐 아니라, 실내에서도 고화질 디스플레이로 활용되기 시작함을 알 수 있습니다.

또한 최근에는 이러한 LED의 크기를 아주 작게 만들어 TV로 활용하는 '마이크로 LED' 연구도 진행되고 있습니다. '마이크로 LED'란 LED 소자의 크기를 5~10 마이크로미터(μm) 수준으로 줄인 초소형 LED를 말합니다. LED 소자 자체를 픽셀로 활용할 수 있기 때문에 상용화가 된다면 휘어질 수 있고 전력소모도 무척 낮은 제품을 만들 수 있을 것으로 기대됩니다.

ECD (Electrochromic Display)

ECD는 스스로 발광하지는 않는 비발광형 디스플레이로 고체나 액체에 전압을 주어 색변화를 이용하는 방식입니다. 전기변색 재료를 사용하기 때문에 일명 '전기변색 디스플레이'라고도 부릅니다. 일반적으로 물질은 한가지의 색만을 내는데, 특수한 경우에는 색 또는 투명도를 바꾸는 현상이 있습니다. 이를 전기를 통하여 구현하는 경우 이것을 전기변색이라고 부르며, 변색재료에 전압을 인가하면 산화/환원 반응에 의해 재료에서 빛을 내는 특성이 변화되기 때문에 투과광이나 반사광의 강도를 조절해 디스플레이로 활용할 수 있습니다.

ECD는 LCD와 달리 편광판을 사용하지 않기 때문에 표시가 밝고, 시야각이 넓으며, 눈부심이 없어 보기에 편하다는 장점이 있습니다. 또한 메모리 기능이 있어 계속 전력을 공급하지 않더라도 표시가 지속되는 특성이 있으므로, 사용 방식에 따라 소비전력을 줄일 수 있습니다.

Video

Link : https://youtu.be/OhqMMbJ_w40

▲ ECD 구동 원리

ECD는 빛의 투과도를 조절할 수 있는 특성 때문에 최근 투명 디스플레이 분야에서 주목받는 기술입니다. 특히 투명한 창문에 정보를 표시하는 것은 물론, 햇빛의 투과를 조절하는 커튼의 용도로도 사용할 수 있는 스마트 윈도우에 접목하기에 적합한 기술로 기대되고 있습니다.

EPID (Electrophoretic Image Display)

EPID는 전하를 띠고 있는 입자를 전기장에 의해 이동시키는 '전기영동(electrophoresis)'이라는 현상을 이용한 디스플레이입니다. 간단히 예를 들면,

양극에 붙는 검은색 입자와 음극에 붙는 흰색 입자를 배치한 후에, 글자나 숫자를 표현하려는 부분에만 양극을 주면 해당 부분에 검은색 입자가 달라붙어 검게 표시가 되고, 나머지 부분에는 흰색이 표시되는 원리입니다. EPID는 높은 명암비와 밝은 표기, 저전력, 낮은 제조비용, 용이한 대형화, 메모리 기능이 장점으로 꼽히며, EPID를 활용한 대표적인 제품으로 'E-Ink'가 있습니다.

Video

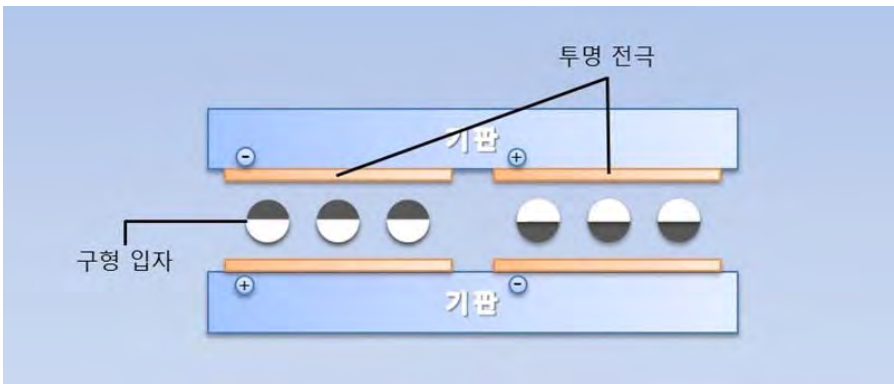
Link : <https://youtu.be/6NRT8E5-reM>

▲ E-Ink 구동 원리

TBD (Twisting Ball Display) & SPD (Suspended Particle Display)

마지막으로 소개해 드릴 디스플레이 장치는 '입자 회전 방식'을 활용한 디스플레이들입니다. 이 디스플레이들은 디스플레이 각각의 셀 안에 존재하는 입자를 회전시키는 방식으로 색을 구현하거나, 투명성을 드러내기 때문에 그렇게 부릅니다.

TBD(Twisting Ball Display)는 '색 분류입자 회전형 디스플레이'라고 불리며, 오일로 가득채운 셀 안의 서로 다른 색을 표현하는 입자를 전기를 이용해 반대방향으로 회전시키는 방법으로 구현합니다. 아래 이미지처럼 구형 입자의 반구마다 서로 다른 색을 표시하는 물질로 구성된 후, 각 물질의 전하량이 서로 다른 점을 이용해 입자를 회전시키는 것이죠. 앞서 소개해 드린 EPID가 색이 다른 입자들을 컨트롤 하는 원리라면, TBD는 하나의 입자에 2개의 색을 입힌 후 그 입자의 방향성을 컨트롤 해서 원하는 표시를 하는 원리입니다.

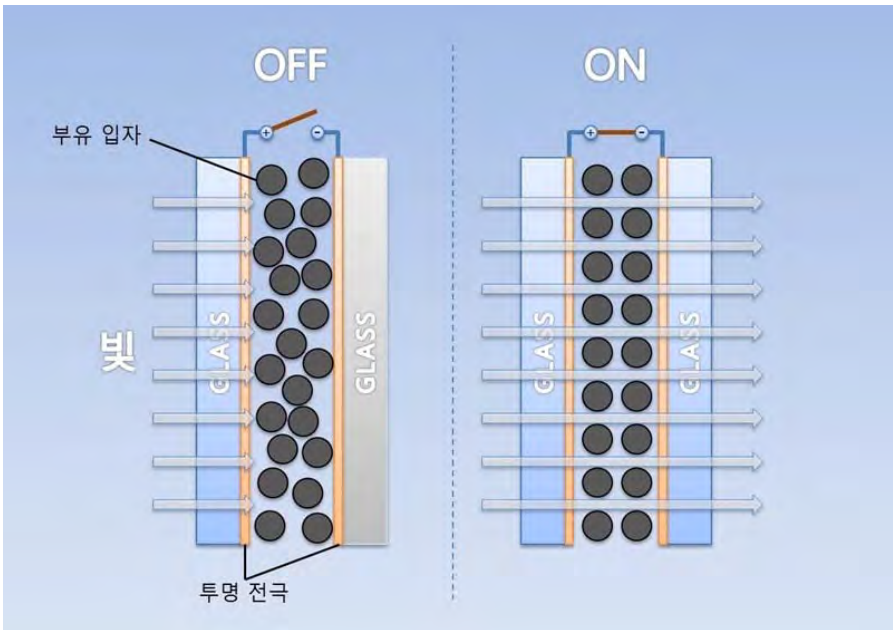


▲ TBD의 구조

또 다른 입자 회전 방식으로는 '분산입자 회전형 디스플레이'라고 불리는 SPD(Suspended Particle Display)가 있습니다. 'Suspended Particle'은 '부유 입자'라는 의미로, 셀 내부에 둥둥 떠 있는 입자를 회전시킨다는 방식은 TBD와 동일하나 각각의 입자에 2가지 색을 내는 물질을 입히는 것이 아니라, 입자의 방향성을 조절해 빛을 투과하거나 막는 방식으로 정보를 표시합니다.

기본적으로 셀에 전기가 공급되지 않은 상태에서는 입자들이 불규칙한 형태로 떠있어 빛이 셀을 통과하지 못합니다. 하지만 전기를 공급하면 각 입자들

이 일관된 방향으로 배열되며, 이때 조절을 통해 입자들이 빛의 투과를 막는 단면적을 최소화 해 많은 빛을 통과할 수 있게 됩니다. 따라서 투명디스플레이로 활용하거나, 반사판을 덧대어 반사광을 활용한 디스플레이 형태로 사용할 수 있습니다.



▲ SPD의 작동 원리

오늘은 일반적으로 알려진 디스플레이 장치들 이외의 생소한 디스플레이 장치와 기술에 대해서 살펴보았습니다. 하지만 이 외에도 대중적으로 잘 알려지지 않은 디스플레이 장치와 기술은 여전히 많습니다. 디스플레이 기술의 발전이 지금껏 우리 삶의 편의를 더욱 높여주는 방향으로 발전해 온 만큼, 앞으로도 새롭게 등장할 미래 디스플레이에 대한 기대는 계속 이어질 것으로 예상됩니다.



1980~90 년대 유행했던 '테트리스', '팩맨', '보글보글'. 당시에 학창시절을 보냈던 사람들이라면 많은 사람들이 아는 게임입니다. 2015 년 개봉했던 영화 '픽셀'은 게임 속 캐릭터가 지구를 침략하는 내용으로, 이 캐릭터들은 모두 디지털 이미지를 이루는 가장 작은 단위인 '픽셀'로 형상화되어 있습니다.

Video

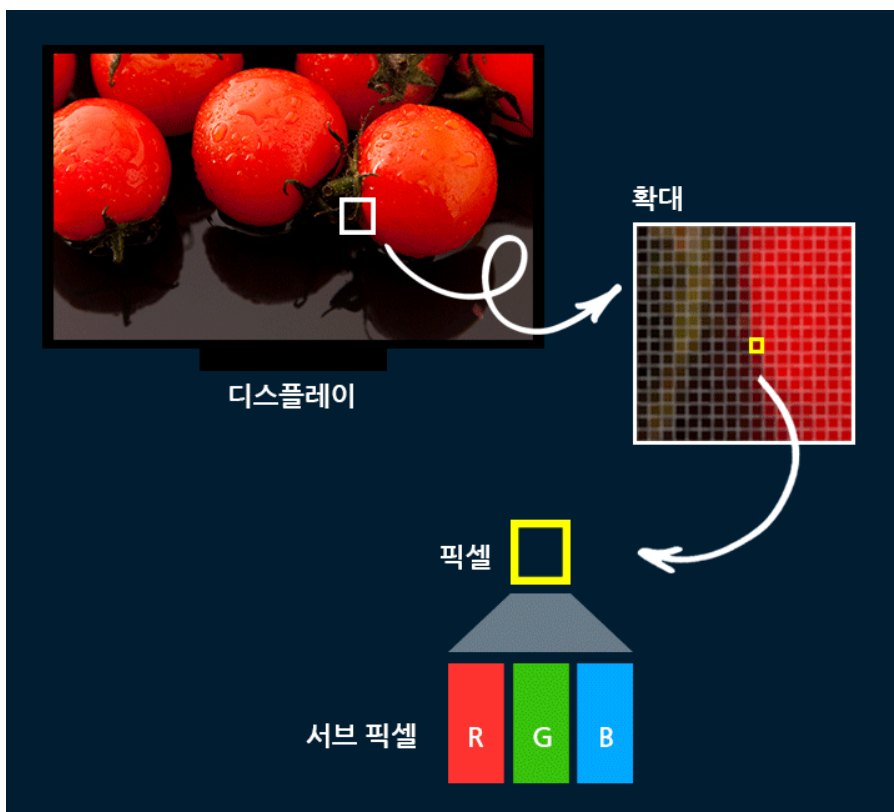
Link : <https://youtu.be/HuA0SChqiBg>

80~90 년대 DOS 기반의 운영체제를 사용하던 시절에는 컴퓨터 그래픽이 지금처럼 발달하지 않아, 화면에서 보는 이미지는 매끄럽지 않고 격자 무늬 같은 픽셀(Pixel)이 잘 보일 수 밖에 없었습니다. 당시 게임 그래픽이 거친 이유 중 하나는 모니터의 낮은 해상도 때문입니다. 깨끗하고 선명한 이미지를 감상하기 위해서 '화질'은 매우 중요한데요, 고화질 이미지 표현을 가능케 하는 주요 요소 중 하나가 바로 '해상도'입니다.

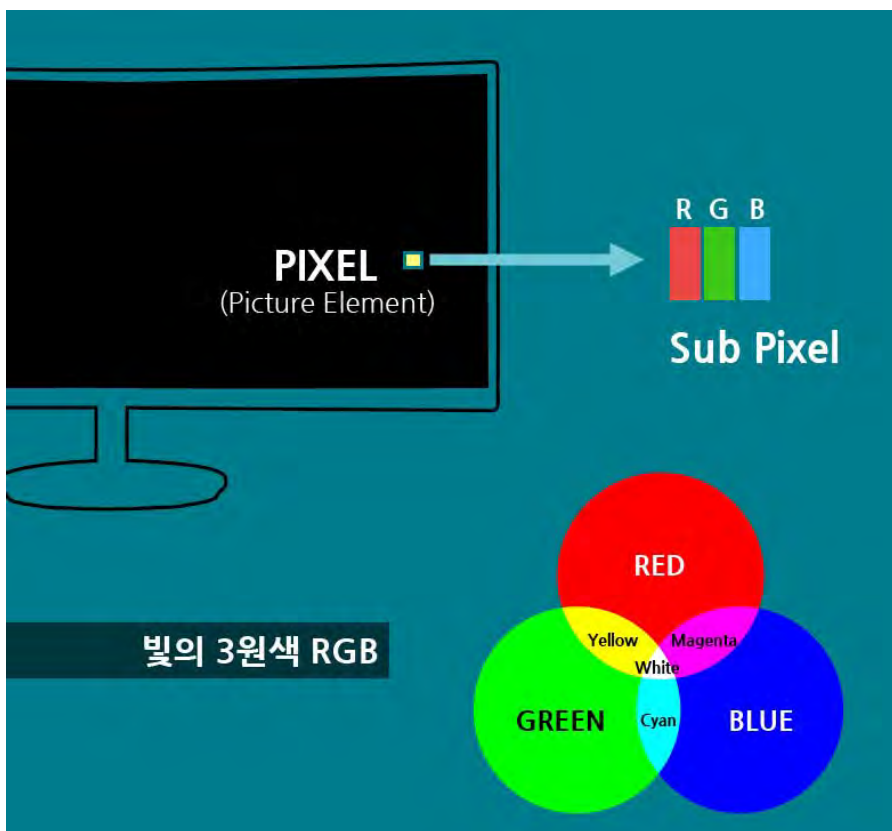
이번 편에서는 디스플레이의 가장 기본 요소 중 하나인 '픽셀'과 '해상도'에 대해 알아보도록 하겠습니다.

픽셀(Pixel)은 'Picutre(그림) Element(원소)'를 줄인 말로 '화소'라고도 불리며, 컴퓨터, TV, 모바일 기기 화면의 이미지를 구성하는 최소 단위입니다. 디지털 이미지들을 크게 확대해보면, 그림의 경계선마다 부드러운 곡선이 아닌 계단같이 연결된 작은 사각형들이 모여서 이미지를 형성하고 있는 것을 볼 수 있습니다. 이 작은 사각형이 바로 픽셀이며, 픽셀수가 많을 수록 좀 더 정교하고 매끄러운 이미지 표현이 가능합니다.

디스플레이의 각 픽셀들은 색(Color)과 계조(Grayscale) 값을 표현하기 위해서 더 작은 서브픽셀(Sub Pixel)로 구성되어 있습니다. 인접해 있는 서브픽셀들은 우리 눈에서 서로 다른 점으로 인지하지 않고 하나의 점으로 인식하는데요. 빨강(R), 녹색(G), 파랑(B) 각각의 서브픽셀들이 나타내는 빛의 조합을 통해 색을 표현합니다.

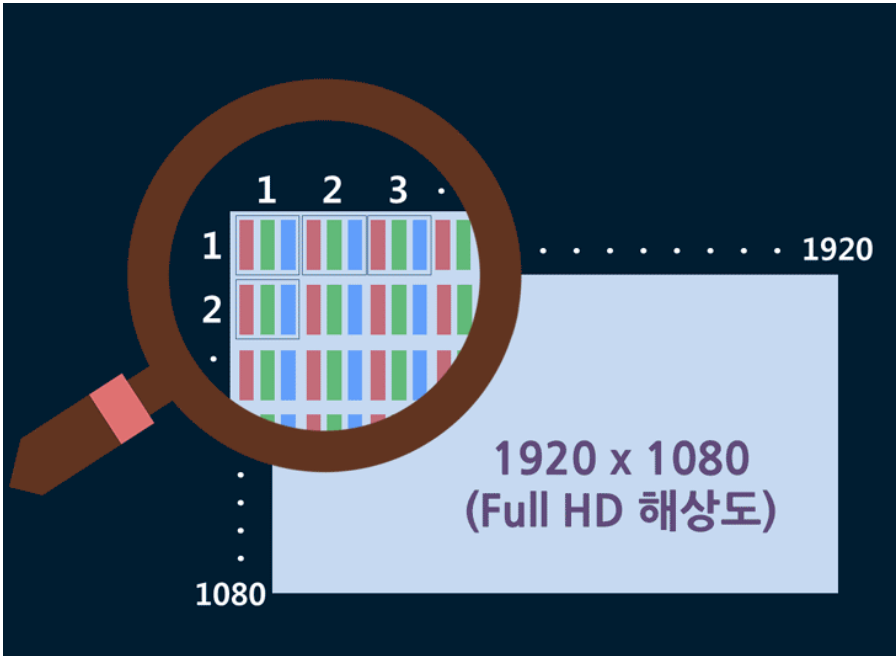


빛의 3 원색인 R, G, B 를 혼합하여 원하는 색을 만드는 방식입니다. 픽셀은 R, G, B 의 조합으로 이루어집니다. 예를 들어 Red + Green = Yellow, Red + Blue = Magenta, Blue + Green = Cyan, 그리고 Red + Green + Blue = White, RGB 모두 섞이지 않은 경우는 Black 이 되는 것입니다. 따라서 흰색은 R, G, B 서브픽셀이 모두 켜져 있는 상태이고, 반대로 검정은 모두 꺼져 있는 상태가 됩니다.



또 각 서브픽셀을 통과하는 빛의 양에 따라 계조 표시가 가능하여 표현 가능한 색의 수가 다양해집니다. 디스플레이에는 이런 픽셀이 많게는 한 화면에 수백만 개가 존재하며 각 픽셀이 전달받은 신호값에 따라 색을 표현하고 이미지를 형상화할 수 있는 것입니다.

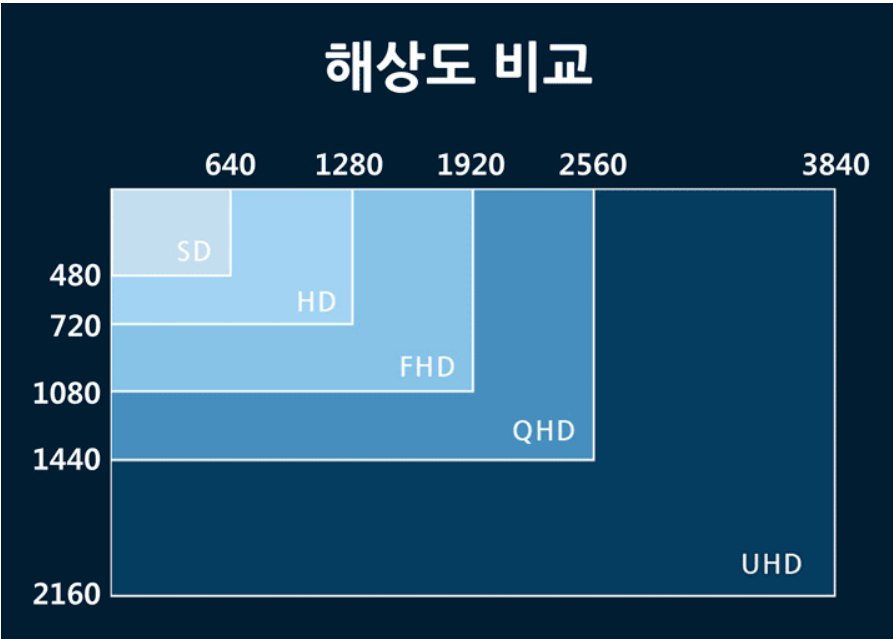
TV, 모니터, 스마트폰의 화질을 이야기할 때 가장 많이 거론되는 '해상도 (resolution)'는 한 화면에 '픽셀'이 몇 개나 포함되는지를 의미합니다. 보통 가로 픽셀수와 세로 픽셀수를 곱한 형태로 표현합니다. 픽셀이 많을 수록 고해상도의 선명한 이미지 표현이 가능합니다.



TV 기술은 해상도와 발전을 함께 했습니다. SD(Standard Definition)는 480 개의 주사선(픽셀)을 지원하는 브라운관 TV 의 대표적인 사양으로 4:3 화면 비율인 640 x 480 해상도입니다. 가로에 640 개의 픽셀이 위치하고 세로에는 480 개를 배열하여 총 30 만 7,200 개의 픽셀로 구성됩니다. HD(High Definition)TV 는 720 개의 픽셀을 지원하며 16:9 화면비가 일반적입니다. 1280 x 720 해상도로 92 만 1,600 개의 픽셀로 SDTV 보다 전체 픽셀수가 3 배 이상 늘어났습니다.

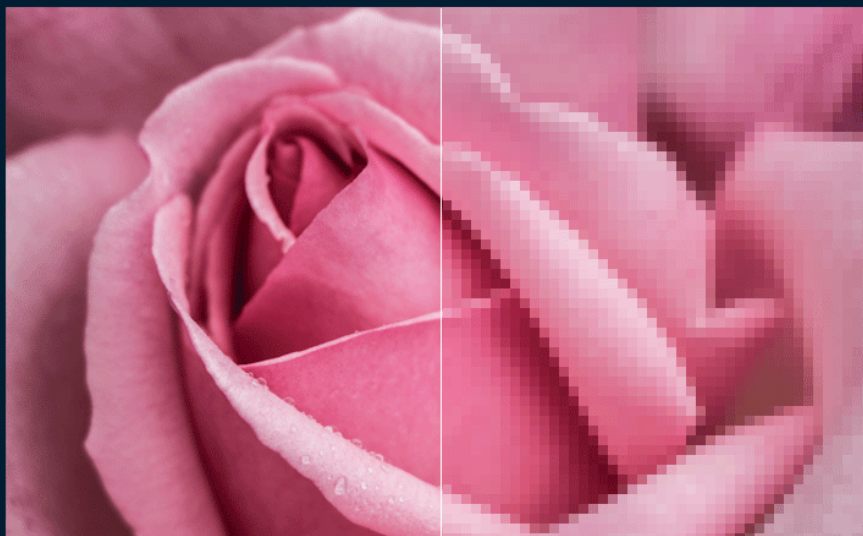
풀 HD(Full HD)TV 는 세로 1080 픽셀을 지원하며 HD 와 마찬가지로 16:9 화면 비율입니다. HD 보다 2 배 이상의 화질을 구현하는 1920 x1080 해상도로 최근 몇 년간 가장 많이 적용된 해상도입니다. 2014 년에는 UHD (3840 x 2160) TV 가 출시되기 시작했습니다. UHD 는 Ultra High Definition

의 약자로 4K 와 8K 로 구분됩니다. 4K 는 가로 픽셀이 약 4000 개(1K=1000) 이기 때문에 그리고 8K 는 가로 픽셀이 약 8000 개이기 때문에 붙여진 이름 입니다. (4K: 3840x2160, 8K: 7680x4320)

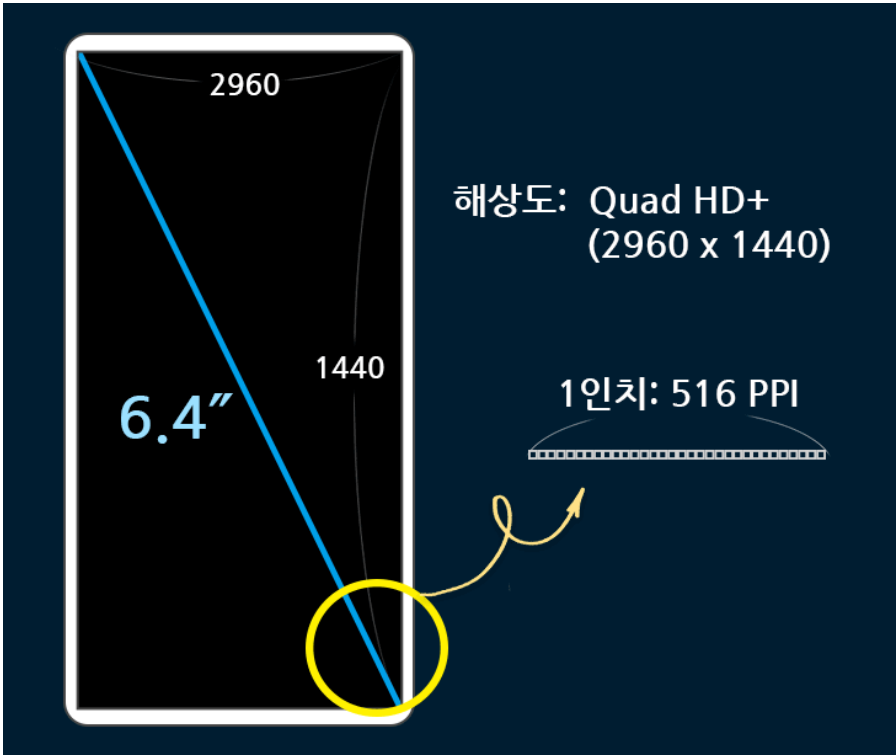


고해상도

저해상도

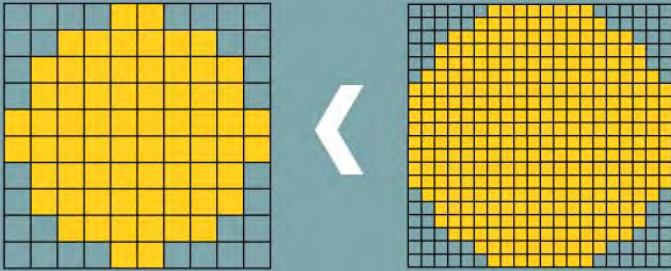


픽셀수의 많고 적음에 따라 디스플레이 크기별로 표현할 수 있는 이미지의 디테일도 달라집니다. 동일한 면적에 얼마나 많은 픽셀이 포함되느냐가 선명도의 중요한 척도가 되는 것입니다. 이는 PPI(Pixels Per Inch)로 확인이 가능합니다.



PPI는 1인치 안에 들어있는 픽셀수를 의미합니다. PPI가 높을수록 표현할 수 있는 픽셀 수가 많아지고 더 세밀한 이미지 표현이 가능해집니다. 동일한 6.4"의 스마트폰을 비교해보면 FHD(1920 x 1080) 해상도 제품의 PPI는 345이고 QHD+(2960 x 1440)해상도로는 516 PPI 입니다.

PPI (Pixel Per Inch) 1인치 안에 들어가는 픽셀수

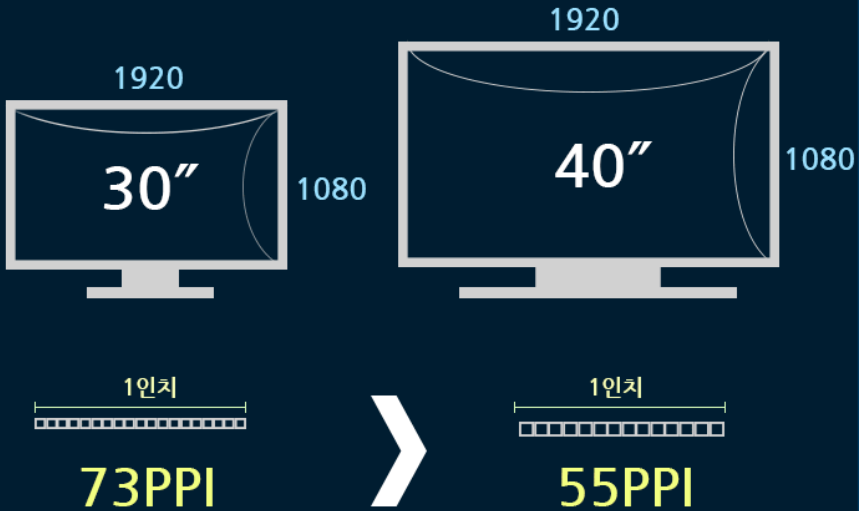


PPI가 높을 수록 더 선명하고 디테일한 이미지 표현이 가능하다



같은 면적에서 PPI 가 높은 QHD+가 FHD 보다 더 화질이 높은 이미지를 표현할 수 있게 되는 것입니다. 동일한 QHD+ 해상도라고 하더라도 6.0 형의 스마트폰은 550 PPI 입니다. 해상도가 같아도 면적이 더 작은 디스플레이에서의 이미지가 더 선명하고 세밀하게 보인답니다.

동일한 해상도라도 화면 사이즈가 다른
PPI가 달라진다.



최근에는 고해상도 콘텐츠가 꾸준히 증가하면서 4K 를 넘어 8K(7680×4320) 해상도를 처리하는 TV, 모니터, 콘텐츠 및 제반 인프라가 지속적으로 개발되고 있는 상황입니다. 일본에서는 2020 년 도쿄 올림픽을 8K 해상도로 중계할 예정이며 8K 시대를 위해 전자업체에서는 기술 공동개발에 나서기도 하였는데요. 더 생생하고 선명한 화질의 영상과 이미지를 체험할 수 있는 날도 머지않을 것으로 예상됩니다.



디스플레이 **툭**아보기

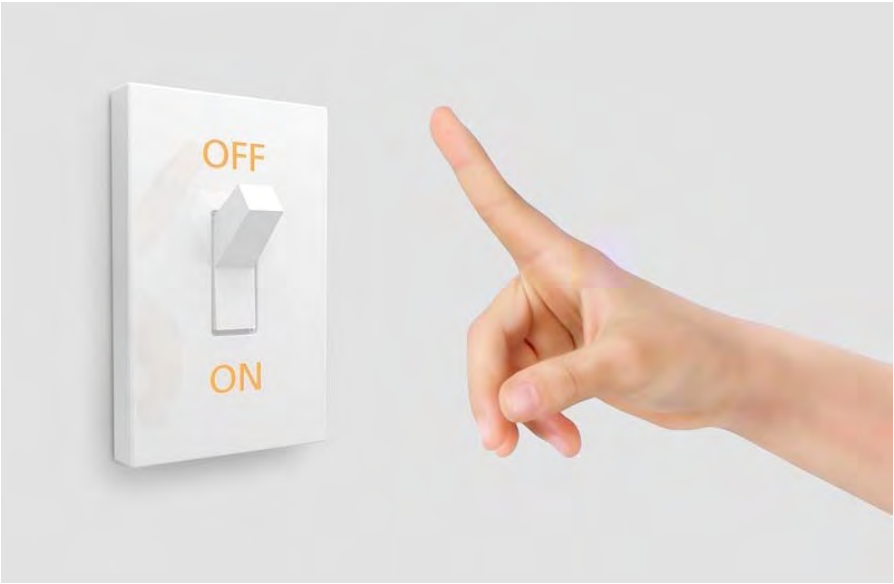
4 디스플레이의 보이지 않는 손 'TFT'

'보이지 않는 손(Invisible hand)', 영국의 고전 경제학자 '애덤 스미스(Adam Smith)'가 그의 저서 《국부론》에서 '시장 경제의 보이지 않는 자율 작동 원리'를 표현하기 위해 사용했던 유명한 말이죠.

OLED와 LCD에도 화면을 조화롭게 표현하기 위한 '보이지 않는 손'이 있다는 사실 알고 계셨나요? 이번 시간에는 너무 작아서 눈에는 보이지 않지만, 디스플레이의 기본 단위인 픽셀을 조절하는데 없어서는 안되는 보이지 않는 손 'TFT(박막트랜지스터)'를 알아보겠습니다.

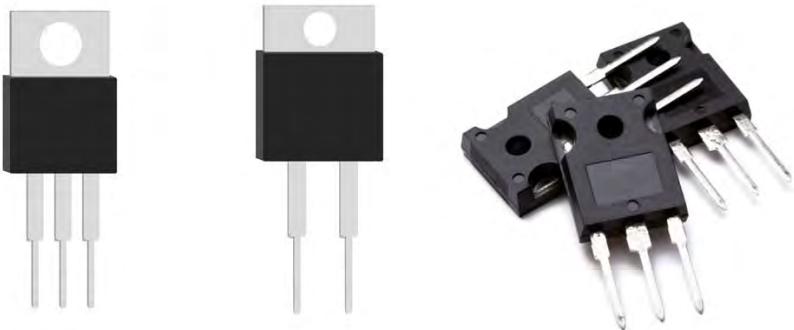
TFT 란 무엇?

TFT란 'Thin Film Transistor'의 약자로 우리 말로는 '박막트랜지스터'라고 부릅니다. Thin Film은 얇은 필름이라는 뜻으로 이해가 갈 듯 한데, 트랜지스터는 무엇인지 쉽게 와 닿지는 않습니다.



트랜지스터란 일종의 '스위치'입니다. 전등을 켤 때 우리가 스위치를 누르듯이, 디스플레이에도 화면을 켜고 끄는 스위치가 필요합니다. 흔히 교과서에서 볼 수 있는 전통적인 트랜지스터는 다음 그림과 같은 모형입니다.

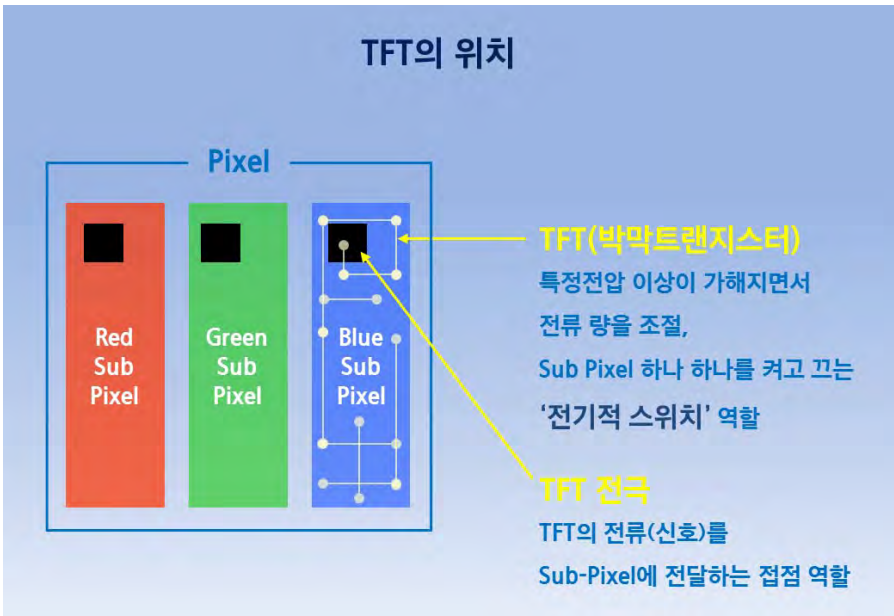
전통적인 트랜지스터 모형



디스플레이의 트랜지스터인 TFT는 그림 어떻게 스위치의 역할을 한다는 것
일까요? 수 많은 픽셀들이 모여 하나의 화면을 표현하기 위해, 각 픽셀의 빛
을 조절하는 것이 바로 TFT의 역할입니다.

TFT 는 어디에 있을까?

위 그림과 같이 픽셀은 다시 세부적으로 적/녹/청색을 내는 서브픽셀(Sub-
Pixel)로 나뉘고 이 서브픽셀의 휘도(밝기)를 각각 조절해 우리가 보는 한가지
색을 표현하게 됩니다. TFT는 각 서브픽셀의 아래에 일정한 크기로 위치하며,
그림에서 검은색으로 표시된 TFT전극을 통해 서브픽셀을 조절합니다.

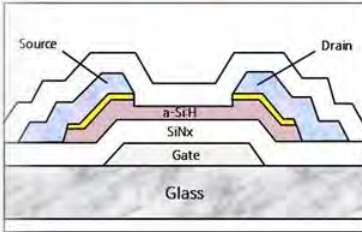


TFT 는 어떻게 생겼을까?

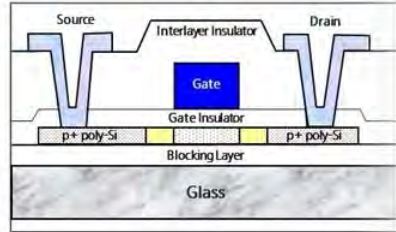
그럼 TFT의 생김새를 조금 더 자세히 들여다 보겠습니다. 다음 그림은
TFT의 기본적인 형태로 세로로 잘라 단면을 본 모습입니다.

TFT 단면도

a-Si TFT



LTPS TFT



TFT의 역할은 '스위치'라고 말씀 드렸죠. 결국 TFT에서 출발해 OLED의 경우에는 유기물층(EML), LCD의 경우에는 액정까지 전기 신호가 원하는 만큼 전달되어야 합니다.

TFT 제작은 유리 또는 PI 기판(Glass or Flexible)위에 전류가 흐를 수 있는 Active 층을(Poly-Silicon) 형성하고 그 Active 층을 구동하기 위한 전극인 게이트(Gate), 소스(Source), 드레인(Drain)을 형성 합니다. 전류의 흐름을 결정하는 수도꼭지와 같은 역할을 하는 Gate에 전압을 가해주면, Source와 Drain 전극 사이에 Hole(정공)들이 모이게 되면서, 채널(Channel)이 형성되고 Source에서 Drain으로 전류가 흐르게 됩니다. 이렇게 흐른 전류가 각 서브 픽셀에 전달되면서 각 전류량에 따라 서브 픽셀이 각각의 밝기로 구동 하게 되는 것입니다.

Video

Link : <https://youtu.be/IcrBqCFLHIY>

▲ 트랜지스터의 원리

TFT 의 종류와 특징

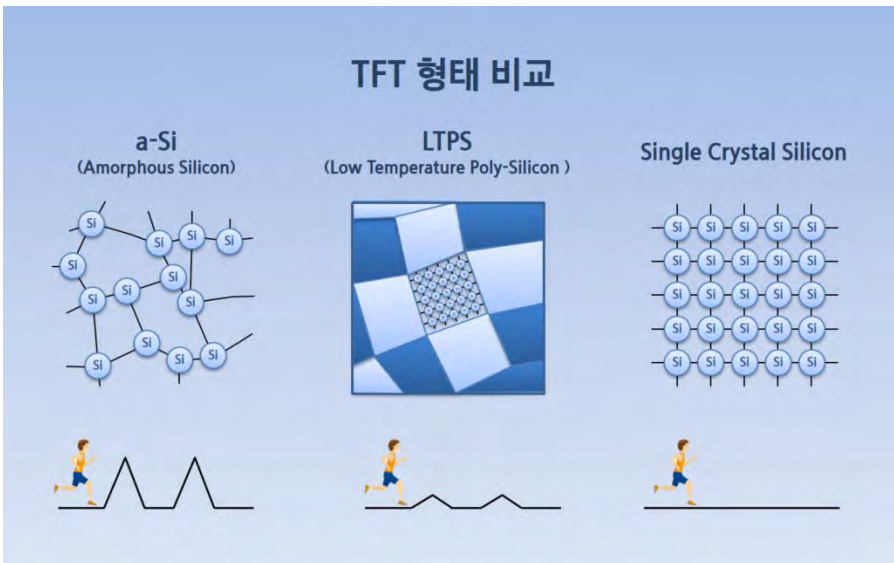
현재 디스플레이에 사용되는 TFT는 TFT를 만드는 재료의 특성에 따라 크게 2가지가 가장 많이 사용됩니다. 하나는 a-Si 재료 기반 TFT이고 다른 하나는 LTPS 재료 기반의 TFT입니다.

a-Si은 'Amorphous Silicon(아모퍼스 실리콘)'의 약자로 문자 그대로 번역하자면 '정해진 형태가 없는 실리콘', 정식 명칭으로는 '비정질 실리콘'으로 불립니다. LTPS 는 'Low-Temperature Polycrystalline Silicon'의 약자로 '저온 다결정 실리콘'이라는 뜻입니다. LTPS는 a-Si을 레이저로 순간적으로 녹여 비정질의 실리콘을 재결정화하여 다결정 실리콘으로 만드는 것입니다.

여기서 잠깐! 뜨거운 레이저를 쏘는데 왜 '저온'이라고 표현하냐고요?

LTPS에서 정의 하는 Low Temperature는 일반적인 1000도 정도에서 이루어지는 HTPS(High-Temperature Polycrystalline Silicon)라는 공정과 달리 유리 기판(Glass)의 변형이 일어나지 않는 450도 공정에서 이루어지기 때문에 상대적으로 저온인 셈입니다. HTPS는 성능은 좋지만, 기판을 저렴한 유리가 아닌, 값비싼 석영(Quartz)으로 사용해야 한다는 단점이 있습니다.

기본적으로 TFT는 전류가 잘 흐를수록, 즉, 전자의 이동성이 높을수록 효율이 좋습니다. 가장 이상적인 모델은 아래 왼쪽 첫 번째 그림의 단결정 실리콘(Single Crystal Silicon)이나, LTPS-TFT 제조 공정에서는 글라스(Glass)를 기판으로 사용하기 때문에 불가능합니다.



a-Si TFT는 그림처럼 원자들이 다소 무질서하게 배열돼 있습니다. 전자가 원하는 방향으로 빠르게 이동하기 어렵지요. 전자의 이동을 비유하자면 왼쪽

의 단결정 실리콘은 장애물 없이 직진하는 비행기라면, a-Si은 장애물 달리기를 하는 선수의 상황과 비슷합니다.

LTPS는 조금 더 빠른 자동차에 비유되는데요. LPTS 그림을 보면 단결정들이 모여 다결정을 이루고 있는데요, 단결정 내에서는 전자가 빠르게 이동하다가, 단결정들의 경계면에서는 속도가 떨어지게 됩니다.

다시 전자의 이동도 얘기를 해 볼까요? 전자의 이동이 빠르면 무엇이 좋을까요? 이동 속도가 빠르면, 고속 동작회로 구현이 가능하고, 단시간 내에 원하는 전류량을 줄 수 있어 트랜지스터의 크기를 작게 만들 수 있으므로, 고해상도 디스플레이 패널을 만들기 수월합니다. LCD의 경우에는 화면의 개구율을 높여 화질을 개선할 수 도 있습니다. 또한 화면에서 베젤을 얇게 할 수 있는 큰 장점 덕분에 디스플레이 외에 불필요한 부분을 많이 줄일 수 있습니다. 그래서 현재 고해상도 스마트폰 디스플레이에는 대부분 LTPS가 필수적으로 사용되고 있습니다.

TFT 특성 비교

비교 항목	a-Si	LTPS
공정온도(℃)	350	450 이하
전자이동도(cm^2/Vs)	0.5 ~ 1	10 ~ 500
사용 마스크 수	4 ~ 7	6 ~ 11
제조 비용	低	高



이번 시간에는 TFT 제작 공정 중 AMOLED 디스플레이를 구동하기 위한 Glass(또는 PI 기판) 기반 TFT 제작 방식인 LTPS(Low Temperature Poly Silicon, 저온폴리실리콘)의 제조 공정에 대한 이야기를 시작하겠습니다.

TFT 제작 방식의 기본 개념

우선 TFT 를 만드는 방법을 생각해 볼까요? 다양한 방법이 떠오릅니다. 손에 잡히지 않을 만큼 아주 작은 펜을 로봇 팔이 움직여서 미세한 전기회로를 그려볼 수 있지 않을까요? 아니면 커다란 미세 프린터를 통해서 설계도에 따라 얇은 TFT 층이 프린트되도록 하는 방법은 어떨까요?

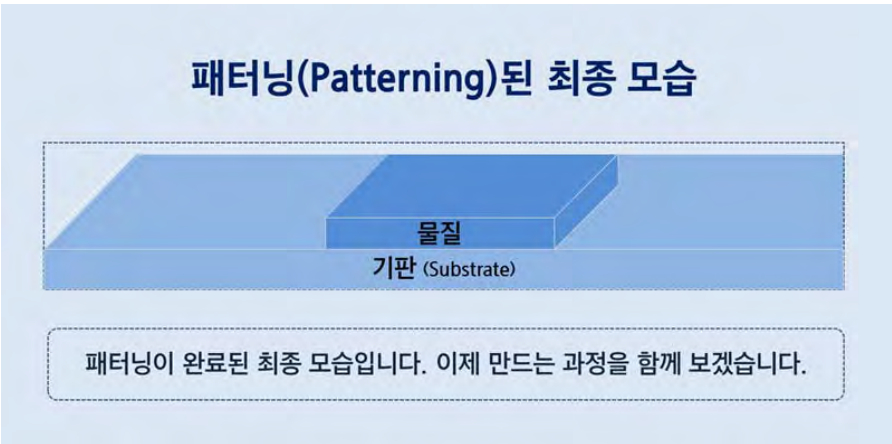


아쉽게도 디스플레이에 사용되는 TFT 공정은 3 차원의 미세 공정(μm 단위)을 수행해야 하기에 현재 위와 같은 방식은 사용할 수 없습니다. 그래서 미세한 TFT 를 제작하기 위해서는 포토 패터닝(Photo patterning)이라는 방식을 사용합니다. 미세한 TFT 의 회로 패턴을 제작 하기 위해서는 Glass(또는 PI 기판) 위에 TFT 구성에 필요한 층을 '쌓고', '깎고' 그 위에 또 다른 층을 '쌓고', '깎고'를 반복해 구성하는 식입니다. 이때, 어떤 물질 위에 빛을 이용하여 원하는 형태를 패터닝 하는 방식을 포토 패터닝이라고 합니다.

그렇다면 '쌓는' 방법은 어떤 방식인지 궁금해지기 시작합니다. 전문적인 표현을 쓰자면 '증착(蒸着, deposition)'을 한다고 하며 쌓으려는 물질의 종류에 따라 물리적인 방법인 PVD(Physical Vapor Deposition)와 화학적인 방법인 CVD(Chemical Vapor Deposition)의 2 가지를 사용합니다.

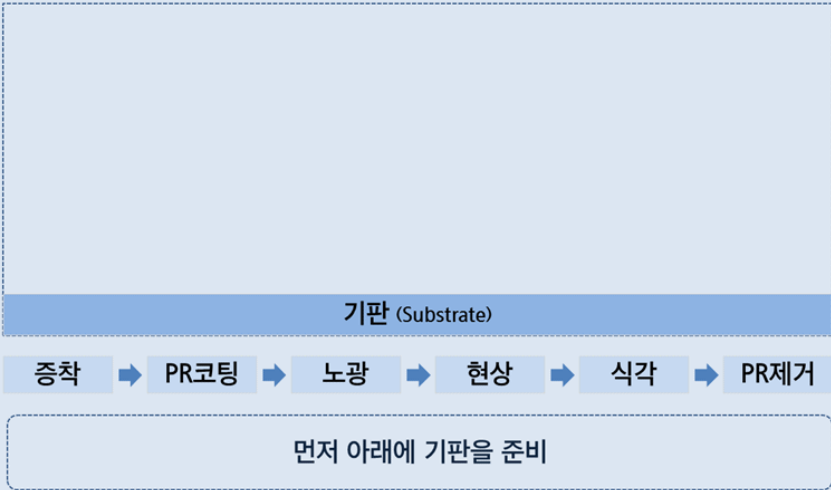
그리고 '깎는' 과정은 '식각(蝕刻, etching)'이라고 하며, 방식에 따라 가스나 플라즈마, 이온 빔을 이용하는 건식 식각과 화학약품을 사용하는 습식 식각이 있습니다.

그리고 증착과 식각 사이에 가장 중요한 과정으로 패터닝(pattern) 작업이 있는데, 패터닝 작업은 '노광(露光, lithography 또는 exposure)'과 '현상(現像, development)'으로 나뉩니다. 우리 일상에서도 촬영한(노광) 사진을 사진관에 서 현상할 때와 같이 디스플레이 제조 과정에서도 같은 원리로 이 방법을 사용합니다. 이 과정들은 증착한 물질을 식각할 때 필요한 부분은 남기고, 불필요한 부분은 제거하기 위함입니다.



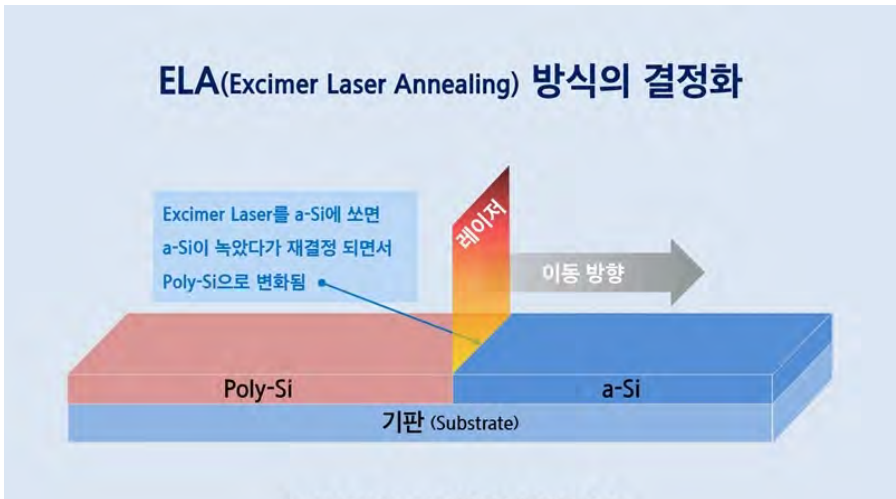
위 이미지는 패터닝의 최종적인 모습으로, 수많은 패턴 중에 한 곳만 확대해서 본 단면도입니다. 보기에는 얇적하고 커 보이지만, 실제로는 머리카락 두께보다도 훨씬 가느다란 크기입니다. 이제 아래 그림을 통해서 증착부터 패턴 형성, 식각까지의 과정을 한 눈에 보겠습니다.

패터닝(Patterning) 과정



먼저 기판(substrate)을 바닥에 배치합니다. 그리고 앞서 설명한 PVD 또는 CVD 방법을 활용하여 TFT 의 기초가 되는 물질을 기판 위에 고르게 증착합니다. 증착이 끝나면 그 위에 PR 이라는(Photo Resistor: 빛이 닿는 부분과 닿지 않는 부분이 서로 다르게 반응하는 물질) 물질을 도포합니다. 그 다음 노광이라는 단계에서 원하는 패턴의 모양이 그려진 Mask 를 PR 위에 가까이 댄 후 빛을 쏘아 빛을 받은 부위의 PR 을 단단하게 만듭니다. 이후에 현상시, 현상액에 의해 노광 과정에서 Mask 에 가려 빛을 받지 못했던 부분의 PR 은 녹아버리게 됩니다.

이렇게, PR 에 원하는 패턴만이 남게 되는데, 여전히 물질은 기판 전체에 모두 도포된 상태지요. 이때 식각(Etching)이라는 과정을 통해 PR 이 덮여 있지 않는 부분의 물질을 모두 제거 합니다. 이러한 제작 과정을 통해 TFT 를 구성하는 적층 구조를 제작 하게 됩니다.

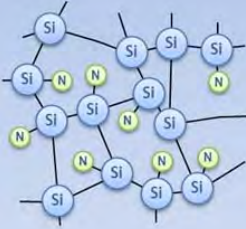


이번에는 디스플레이를 구동하기 위한 TFT의 Active 층인 LTPS(저온폴리 실리콘)를 만들기 위한 공정을 알아보겠습니다. 우선 위와 같이 a-Si층에 레이저를 이용해 결정화하는 과정이 필요합니다. 이 과정을 통해 전자 이동도가 낮았던 비정질의 실리콘(a-Si)이 Poly-Si이 되면서 전자 이동도가 크게 높아 집니다.

위 그림과 같이 ELA(Excimer Laser Annealing) 과정을 거치면 아래 그림에서 영성한 배열의 실리콘들이 오른쪽과 같이 Poly-Si화 되면서 단결정 형태의 실리콘 군집을 형성하기 때문입니다.

ELA를 통한 Si 결정의 변화

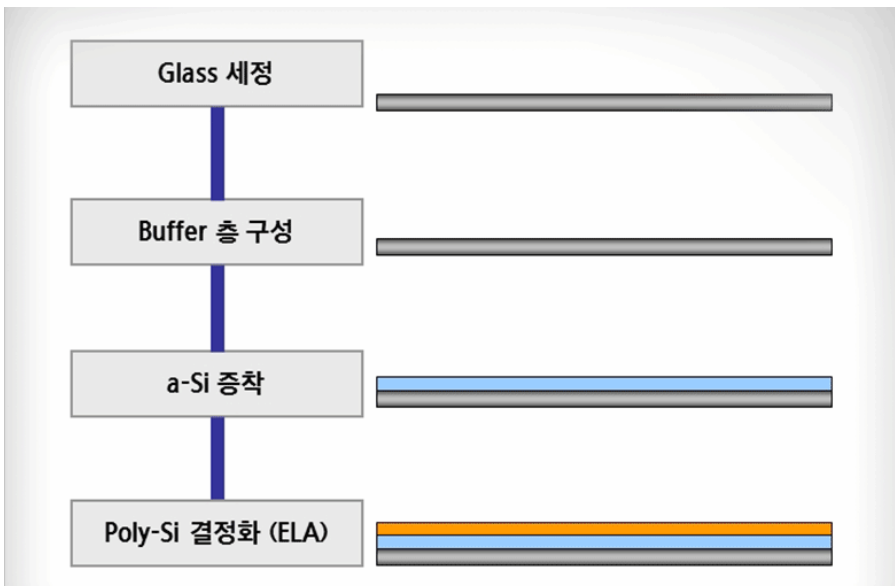
Amorphous Silicon(a-Si)



Poly-Silicon (LTPS)

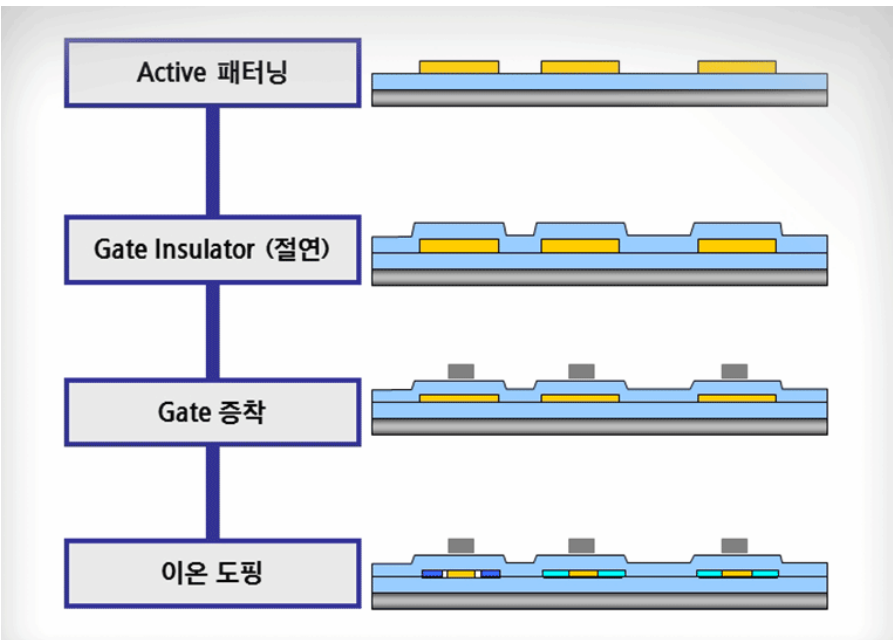


그럼 지금부터 LTPS 제조 과정을 그림과 함께 순서대로 보겠습니다.



먼저 LTPS의 기판으로 쓸 글라스(Glass)를 깨끗하게 세정합니다. 디스플레이는 미세공정을 거쳐 만들기 때문에 아주 작은 먼지(Particle)라도 치명적이기 때문에 공정 과정에서 청정도가 무척 중요합니다.

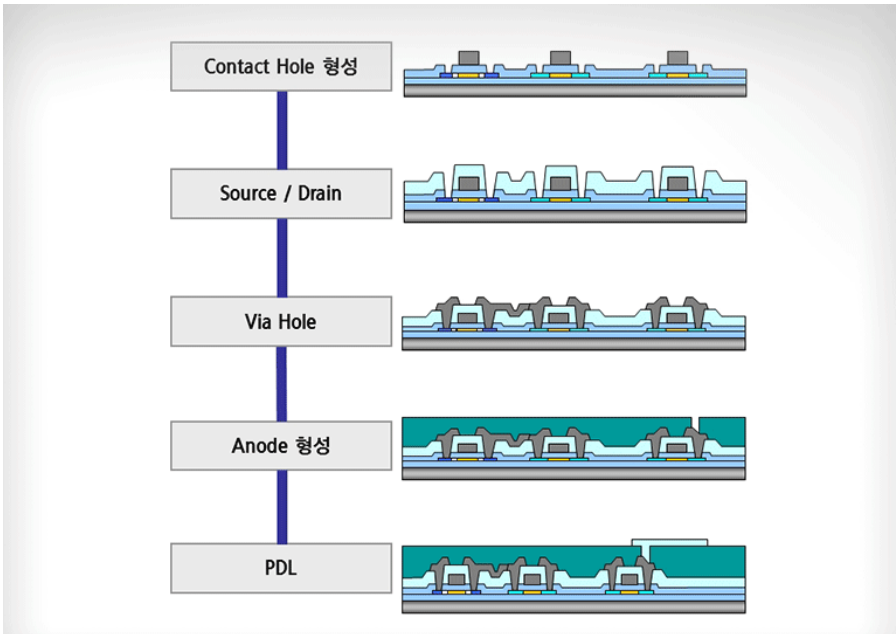
세정이 끝나면 Glass내의 불순물들이 후속 열처리 공정 과정에서 Active층(Poly-Si 부분) 내부로 이동하는 것을 막기 위해 Buffer 층을 깔아줍니다. 그리고 화학적 증착 방법인 CVD를 이용해 a-Si을 증착한 후, 레이저를 이용한 결정화 과정(ELA)을 거쳐 a-Si을 Poly-Si로 변화시킵니다. 이렇게 변화된 Poly-Si층은 포토리소그래피공정(이하 포토공정)을 거쳐 원하는 배선 모양의 Active층(활성층)을 형성하게 됩니다.



Active층이 완성되면, 그 위에 만들 Gate층과의 절연을 위해 Gate

Insulator(Gate 절연층)를 증착합니다. 그리고 절연층 위에 물리적 증착(PVD) 방식인 Sputter를 이용해 Gate층을 증착하고, 다시 포토공정을 거쳐 원하는 부분의 Gate Metal만 남깁니다.

Gate 구성이 완료되면, 이온 도핑을 통해 Active에 Source와 Drain을 만듭니다. 이렇게 Source, Drain, Gate와 같은 기본층이 모두 완성되면 다시 절연층을 깔고, 식각을 통해 Source/Drain을 연결할 Contact Hole(연결구멍)을 만듭니다. 그 위에 Sputter를 이용해 Source와 Drain 전극을 증착합니다.



그리고 Source/Drain 전극 위에 절연층을 올리는데, 나중에 이 층 위에 픽셀층을 구성하게 됩니다. 하지만 TFT 구조상 요철이 심하기 때문에 픽셀층을 원활히 구성하기 위해 이를 평평하게 만들어 주어야 합니다. 이때 유기 절연

물을(Via) 코팅하여 픽셀 하부를 평탄하게 만들어줍니다. 유기 절연층이 형성 되면 포토공정만으로 Via에 Contact Hole을 만들어주고 OLED의 핵심층인 유기발광층(EL층)을 구동 시키기 위한 Anode전극을 증착하므로, 하부 TFT와 연결하게 됩니다.

마지막으로 각각의 R, G, B 픽셀들을 구분하기 위한 PDL(Pixel Defining Layer, 격벽재료)층을 만들고 눌림 방지를 위한 Spacer를 이어서 구성하면 LTPS 공정은 마무리가 됩니다.



'자체 발광 디스플레이 OLED'

2007년, 세계 최초로 삼성디스플레이가 AMOLED(능동형유기발광다이오드, Active Matrix Organic Light-Emitting Diode)를 대량 생산하기 시작하면서, 이후 '아몰레드폰' 등 스마트폰 디스플레이 시장에 OLED가 본격적으로 자리매김하기 시작합니다. 당시에 간단한 정보 표기용으로 인기를 얻고 있던 PMOLED(수동형유기발광다이오드)에 이어, 본격적인 고해상도 디스플레이로서 AMOLED가 전격 등장한 것입니다.

이때 OLED를 가장 압축적으로 설명하는 표현이 바로 '자체 발광'이었습니다. 자체 발광이란 말 그대로 '스스로 빛난다'는 뜻으로, 디스플레이에서 화면을 표현하는 소자가 외부의 광원을 통해서가 아닌, 소자 스스로 발광하는 경우, 이를 자체 발광 방식 디스플레이라고 부릅니다.

OLED에 '자체 발광'이라는 수식어가 따라 붙는 이유는 바로 자체 발광 방식의 장점이 상당히 크기 때문입니다. 화면의 밝은 부분은 더 밝게, 어두운 부분은 더 어둡게 표현하면서도 세밀한 표현이 가능한 고명암비라는 장점이 있고, 색 표현력에 있어서도 별도의 광원(백라이트), 액정, 컬러필터 등 빛의 순도를 감소시키는 구조가 불필요해지므로, 색재현력이 높아져 자연색을 더 폭넓게 표현할 수 있습니다.

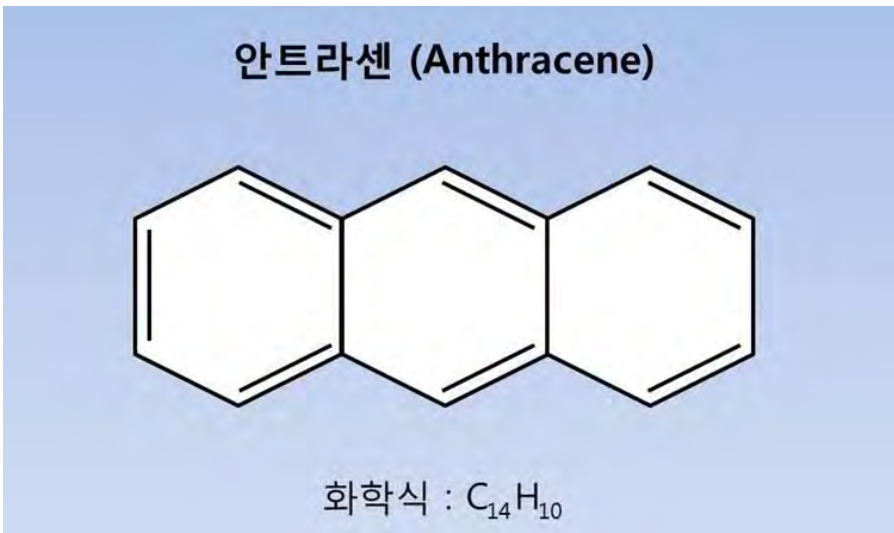
특히 LCD가 백라이트를 모두 켜야만 화면 표현이 가능한데 비해, OLED는 원하는 픽셀에만 전력을 공급하면 되므로 소비전력을 무척 효율적으로 사용할 수 있다는 점은 널리 알려져 있습니다. LCD에는 필수적인 백라이트 등의 복잡한 구조가 필요 없어 두께와 무게가 줄어드는 것도 모바일 환경에서 큰 장점입니다.



그렇다면 OLED 소자의 자체 발광은 어떻게 발명하게 된 것일까요? 지금부터 100여년을 거슬러 올라가 보겠습니다.

유기물, 빛에 반응하다

OLED소자는 말 그대로 Organic 즉, 유기물질입니다. 유기물질의 전기적 특성에 관한 연구는 1906년 이탈리아 과학자 포체티노(A. Pochettino)가 유기 화합물인 안트라센(Anthracene)의 결정에서 광전도 현상(Photoconductive effect)을 발견한 것이 관련 연구의 시초입니다. 이후 1963년 뉴욕대의 Martin Pope와 그의 동료가 수십 마이크로 두께의 고체상태의 안트라센 단결정으로부터 400V 이상의 전압을 인가해 발광에 성공하기도 했습니다.



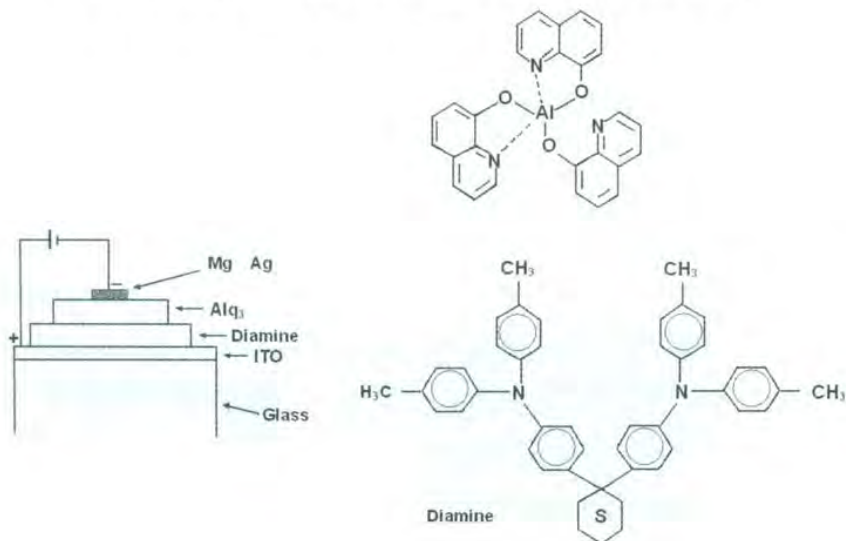
※ 안트라센 : 콜타르에서 추출된 고체 상태의 탄화수소로 목재 보존제, 살충제, 코팅 재료 등으로 사용

※ 광전도 현상 : 절연체나 반도체에 빛을 비추었을 때에 전기 전도도가 높아지는 현상

전문가들은 이러한 연구로부터 유기물에서의 기초적인 발광 메커니즘에 관해 이해가 시작되었다고 보고 있는데, 당시 소자의 효율이나 수명은 매우 낮았다고 합니다. 안트라센 결정은 전기전도도가 아주 낮은 절연체로, 매우 높은 전압을 가해야 전자와 홀이 주입되었고, 발광효율도 낮아서 실용성은 무척 낮았기 때문입니다.

현재의 OLED 기술의 근간을 만든 것은 미국 코닥(Kodak)의 칭탕(Ching Tang) 박사였습니다. 1980년대 초, 유기태양전지를 개발하던 칭탕 박사는 우연히 유기물에 전기를 흘리면 빛이 발생한다는 사실을 발견하고 이에 착안해 아주 얇은 유기반도체 박막을 사용해서 발광효율이 높은 OLED소자를 개발하게 됩니다. 이 소자는 녹색 유기 발광물질인 'Alq₃'층과 홀 수송층이 이층구조로 되어 있었고, 전체 박막 두께는 머리카락 두께의 100분의 1 정도인 약 100나노미터였습니다.

칭 탕 교수가 발표한 OLED 소자 (1987)



이와 같은 코닥의 연구 결과는 OLED를 이용하여 고휘도, 고효율 디스플레이를 개발할 수 있다는 가능성을 제시하며 주목을 받았고, 전 세계적으로 OLED 연구를 활성화하는 발화점이 되었습니다. 칭탕 박사는 이후에도 OLED 연구를 이어가, 1989년 논문에서는 발광층에 유기 형광 색소를 도핑해 발광 효율을 높이고, 다른 색을 낼 수 있다는 것을 보여주며 천연색 OLED 디스플레이 개발의 가능성을 제시했습니다.

칭탕 박사가 주목했던 저분자 유기물질 연구 외에 다른 한편에서는 고분자를 이용한 발광다이오드 연구도 시작됐습니다. OLED 연구의 초기 단계에는 저분자 유기물질과 고분자 유기물질 가운데 어떤 것이 상용화하는데 우수한가에 대해서도 확실하지 않아서 연구도 제각각 이뤄졌는데요. 초기의 전문가들 사이에서는 고분자가 저분자보다 안전성이 높고 제조비용이 낮아서 상용화 가능성이 더 크다는 게 중론이었다. 이런 논란은 국제학회에서도 오랫동안 이어져 SID(Society for Information Display, 국제정보디스플레이학회)와 같은 학회에서는 고분자파와 저분자파 간에 토론이 격렬하게 일어나기도 했습니다.

구분	저분자 유기물	고분자 유기물
정의	분자량 10만 이하의 화합물	분자량 10만 이상의 화합물
구조	6 ~ 7 Layer	3 ~ 4 Layer
제조 공정	증착 방식	프린팅 방식
특성	- 수명 및 발광효율이 고분자 대비 우수 - 솔벤트 등에 녹지 않아 가루 형태의 물질을 진공 증착하는 공정 때문에 대형화 및 균일도 유지가 어려움	- 낮은 구동 전압 및 제조 공정이 간단하고 솔벤트 등을 이용해 녹인 액체 형태의 물질을 기판에 코팅하는 형태로 고해상도와 대면적 구현에서 저분자 대비 우수 - 기술이 검증되지 않았고 수명이 짧으며, 색선도와 발광 효율이 저분자 보다 낮음

결국 오랜 논란 끝에 승자로 남은 것은 전문가들의 예상과 달리 '저분자'였습니다. 결과적으로 고분자 OLED는 초기 연구가 활발했으나 아직 상용화 되지는 못했습니다. 하지만 학계와 업계에서는 미래 디스플레이로 예상되는 두루마리 디스플레이를 구현하는데 고분자 유기물질이 유리할 것으로 보고 고분자에 관한 연구 또한 꾸준히 진행하고 있습니다.

7 OLED의 원리와 구조

이번 시간에는 OLED 의 원리와 구조를 이해하기 위해 먼저 빛에 대한 이야기부터 시작하겠습니다. 빛이란 좁은 의미에서 '가시광선', 즉 일반적으로 사람이 볼 수 있는, 약 400nm 에서 700nm 사이의 파장을 가진 전자기파를 뜻합니다. 넓은 의미에서는 적외선, 자외선, X 선 등 모든 종류의 전자기파를 지칭하며, 물리학에서는 주로 넓은 뜻으로 쓰입니다. 오늘은 두 가지 가운데 좁은 의미로 '가시광선'을 빛으로 두고 이야기를 해보겠습니다.

빛을 내는 방식을 크게 두 가지로 분류하면 온도방사(thermal radiation)과 발광(luminescence)으로 나눌 수 있습니다. '온도방사'는 물체를 고온으로 가열하면 빛이 방출되는 현상으로, 자연에서는 태양이 고온에서 빛을 내는 방식이 대표적입니다. 밤에 별의 색을 통해 그 별의 온도를 추정하는 것도 같은 원리이죠. 파란색이 붉은색 별보다 더 뜨거운 별이라고 판별하듯이 말입니다.

우리 생활 속에서 백열전구의 필라멘트인 텅스텐에 전기를 가하면, 열이 발생하며 이러한 열의 방사로 인하여 빛을 만들어지는 것도 같은 원리입니다. 한편 다른 방식으로 '발광'은 온도방사와 같은 고온 상태가 아니라 저온에서 외부에서 공급된 에너지원이 빛 에너지로 변환하는 것을 의미하며, 자극(공급에너지원)의 종류에 따라 아래 표와 같이 여러 종류로 나눌 수 있습니다.

종류			사례
온도방사	연소발광	→	양초, 석유램프
	백열발광	→	백열전구
발광	형광발광	→	형광등
	X선 발광	→	X선 변환기
	방사선발광	→	방사선 검출기
	냉음극발광	→	브라운관
	전계발광	→	OLED소자, 발광다이오드
	방전발광	→	수은등, 아크등, 네온관
	화학발광	→	케미컬 라이트
	레이저발광	→	반도체 레이저

OLED 가 빛을 내는 원리는 위의 표에서 전계발광에 해당합니다. 전계발광(EL; electroluminescent)이란 발광물질에 전기를 가해 빛을 내는 방식으로 특히 OLED 에서는 전자와 정공이 서로 만날 때 발생하는 에너지가 빛의 형태로 방출되는 것입니다. 우선 전계발광에서 빛이 나오는 가장 기본적인 원리를 알려면 미시 세계인 원자의 모습을 함께 봐야 합니다.

아래에 아주 단순한 원자의 모형을 예를 들어 그려봤습니다. 왼쪽의 원자처럼 전자가 바깥쪽 궤도에 존재한다면, 이것은 보유한 에너지 수준이 높은 상

태로 '들뜬 상태' 또는 '여기 상태'라고 부릅니다. 에너지가 높은 상태이므로 불안정한 상태라고 불리며, 반대로 오른쪽 원자처럼 전자가 궤도 안쪽에 존재한다면, 에너지 수준이 낮은 상태로 '바닥 상태' 또는 '기저 상태'라고 부릅니다. 상대적으로 원자가 안정적인 상태라고 봅니다.



원자는 에너지(빛을 포함)를 조절해 이런 상태를 서로 바꿀 수도 있습니다. 전자를 들뜬 상태에서 바닥 상태로 바꿔준다면, 에너지 수준이 기존보다 낮아지게 되므로, 그만큼 줄어드는 에너지는 방출 됩니다. 반대의 경우라면 에너지를 흡수한다고 이해할 수 있겠죠? 바로 이 지점에서 빛의 발생 원리를 찾을 수 있습니다. 전자가 궤도 안쪽으로 이동해 에너지를 더 이상 갖지 않는 만큼 이 빛 에너지로 나타나는 것이죠. 이 때 전자가 이동하는 자리를 가상의 입자인 '정공'이라고 부르고 '전자와 정공이 만난다'라고 표현합니다.

원자의 상태 변화



전계발광은 기본적으로 이러한 원리에 의해서 빛을 발광합니다. OLED의 발광원리도 전계발광이기 때문에, 전자와 정공이 만날 때 빛을 냅니다. 기본적으로 OLED는 전류를 가했을 때 이에 반응해 빛을 내는 발광물질들로 이루어진 '발광층(EML; emission material layer)'이라고 불리는 곳에서 빛을 냅니다. 이 곳에서 전자와 정공이 만나는 것이죠.

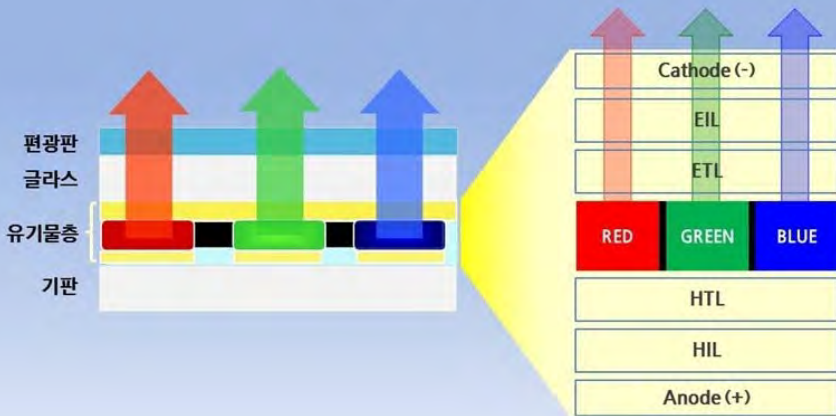
그리고 전자와 정공의 원활한 흐름을 위해 이를 돕는 여러 개의 보조층들을 마련해줍니다. OLED 소자를 여러 층의 구조로 만드는 이유는 유기물질의 경우에 전자와 정공의 이동도가 크게 다르기 때문에 '전자 수송층(ETL; electron transport layer)'과 '정공 수송층(HTL; hole transport layer)'을 사용하면 효과적으로 전자와 정공이 발광층으로 이동할 수 있기 때문입니다. 이와 같은 방법으로 발광 효율을 높일 수 있습니다.

OLED의 발광 원리



EML 즉, 발광층은 어떠한 색을 내는지에 따라 서로 다른 발광물질(재료)가 사용됩니다. 기본적으로 빛의 3 원색인 적색/녹색/청색(RGB)의 색을 내는 물질이 사용되지요. 이러한 방식으로 각 색상별로 여러 층으로 구성된 OLED 소자의 덩어리를 OLED 패널에서 '유기물층'이라고 부릅니다. 그리고 다음과 같이 전체적인 패널의 모습을 갖추게 됩니다.

OLED 패널의 구조



이렇게 완성된 OLED 패널은 다른 여러 부품과 어울려 스마트폰이나 태블릿 등의 전자제품에 탑재되어 디스플레이의 역할을 수행합니다.



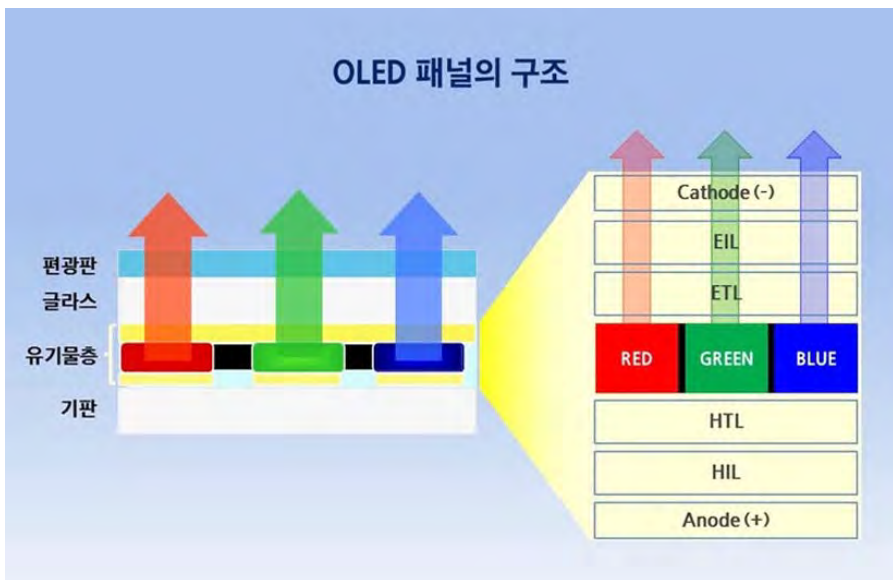
디스플레이에서는 픽셀을 형성하는 방법을 컬러 패터닝(Color Pattering)이라고 부릅니다. 색의 3 원색인 빨강(Red), 초록(Green), 파랑(Blue)의 서브픽셀(Sub Pixel, 보통 3 개의 서브픽셀이 모여 1 개의 픽셀을 구성)들을 한 치의 오차 없이 패터닝해야 원하는 화면을 디스플레이에서 정확하게 보여줄 수 있습니다. 그렇다면 자체 발광 OLED 픽셀을 만드는 방법은 무엇일까요?

업계에서는 여러 가지 방법이 시도되고 있지만, 현재까지 양산을 위해 가장 보편적으로 사용되는 방법은 바로 '증착'입니다. 마이크로 단위의 OLED 미세 공정에서 정밀하고 불순물이 없이 대량으로 컬러 패터닝을 할 수 있는 방법은 현재로서는 증착이 유일하기 때문입니다.

증착(Evaporation)은 OLED 의 핵심공정 가운데 하나로, OLED 제조 과정을 크게 5 단계로 나누어 봤을 때 두 번째 단계에 해당합니다.

[LTPS] → [증착(Evaporation)] → [봉지(Encapsulation)] → [셀(Cell)]
→ [모듈(Module)]

LTPS(저온폴리실리콘) 공정이 빛을 내는 각각의 픽셀들을 컨트롤 하는 스위치를 만드는 작업이라면, 증착 공정은 빛과 색을 내는 자체발광 픽셀 그 자체를 만드는 작업입니다.



OLED 는 기판이 되는 유리판(Glass) 위에 빨강(R), 초록(G), 파랑(B)색을 내는 유기 발광층이 있고, 이 유기 발광층을 보호하기 위한 유리판(Glass)이 안전하게 덮어주는 것이 기본 구조입니다. 유기 발광층을 더 자세히 들여다 보면, RGB 만으로는 빛을 낼 때 보다 발광 효율이 더 높아지도록 도와주는 HIL, ETL 등의 보조층들이 함께 구성된 모습을 볼 수 있습니다.

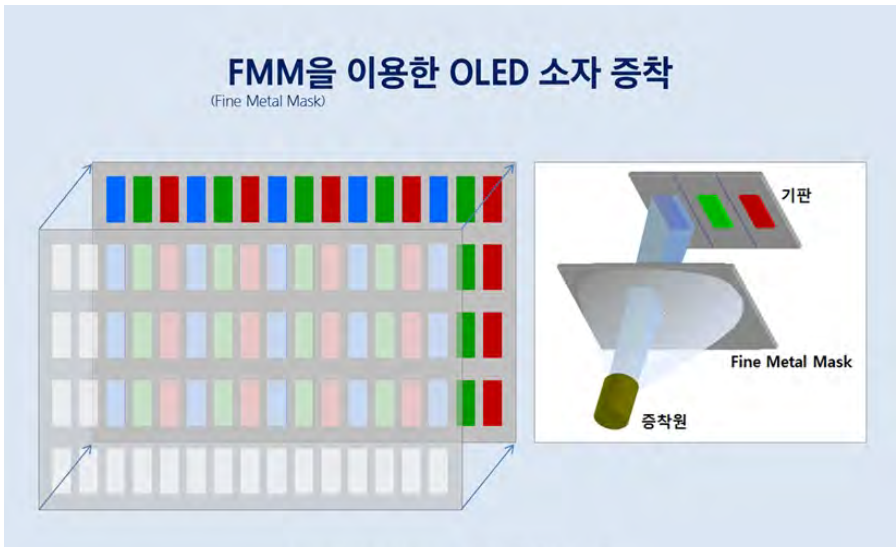
이처럼 유기물 층을 구성할 때 현재 가장 많이 사용되는 방법이 바로 '증착'입니다. 증착은 증발시킨다는 개념과 유사합니다.



마치 냄비에 물을 끓일 때, 수증기가 냄비 뚜껑에 이슬처럼 맺히는 것과 유사합니다. 다만 물이 아닌 유기 재료를 사용하는 것이고, 일반적인 대기압 상태가 아닌 진공 상태에서 가열한다는 점이 차이점입니다.

증착은 우선 진공 상태에서 이루어져야 하므로, 진공 챔버(Chamber)라고 불리는 설비 안에서 진행됩니다. 그리고 챔버 안에 컬러 패터닝을 해야 하는 커다란 LTPS 기판을 준비합니다. (나중에 이 원판에 컬러 패터닝이 완료되면 셀(Cell)공정을 통해 스마트폰 사이즈에 맞게 잘라서 사용하게 됩니다.)

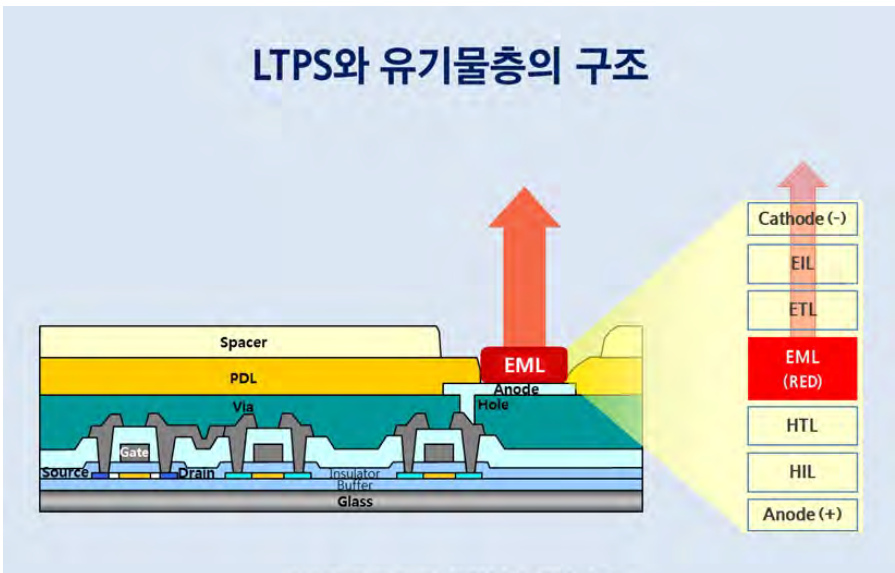
챔버 안에 증착이 될 LTPS 기판이 준비되면, 그 다음으로 파인 메탈 마스크(FMM, Fine Metal Mask, 미세 금속 마스크)를 LTPS 기판 아래에 바짝 가져다 댑니다. 마스크(Mask)라는 것은 유기물을 증착할 때 특정 위치에만 증착이 되도록, 얇은 철판에 작은 구멍을 내 놓은 기구입니다. 만약 마스크를 사용하지 않는다면 빨강(R) 픽셀에만 빨간색을 내는 유기물이 증착되지 않고, 초록, 파랑 픽셀에도 같이 증착되면서 제대로 된 색을 낼 수 없겠죠. 그래서 R, G, B 픽셀 각각의 위치와 모양에 맞는 서로 다른 마스크가 증착 공정 안에서 순서에 따라 사용됩니다.



마스크까지 준비가 되면, 그 아래에 놓인 증착원(Evaporation Source, 유기물 등 증착 물질)을 적정 온도로 가열합니다. 가열이 시작되면 분자 단위의 작은 유기물질들이 마스크를 통과해 원하는 위치에 입혀집니다.

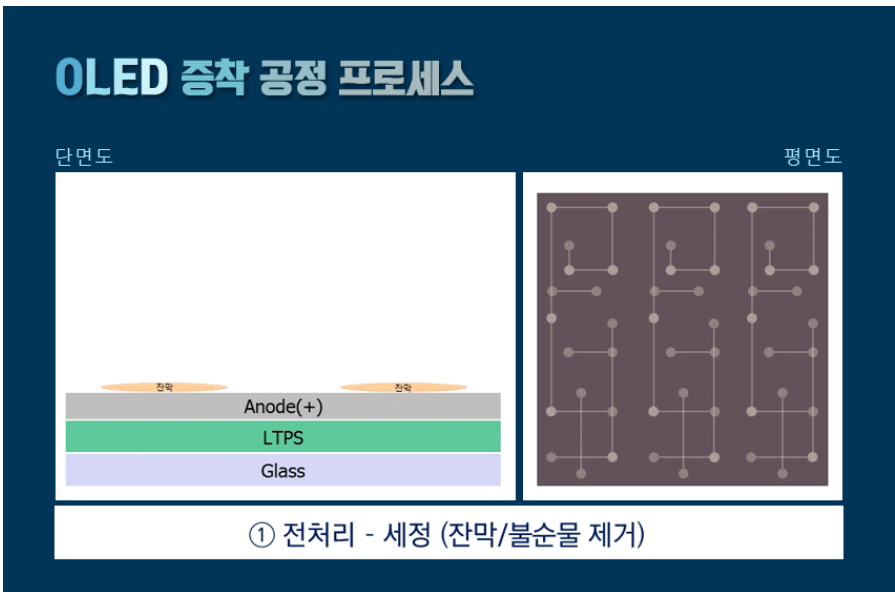
이번에는 증착 공정의 세부 단계에 대해서 알아보겠습니다.

OLED 증착 공정은 우선 LTPS(저온폴리실리콘)를 기초로 둔 상태에서 그 위에 유기물 층을 형성합니다. LTPS 가 디스플레이의 픽셀을 컨트롤 하는 스위치 역할을 한다는 것 기억하시나요? OLED 에서 픽셀은 유기물 재료로 이루어져 있고, 이 유기물이 전류에 의해 빛을 내서 색을 표현하게 됩니다. 그리고 이러한 전기적 신호는 LTPS 가 담당하게 되기 때문에, 당연히 LTPS 와 접점을 가지고 OLED 층을 형성해야 합니다. 이 층을 형성하기 위해서 사용하는 방법이 바로 '증착'법입니다.



위 그림처럼 LTPS 기판 픽셀의 Anode(양극) 위에 EML(Emissive Layer, 발광층)이 존재합니다. 그림에서는 Red 색을 내는 서브픽셀(Sub-Pixel, 부화소)만 예를 들어 표현했습니다. 이 구조를 자세히 들여다 보면 EML 의 발광 효율을 높이기 위해 보조층들이 EML 위 아래로 존재하는 것을 알 수 있습니다.

Cathode(음극)에서 EIL(전자 주입층)에 전자가 주입되고 ETL(전자 수송층)을 거쳐 EML 에 도달합니다. 마찬가지로 반대편에 있는 Anode(양극)에서 정공이 HIL(정공 주입층)에 주입되고, HTL(정공 수송층)을 거쳐 EML 에 도달합니다. EML 에서 전자와 정공이 만나면 빛이 나게 됩니다. 같은 구조로 Red 뿐만 아니라, Green, Blue 의 유기발광층이 모두 만들어지면, 이것들이 조합되어 하나의 픽셀로서 역할을 하게 됩니다. 그럼 유기발광층이 어떤 순서로 구성되는지, 그림을 통해 증착 공정의 단계를 살펴보겠습니다.



※ 실제 공정 구조와 순서는 일부 다를 수 있음

기본적인 OLED 증착 프로세스는 우선 LTPS(Anode 포함) 기판의 잔막과 불순물을 제거하는 작업부터 시작합니다. 기판을 세정하고 건조한 후, 플라즈마를 이용해 Anode(양극) 상부에 남아있는 잔막을 제거하고 Anode 에서 HIL 로의 정공 주입 특성을 개선시킵니다.

그리고 HIL(정공 주입층)을 전체에 공통으로 증착하고, 그 다음 HTL(정공 수송층)을 마찬가지로 전체적으로 증착해서 정공이 지나가는 보조층을 형성합니다.

다음으로 실제로 빛을 내는 EML을 Mask를 이용해 원하는 위치에 선택적으로 증착합니다.

이어서 ETL(전자 수송층)과 EIL(전자 주입층)을 증착해 전자가 이동하는 보조층을 형성한 후, Cathode(음극)을 증착하면 유기발광층의 전체적인 증착 프로세스는 마무리됩니다.



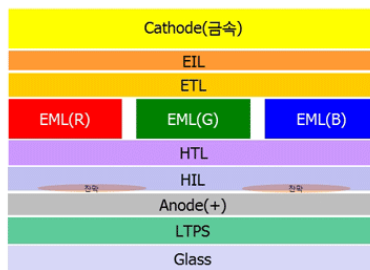
이번 시간에는 OLED(Organic Light-Emitting Diode)의 핵심 제조공정 중 '증착(Evaporation)'의 다음 단계인 '봉지(Encapsulation)'에 대해 튜아보겠습니다. 지난 시간까지 LTPS와 증착에 대한 이야기를 이어왔는데요, '봉지' 공정이란 앞서 진행된 이 과정을 거쳐 만들어진 OLED 패널이, 외부의 영향을 받지 않고 오랫동안 사용될 수 있도록 마감을 하는 단계입니다.

먼저 '봉지'라고 하면 어떤 이미지가 떠오르나요? 과자 봉지 또는 비닐 봉지가 생각날 것 같습니다. 첨단 디스플레이 제품과 봉지, 어쩌면 서로 어울리지 않을 듯한 이 개념을 제대로 잡기 위해 '봉지'의 용어부터 짚고 넘어가겠습니다.

- 봉지(封止, Encapsulation) : OLED 에서 빛을 내는 유기물질과 전극은 산소와 수분에 매우 민감하게 반응해 발광 특성을 잃기 때문에, 이를 차단하기 위한 공정으로 '봉지'가 필요하며, 이를 통해 OLED 패널의 수명을 보존 또는 향상시킴.

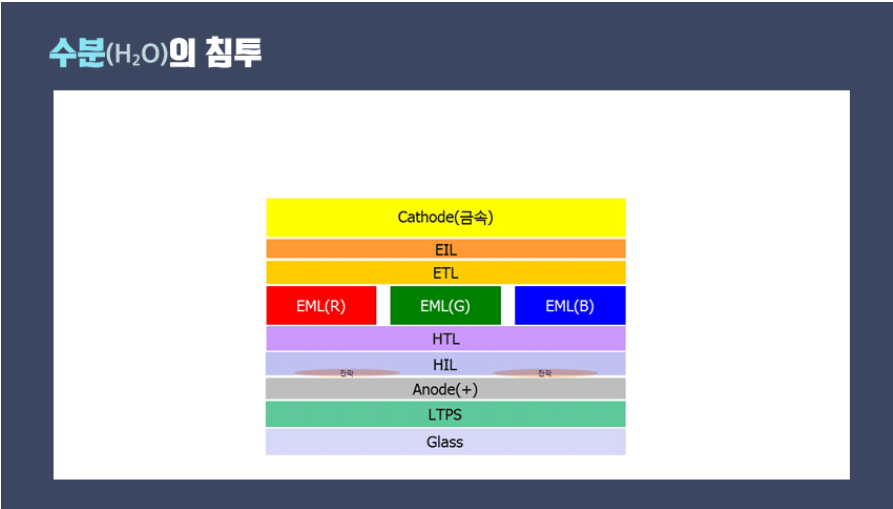
위의 설명대로 유기물질을 통해 자체 발광하는 OLED 은 산소와 수분에 무척 취약합니다. 그래서 제조 과정에서 산소와 수분이 유기물에 침투하지 못하도록 밀봉하는 공정이 필요합니다. 과자도 신선도 유지를 위해 밀봉을 하고, 봉지를 뜯은 후에 오래 두면 눅눅해지고 맛이 없어지듯이, OLED 패널도 밀봉을 통한 유기물의 보존이 무척 중요합니다.

산소(O₂)의 침투



만약 산소(O₂)가 패널의 틈 사이로 침투하게 되면, EML 최상단의 Cathode(음극) 부위와 그 아래의 EIL 층의 접촉부위(계면)에 산화가 이루어져 Cathode 와 EIL 이 서로 벌어지고 접촉이 약해지게 됩니다. 이렇게 되면

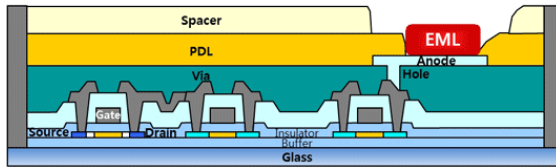
Cathode와 EIL 사이에 전자가 원활하게 이동하지 못해 암점(검은 픽셀)이 발생하거나 픽셀의 일부가 빛을 내지 못하는 현상이 나타납니다.



또한 수분이 침투해도 문제가 생깁니다. 패널의 미세한 틈을 통해 수분(H₂O)이 침투하면, 전기 화학적 반응에 의해 수분에 있던 수소가 산소와 분리되고 이렇게 생겨난 수소(H₂)에 의해 버블이 형성됩니다. 이렇게 발생한 버블은 Cathode(음극) 층을 들뜨게 만들어 Cathode와 EIL 사이에서 전자의 이동을 어렵게 합니다. 이렇게 되면 산소가 침투했을 때와 마찬가지로 암점이 생기게 됩니다.

특히 봉지가 제대로 이루어지지 않을 때 이어지는 큰 문제점은, 산소와 수분이 계속 유입되어 암점이 한 곳에 머무르지 않고, 계속 퍼져나가는 진행성 암점이 된다는 점입니다. 그래서 제조단계에서 확실한 봉지는 무척 중요합니다.

봉지(Encapsulation)의 위치와 구조



※ 그림은 이해를 돕기 위한 것으로, 실제 봉지는 전체 패널의 테두리에서 이루어지며, 그림은 실제 구조와는 다를 수 있음

그렇다면 봉지(Encapsulation)은 어떻게 이러한 외부의 영향을 차단할 수 있을까요? 일반적인 OLED 는 위 그림의 모양처럼 LTPS 기판에 증착이 이루어진 OLED 패널 위에 봉지 글라스를 덮는 구조입니다. 그리고 글라스와 패널층 사이에 공기와 수분이 침투하지 못하도록 유리 재질의 Frit 을 바르고 레이저로 녹인 후 경화시켜 글라스와 패널을 합착시킵니다. 윗부분은 글라스가 막아주고, 측면은 단단해진 Frit Sealing 이 산소와 수분을 막아주어 OLED 패널 안의 유기물들이 손상 없이 제 기능을 발휘할 수 있게 됩니다.

이제 봉지공정을 구체적으로 알아보겠습니다. 봉지 공정을 위해서는 크게 세 가지 재료가 필요합니다. 인캡 Glass(Encap Glass : 봉지용 유리판)와 접착제 그리고 레이저입니다. 이때 상당수의 작업은 진공챔버(금속으로 만든 진공 구조물) 안에서 이루어집니다.

OLED 공정의 앞선 단계를 다시 떠올려 보겠습니다. 스위치 역할을 하는 LTPS가 만들어졌고, 그 위에 유기물 증착(evaporation)이 완료됐습니다. 하지만 이렇게 만들어진 유기물 증착부는 아직 공기와 수분으로부터 보호받지 못하는 환경입니다.

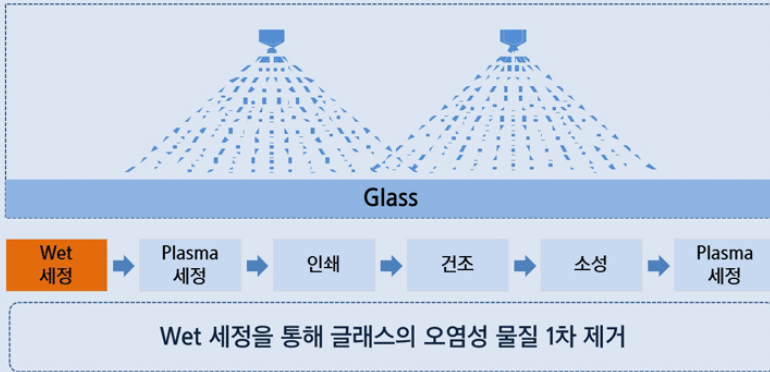
물론, 아직 원장 글라스(필요한 디스플레이 크기로 자르기 전의 대형 원판 패널 유리판)의 상태이고 스마트폰 등에 사용하기 위한 크기인 셀(Cell) 단위로 자르기 전입니다. 셀 단위는 쉽게 말하면 5인치 스마트폰을 제작하는 공정일 경우, 5인치 사이즈로 잘라낸 패널 하나를 의미합니다. 봉지 공정은 셀 단위에서도 필요하고, 커다란 원장 상태에서도 진행합니다.

봉지 공정은 크게 4가지 단계로 나누어집니다.

- ① Cell Seal Glass 제작
- ② 원장 Glass Seal 도포
- ③ Glass 합착
- ④ Laser Sealing

다음 그림을 보면서 순서를 따라가 보겠습니다.

① Cell Seal Glass 공정



가장 먼저 봉지에 쓰일 인캡 글라스를 투입 후 세정을 시작합니다. 디스플레이 튜아보기 시리즈를 꾸준히 읽어보신 분들께서는 느끼셨을 텐데, 대부분의 공정은 세정부터 시작을 합니다.

액체를 이용한 Wet(습식) 세정을 통해 Glass의 제작, 포장, 운송 과정에서의 오염성 물질을 제거합니다. 이어서 표면의 유기 오염물을 제거하기 위해 플라즈마 세정을 진행합니다. 플라즈마 세정을 통해 이후에 진행할 Cell Seal(셀 패널 단위의 봉지)의 접착력을 향상시킬 수 있습니다.

세정이 모두 완료되면 각 Cell 마다 접착 물질인 Cell Seal을 둘러가며 바릅니다. 이 과정을 Cell Seal 인쇄라고 부릅니다. 이 과정에서 정밀도는 무척 중요합니다. 나중에 EV기판 위에 인캡 글라스를 덮고 난 후 레이저로 Seal을 순간 가열해 굳어지게 해야 하므로, 안정된 두께와 폭, 그리고 정밀한 위치에 인쇄를 해야 합니다.

인쇄가 완료되면 건조 단계에 진입합니다. 적절한 건조를 통해 솔벤트(다른 물질을 용해시키기 위해 사용하는 액체나 가스, 매니큐어 제거액, 페인트 시너 등이 솔벤트 사용의 예)로 발생한 Cell Seal 내부의 기포 등을 제거해 Seal의 품질 안정성을 확보할 수 있기 때문입니다.

다음 단계는 '소성(燒成)'입니다. 소성 공정은 열을 가하는 단계로 남아 있는 Solvent, 유기 Binder 등을 제거하고 추후 레이저 Sealing이 가능하도록 Cell Seal의 특성을 변화시킵니다.

※ Solvent와 Binder는 Seal을 구성하는 Frit 파우더를 일정한 형태로 만들어주는 역할을 합니다. 마치 모래에 시멘트 붓고 물을 부어야 걸쭉해져서 사용을 할 수 있듯이, Frit 파우더도 모래알과 특성이 비슷해 서로 뭉치지 않으므로 이를 붙잡아줄 Binder 물질이 필요합니다. 그런데 Binder도 고체상태이므로 Binder를 녹여줄 Solvent도 함께 필요합니다. 이들이 잘 섞여서 Cell Seal Paste(접착제)가 만들어지고 Seal 도포가 가능해집니다.

소성이 끝난 인캡 글라스는 마지막으로 플라즈마 세정을 한번 더 거칩니다. 여러 공정을 거치면서 흡착된 수분이나 표면의 기타 흡착 물질을 제거해 접착력을 향상시키는 매끈한 표면을 만듭니다.

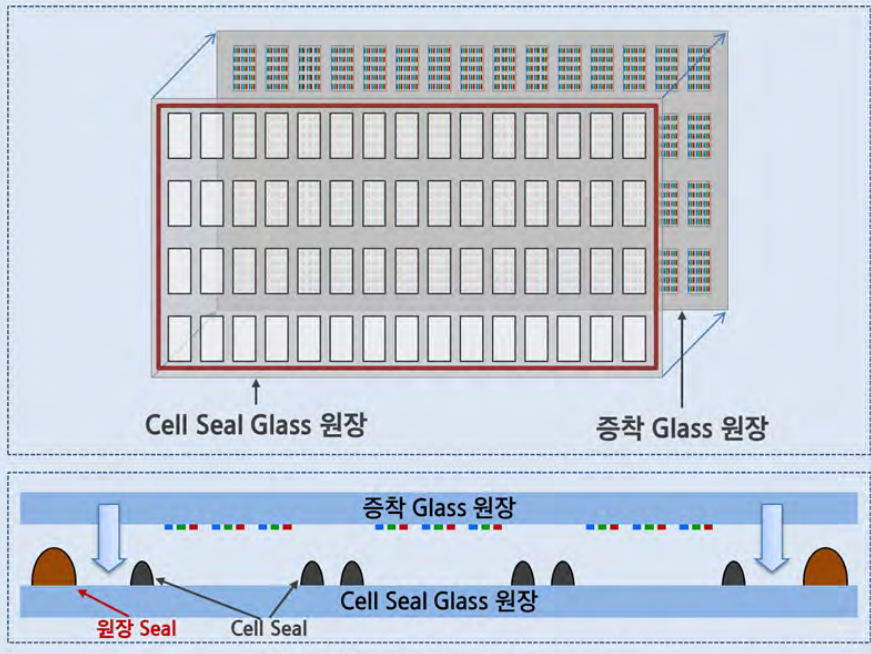
봉지 공정의 4가지 단계에서 첫 번째 단계인 'Cell Seal Glass 준비'가 이제 끝났습니다. 다음 단계는 '원장 Glass Sealing'으로 아래 그림과 같이 원장 글라스 테두리에 원장 Seal을 인쇄합니다.

② 원장 Glass Seal 도포



다음은 봉지 공정의 세 번째 단계인 '합착'입니다. 합착은 기존의 증착 공정까지 마친 글라스와 Cell Seal Glass를 위 아래로 포개어 붙이는 공정입니다. 이 공정을 통해 비로소 나뉘어 있던 OLED 글라스들이 하나로 합쳐지게 됩니다.

③ Glass 합착



그리고 UV(자외선) 장비를 활용해 원장 Seal을 굳어지게 만듭니다. 이렇게 굳어진 원장 Seal은 외부 공기와 수분의 침투를 막고, 내부 기압을 유지하는 등의 기능을 담당합니다

이제 최종 단계인 'Cell Sealing'입니다. 합착 공정을 거친 통합 Glass 위에서 레이저 장비가 각 Cell에 발라 놓은 Seal에 레이저를 쏘서 순간적인 용융과 합착 과정을 수행합니다.

④ Laser Sealing



이렇게 4가지 단계를 모두 마치면 단일 글라스 형태의 OLED 원장 패널이 완성됩니다. 그리고 이후 단계로 이 원장을 각 Cell의 크기에 맞게 자르는 Cell 공정이 이어집니다. Cell 공정이 끝나면 각각의 잘려진 Cell 패널들은 스마트폰, 태블릿 등 그 목적에 맞게끔 전자회로를 붙이는 등의 모듈공정을 거치고 난 후 각 전자기기의 제조 업체로 전달됩니다.

이번에는 최근 스마트폰 디스플레이로 큰 인기를 끌고 있는 플렉시블 OLED에 사용되는 특별한 봉지 방식인 '박막봉지(TFE, Thin Film Encapsulation)'를 소개하겠습니다.

앞서 배운 봉지 공정은 크게 4가지 단계로 나누어집니다.

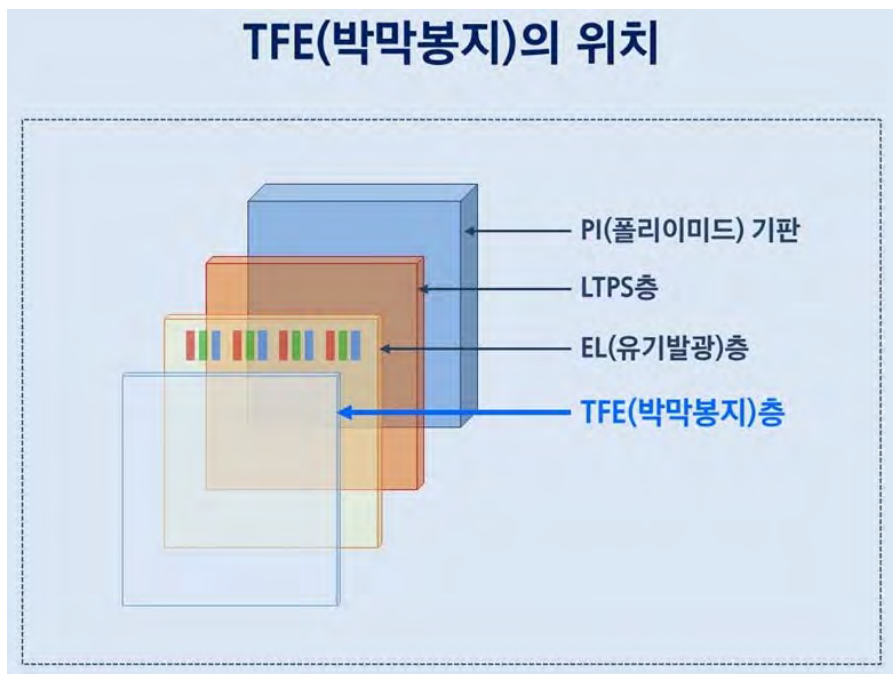
- ① Cell Seal Glass 제작
- ② 원장 Glass Seal 도포
- ③ Glass 합착
- ④ Laser Sealing

위 과정에서 ① ~ ③번 단계를 보면 반복해서 사용되는 단어가 보입니다. 바로 'Glass' 입니다. 일반적인 OLED(Rigid) 패널은 글라스를 기판으로 사용하며 봉지를 위한 재료도 마찬가지로 글라스를 사용합니다. 플렉시블 OLED와 달리 애초에 유연하게 구부릴 필요가 없으므로 패널의 위 아래가 모두 글라스라고 해도 전혀 문제가 없습니다.

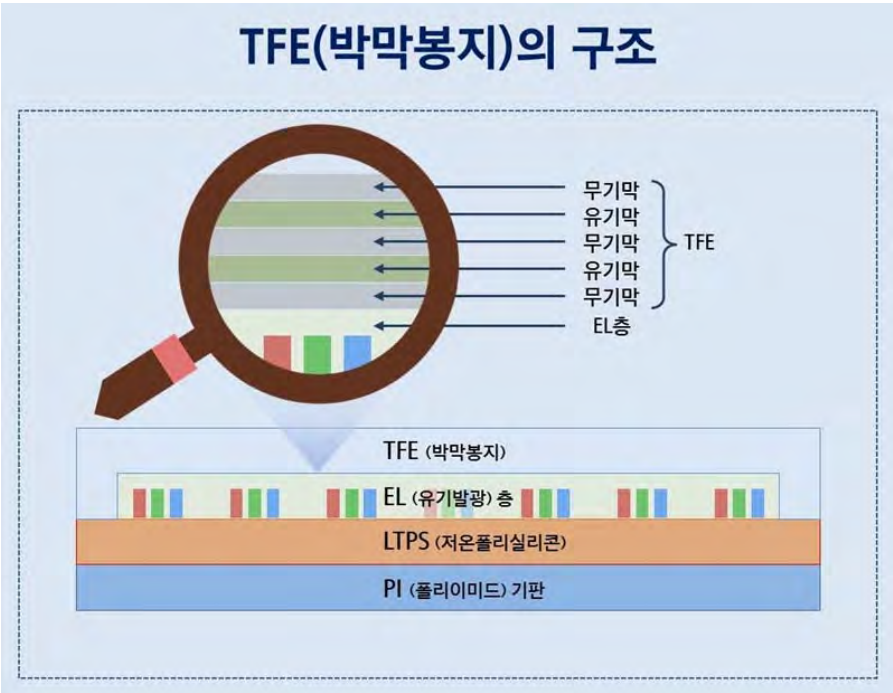
하지만 플렉시블은 말 그대로 유연해야 하므로 패널에 글라스 소재를 사용할 수가 없습니다. 글라스를 얇게 가공해 조금 휘 수는 있지만 플렉시블이라는 이름을 붙이기에는 부족합니다. 따라서 플렉시블 OLED 제작을 위해서는 기판도 PI(폴리이미드)라 불리는 유연한 소재를 사용하며 봉지도 글라스가 아닌 유연성을 갖도록 제작돼야 합니다.



유연하게 구부릴 수 있으면서도, OLED 유기물 층에 공기와 수분의 침투를 효과적으로 막을 수 있는 가장 대표적인 방법은 바로 박막봉지(TFE; Thin Film Encapsulation) 방식입니다.



언뜻 보기에는 일반 Rigid OLED 의 봉지와 차이가 없어 보입니다. 그럼 단면도를 한번 볼까요?

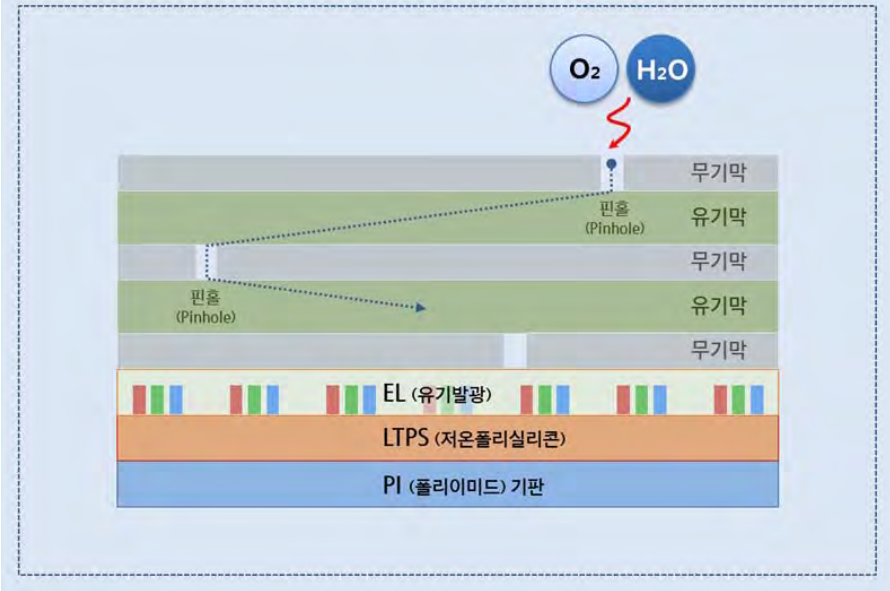


일반 Rigid OLED 는 각 Cell 마다 테두리에 Frit Sealing 이 있는 반면, 박막 봉지는 그림과 같이 윗부분과 옆 부분이 동일한 소재로 봉지가 된 모습을 볼 수 있습니다. 별도의 소재로 덮고 막는 것이 아니라, 증착 단계까지 끝난 패널에 박막봉지 소재를 성막(막을 입힘)하기 때문에 일종의 일체형 봉지라고 볼 수 있습니다. 유연하게 구부릴 수 있는 플렉시블 디스플레이를 만들기 위해 이에 적합한 소재를 얇게 성막하는 방식으로 봉지를 구성하는 것입니다.

박막봉지의 단면도를 확대해 보면 박막봉지는 다시 또 여러 개의 층으로 구성되는 것을 알 수 있습니다. 일반 OLED 가 Glass 를 이용해 단일층으로 덮

는 것과 다르게, 박막봉지는 무기막/유기막의 다층 구조로 패널을 덮어줍니다. 이렇게 무기막/유기막을 번갈아 성막함으로써 공기와 수분의 침투 경로를 길게 해 발광층까지 도달하지 못하게 합니다.

TFE(박막봉지)의 작동 원리



그렇다면 무기막과 유기막을 번갈아 성막하는 이유는 무엇일까요?

이상적으로는 단일층으로 얇게 봉지를 하는 것이 가장 좋습니다. 두께가 얇아지고 재료가 적게 투입될 뿐만 아니라, 공정도 단순해지기 때문입니다. 하지만 무기막이 수분과 공기의 침투를 훌륭하게 막아내는 특성을 지녀 봉지로 쓰기에 적합한 반면, 소재 특성상 파티클(작은 먼지)이 존재하고 이러한 파티클 때문에 핀홀이라고 불리는 일종의 구멍이 생겨 이 경로를 통해 공기와 수

분이 침투하게 됩니다. 따라서 현재는 무기막을 2 개 이상 성막해야 침투를 막을 수 있습니다.

그럼 유기막의 역할은 무엇일까요? 유기막은 기본적으로 내부가 성긴 물질입니다. 그래서 물분자보다 빈공간이 더 크기 때문에 유기막은 침투를 막는 역할로 사용하는 것은 아닙니다. 유기막은 먼저 사용된 무기막 위에서 파티클을 둘러 싸 평탄화를 하고, 두 번째 무기막을 성막할 때 잘 정착하도록 돕는 역할을 합니다.

10 OLED 공진 원리의 이해

OLED는 자체 발광이라는 특징을 활용해 '공진'이라는 광학 물리학의 원리를 도입, 발광 효율을 높여 더욱 밝고 선명한 화면을 구현합니다. 오늘은 '공진' 원리를 활용하는 OLED의 구조에 대해서 알아보겠습니다.

공진 현상이란?

비록 우리 눈에 보이지는 않지만 모든 물체는 자신만의 '고유진동수'를 가지고 있습니다. 그리고 각 물체들은 이 고유진동수에 해당하는 주파수 또는 파동을 흡수하는 성질이 있습니다. '공진(共振, resonance)'이란 물체가 자신의 고유진동수와 똑같은 진동수를 가진 외력의 작용을 받을 경우에 자연적으로 진동을 시작해서 그 진동의 속도와 압력 등이 증폭되는 현상으로 '공명(共鳴)' 현상이라고 부르기도 합니다. 예를 들어, 100Hz(헤르츠)라는 진동수를 가진 물체에 100Hz 진동수의 파동을 가하면 물체는 스스로 진동하게 됩니다.



잘 알려진 공진의 예는 와인잔에 고주파음을 가하면 잔이 깨지는 현상입니다. 와인잔이 가진 고유진동수가 같은 진동수를 가진 고주파음에 반응해 스스로 진동하고, 진동이 심해지면서 부서지는 것입니다.

Video

Link : <https://youtu.be/xDIndVLrg1E>

▲ 공진 현상으로 와인잔이 깨지는 실험 장면

따라서 공진 현상은 특히 교량이나 고층빌딩과 같은 대형 건축물을 만들 때 고려됩니다. 건축물이 가진 고유진동수가 공진현상을 일으키면 붕괴에 따른 피해가 무척 크기 때문입니다. 실제로 1940년 미국 워싱턴주 타코마 해협에 당시로서는 최신 공법인 현수교 방식으로 건설된 다리가 완공 수개월 만에 바람에 의해 붕괴된 사고가 있었습니다. 조사 결과 붕괴 원인은 공진 현상으로 밝혀졌습니다. 이후에는 이 같은 피해를 방지하기 위해 공진 현상 감쇄를 위한 건축 기법들이 활용되고 있습니다.

Video

https://youtu.be/CDrRZpJSZ_s

▲ 공진 현상으로 인한 피해 및 공진 재현 실험

하지만 공진 원리가 부정적인 현상만을 일으키는 것은 아닙니다. 공진 원리는 우리 생활에서 큰 도움이 되는 과학 원리로도 사용되고 있습니다. 대표적으로 전자 레인지를 꼽을 수 있습니다. 전자 레인지는 내부에 마이크로파를 방출해 음식물 속의 물 분자가 공진 현상에 의해 강하게 진동하면서 마찰에 의한 열에너지를 만들어내도록 함으로써 음식물의 온도를 높입니다. 또 의료

장비인 자기공명단층촬영장치(MRI) 역시 우리 몸 속의 물(H₂O)에 있는 수소 원자를 공진시켜 이에 반응해서 나오는 파장을 컴퓨터로 영상화해 몸 속을 들여다 볼 수 있도록 하고 있습니다.

그럼 공진의 원리가 OLED의 발광에는 어떻게 응용되고 있을까요?

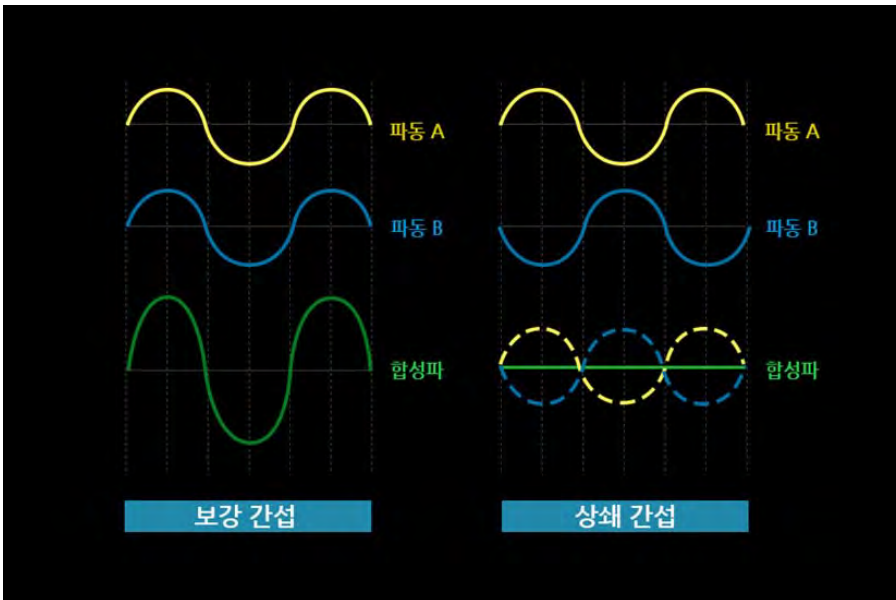
OLED 발광 원리

OLED는 전계발광(electroluminescent) 방식의 한 종류로 발광물질에 전기 에너지를 주입해 전자와 정공이 만날 때 빛이 발생하는 방식입니다. OLED는 빛을 내는 발광물질들로 이루어진 '발광층(EML; emission material layer)'에서 전자와 정공이 만나게 됩니다. 전자와 정공의 원활한 흐름을 돕기 위한 보조 층들도 존재합니다.

OLED의 발광 원리



Anode(양극)에서는 정공이, Cathode(음극)에서는 전자가 출발해 발광층인 EML에서 만나는 방식입니다. HIL, HTL, ETL, EIL 층을 마련해 OLED 소자를 여러 층의 구조로 만드는 이유는 유기물질의 경우에 전자와 정공의 이동도가 크게 다르기 때문입니다. '전자 수송층(ETL; electron transport layer)'과 '정공 수송층(HTL; hole transport layer)' 같은 보조층을 사용하면 보다 효과적으로 전자와 정공이 발광층으로 이동할 수 있습니다.

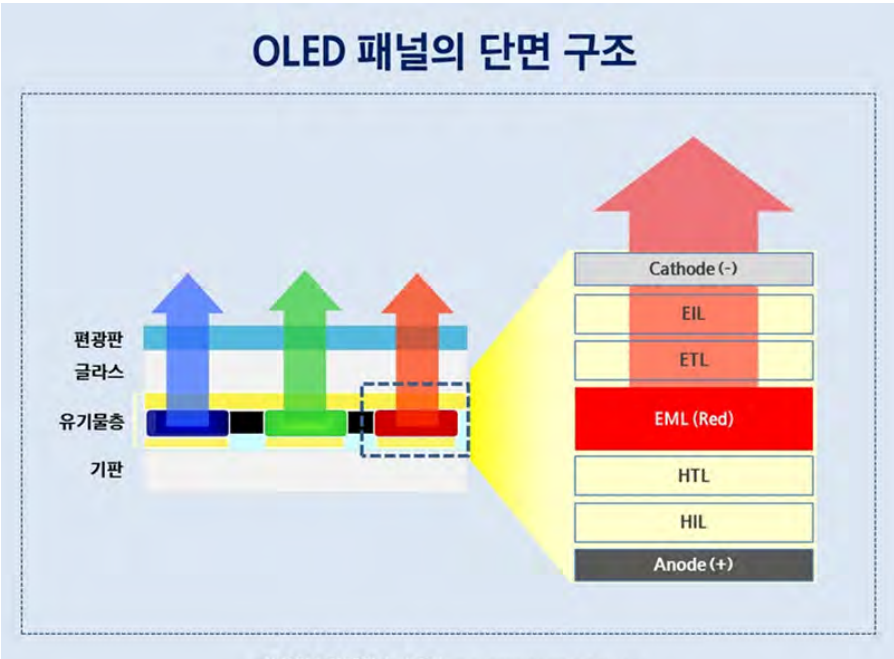


먼저 공진 원리의 기초가 되는 간섭의 원리를 보겠습니다. 파동이 서로 만나 중첩되면, 두 파동은 원래의 파동보다 진폭이 더 커지거나 작아질 수 있는데, 이러한 현상을 파동의 간섭이라고 합니다. 왼쪽 그림의 경우에는 파동 2개가 만나 진폭이(세로)이 커지므로 보강 간섭이라고 하며, 오른쪽 그림의 경우에는 파동이 합성됐을 때 진폭이 오히려 작아지므로 상쇄 간섭이라고 합니다. 이러한 파동은 빛에도 동일하게 적용됩니다. 따라서 빛에 보강 간섭의 원

리를 적용하면 더욱 강한 빛 즉, 더 밝은 빛을 얻을 수 있습니다.

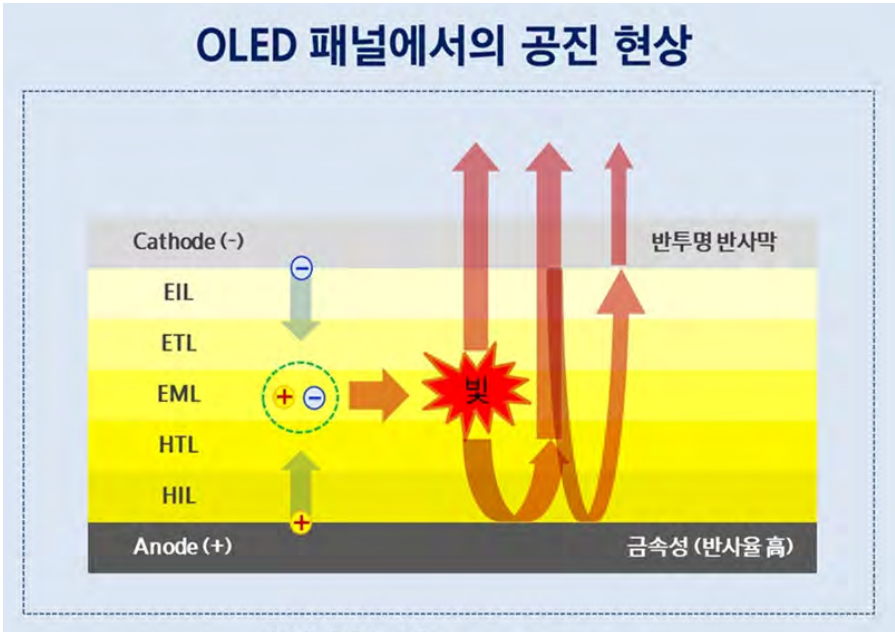
공진 현상을 이용한 OLED 구조

OLED의 Anode와 Cathode에서 각각 정공과 전자가 출발해 EML층에서 만나 발생한 빛은 반투명한 거울(Cathode측)을 빠져나가 우리 눈까지 도달합니다.



EML층에서 발생한 빛은 OLED 소자 내부의 다양한 계면에서 투과, 반사되는데, 이때 복잡한 간섭 현상이 나타나게 됩니다. 아래로 퍼져나간 빛은 Anode의 금속층에 부딪혀 위로 반사되고, 위로 퍼져나간 빛은 Cathode에 부딪히게 됩니다. 이때 전면발광 소자의 경우 우리 눈으로 빛이 나오는 방향은 위쪽이 되는데, Cathode는 빛의 입장에서는 반투명 반사막과 유사합니다. 따

라서 Cathode로 도달한 빛은 일부는 밖으로 빠져나가고, 일부는 다시 반사가 돼 아래로 내려갑니다.

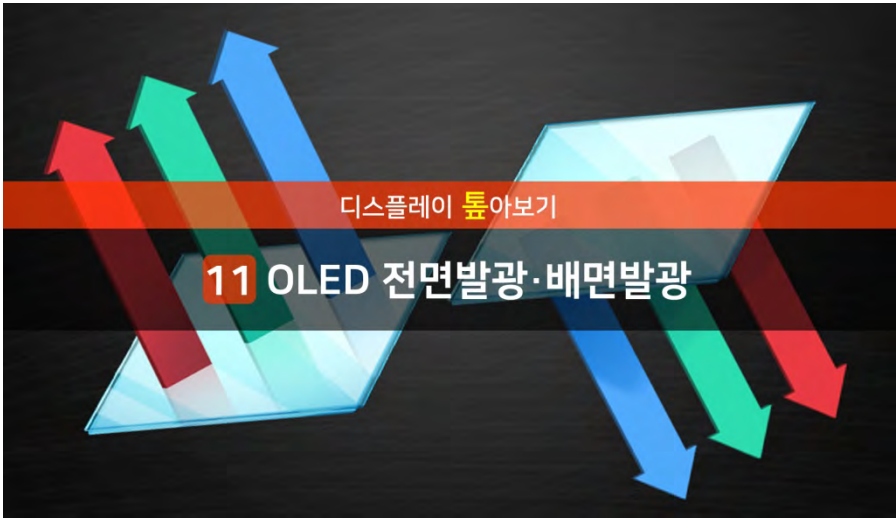


이렇게 반사된 빛들은 서로 간섭을 일으키게 되는데 이때 보강 간섭이 일어나며 공진 현상이 발생합니다. 물론 발광물질 자체의 고유진동수와 같은 공진 주파수(진동)를 형성하기 위해서는 발광재료의 광학적 물성, 구조 등 소자 개발 단계에서부터 빛의 파장을 고려한 섬세한 설계가 필요합니다.

빛이 보강 간섭을 일으키려면 그에 맞는 공진 두께를 만들어야 하는데, OLED와 외부의 다양한 적층막의 두께를 활용해 형성합니다. 해당 발광물질의 최적 공진 주파수를 만들어내는 막 두께와 맞아 떨어지게 유기물층의 두께를 만들어야 합니다. OLED 소자는 0.5um 이하의 매우 얇은 두께를 갖고 있

으므로, 가시광선의 파장인(380nm(Blue) ~ 780nm(Red))에서 다양한 공진현상이 나타나고 있습니다. 이러한 방식으로 약 1.5배 가량 광 효율을 높일 수 있습니다.

간섭과 공진이라는 자연 현상을 활용하면 발광 물체의 두께, 굴절률, 반사율을 조절해 원하는 파장에 대한 광학 특성 또는 화질 특성을 더 좋게 만들 수 있으므로 OLED에서는 이러한 원리를 유용하게 활용하고 있는 셈입니다.



OLED의 발광방식은 '전면 발광' 방식과 '배면 발광' 방식의 2가지로 나눌 수 있습니다. TFT(박막트랜지스터) 기판을 만든 후 빛을 위로 가게 할 것인지 아래로 가게 할 것인지를 정하는 방식으로, 오늘은 이 두 가지 방식을 알아보고 차이를 비교해보는 시간을 갖겠습니다.

OLED의 발광 원리

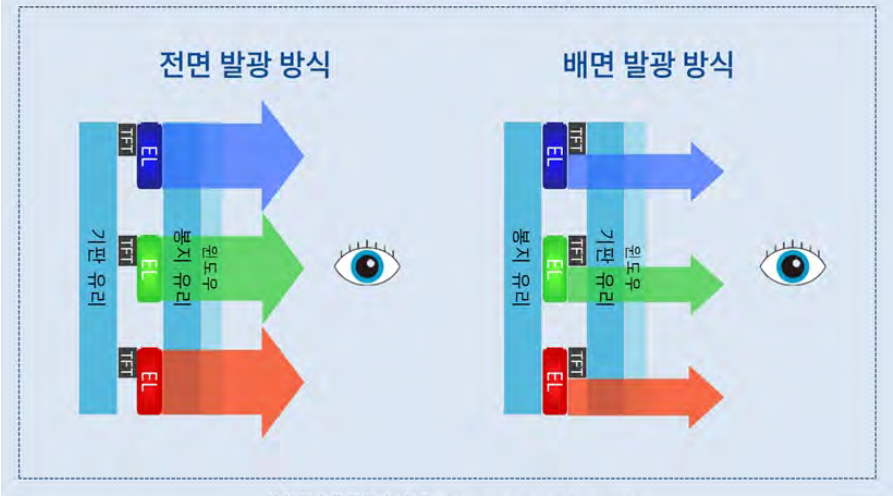
OLED는 전계발광(electroluminescent) 방식의 한 종류로 발광물질에 전기 에너지를 주입해 전자와 정공이 만날 때 빛이 발생하는 방식입니다. OLED는 빛을 내는 발광물질들로 이루어진 '발광층(EML; emission material layer)'에서 전자와 정공이 만나게 됩니다.

OLED의 발광 원리



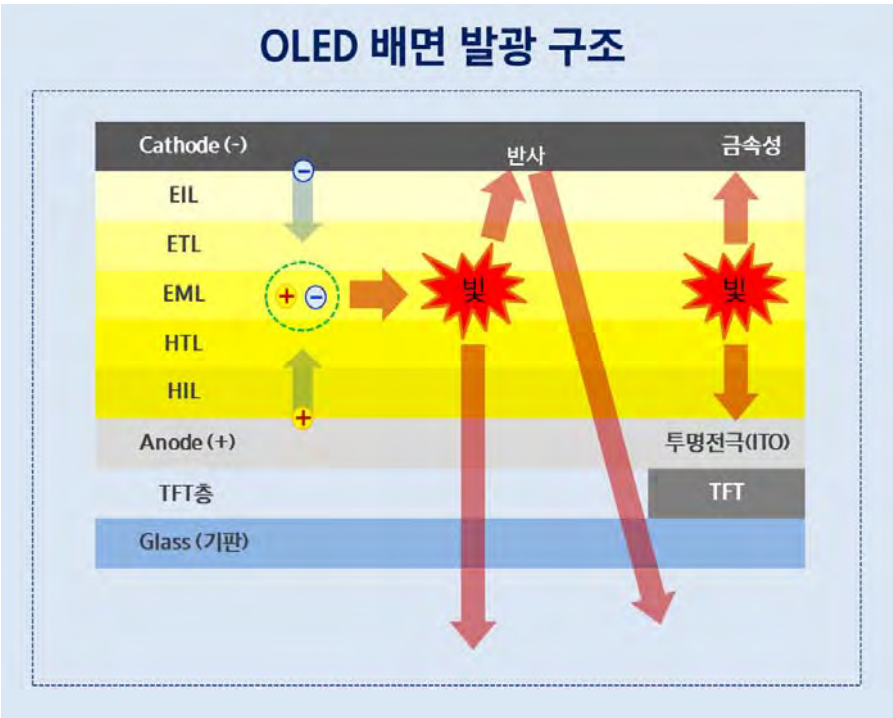
전면 발광 방식은 말 그대로 빛이 앞으로 나온다는 뜻입니다. OLED는 유리(Glass)가 가장 아래에 있고 그 위에 TFT(박막트랜지스터) 그리고 유기발광(EL)층의 순서로 구성됩니다.

OLED 전면/배면 발광 구조



유기발광층에서 생성된 빛이 기판의 반대 방향 즉, 유기물층(EL) → 윈도우를 거쳐 우리 눈으로 전달되는 방식을 '전면 발광' 방식이라고 합니다. 이와 반대로 유기물층(EL) → TFT → 유리 → 윈도우를 거쳐 우리 눈으로 전달되는 방식을 '배면 발광' 방식이라고 부릅니다. 각각의 특징에 대해 조금 더 자세히 알아볼 텐데요. 쉬운 이해를 위해 배면 발광 방식부터 살펴보겠습니다.

배면 발광 방식 (Bottom Emission)



배면 발광 방식은 OLED가 개발되던 초기에 등장한 방식이었습니다. 양극 (Anode)의 정공과 음극(Cathode)의 전자가 EML층에서 만나 생성된 빛이 사방으로 퍼져나갈 때 Cathode는 금속 소재였기 때문에 빛이 통과할 수가 없었

습니다. 대신 양극(Anode)은 투명전극(ITO)을 사용해 만들 수 있으므로 빛이 기판이 있는 방향을 통해서 나올 수 있었고, 또 Cathode에 반사된 빛도 함께 빠져나올 수 있었습니다.

하지만 스마트폰 등 소형 IT기기가 대거 등장하자 배면 발광 방식은 어려움에 부딪힙니다. 배면 발광의 경우 필연적으로 TFT(박막트랜지스터)와 회로라인을 거쳐서 빛이 나오게 되는데, 이 때 유기발광층의 빛 일부가 TFT 등에 막혀 밖으로 빠져 나오지 못한다는 단점이 있습니다.



TV와 같은 대형 디스플레이는 TFT가 빛을 일부 막아도 픽셀 자체의 발광 면적이 넓고 TFT와 픽셀 배치에 필요한 여유공간이 많기 때문에 원하는 빛의 양을 내는데 큰 어려움이 없습니다. 하지만 대형 OLED도 해상도가 높아지면

TFT가 많아져 배면발광의 문제점이 발생합니다.

특히 소형 디스플레이는 작은 화면에 작은 픽셀을 촘촘하게 배치해야 하므로 최대한 빛을 내는 면적을 늘릴 필요가 있는데, 배면 발광 방식은 빛의 양을 고려했을 때 고해상도, 고PPI 구현의 구조적인 어려움이 존재합니다. 물론 빛의 양을 늘리기 위해 픽셀에 투입되는 전력량을 늘려 더 밝게 빛을 내도록 할 수도 있지만, 이럴 경우 소비전력 증가와 더불어 발광 소자의 수명에 악영향을 줄 수 있으므로 적절한 해결 방법은 아닙니다. 따라서 모바일, IT기기용 디스플레이에는 현재 대부분 전면 발광 방식을 사용하고 있습니다.

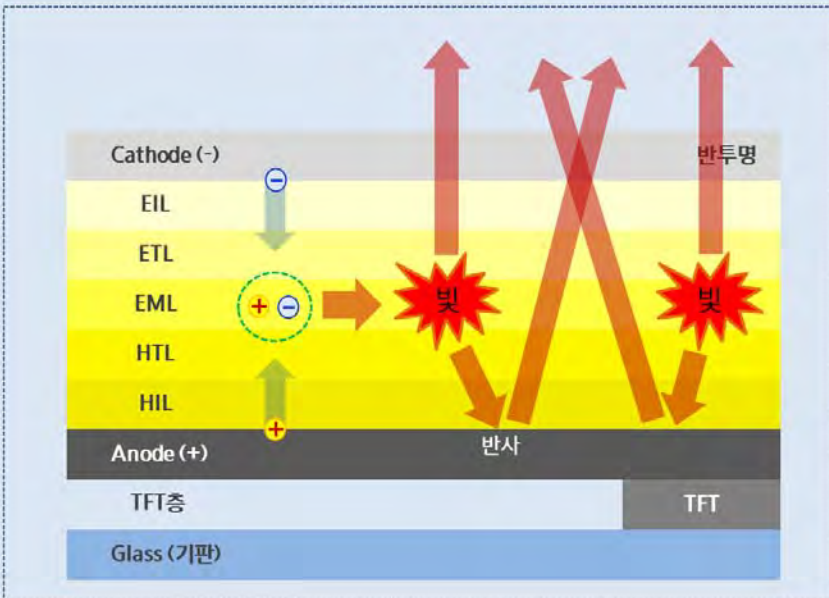
전면 발광 방식 (Top Emission)

전면 발광 방식은 앞서 설명한대로 기판이 있는 반대 방향으로 빛이 나오는 구조입니다. 전면 발광 방식이므로 배면 발광과 달리 기판 위에 회로들을 어떠한 모양으로 구성하든지 관계가 없고 가려지는 부분이 최소화 돼 빛이 나올 수 있는 면적이 넓어집니다. 하지만 전면 발광도 해결해야 할 문제가 있었는데, 바로 배면 발광과 달리 빛이 음극(Cathode)을 반드시 통과해야 한다는 점이었습니다.

전면 발광 방식의 픽셀

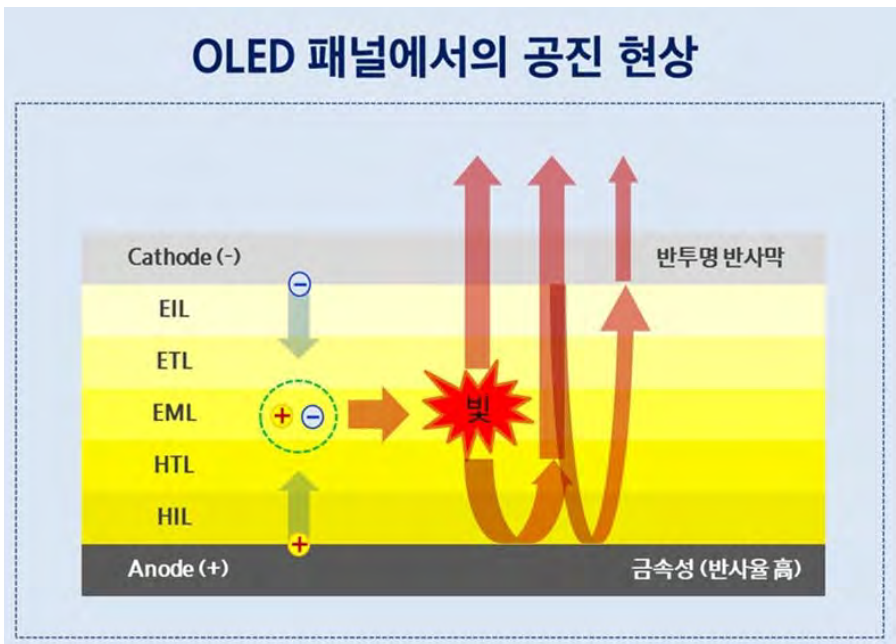


OLED 전면 발광 구조



오랫동안 금속(Metal) 재질로 만들어진 음극을 최대한 투명하게 만들기 위한 많은 연구가 있었고, 그 와중에 투명도를 무조건 높이는 것보다 빛의 양을 더욱 많이 발산할 수 있는 원리를 함께 발견하게 됩니다. 바로 미소공진(Microcavity) 현상입니다.

유기발광층(EL)에서 생성된 빛의 일부는 반 투명한 음극(Cathode)을 통해 빠져나가 우리 눈으로 들어오고, 나머지는 다시 반사되어 내려옵니다. 이때 재 반사가 이루어지게 되는데, 빛의 파장과 반사되는 거리의 공진주파수가 일치할 경우에 간섭 현상에 의해 광 효율을 증가시킬 수 있게 됩니다. 이 현상을 이용하여 중소형 OLED는 빛의 효율성을 상당히 높일 수 있게 되었습니다.



전면 발광 방식은 현재까지 다양한 연구개발을 거쳐 효율을 더욱 높여왔고, 플렉시블 OLED에도 적용이 되어 OLED의 핵심 기술로 자리잡았습니다.

또 배면 발광 방식의 경우에도 별도의 공정을 추가해 공진 원리를 활용할 수 있고, 전면 배면 상관 없이 양극과 음극의 투과율을 조절하는 방식으로 양면 발광을 구현할 수도 있기 때문에 OLED의 발광방식은 앞으로도 연구 개발의 잠재력이 많은 분야입니다.



OLED의 큰 매력은 화면을 유연하게 구부릴 수 있는 플렉시블 디스플레이 구현이 가능하다는 점입니다. LCD 등 기존의 디스플레이는 자유자재로 휘어지거나 접거나 둘둘 말거나 심지어는 섬유처럼 늘어나는 스트레처블 기능을 구현하기가 매우 어렵습니다. 오늘은 현재 사용되는 플렉시블 OLED 기술의 원리와 플렉시블 OLED 디스플레이의 종류를 소개해 드립니다.



먼저 플렉시블 OLED가 기존의 평평한 OLED와 어떻게 다른지부터 살펴 보겠습니다. 전통적인 OLED(Organic Light-Emitting Diode)는 일명 리지드(Rigid; 딱딱한) OLED라고 부릅니다. 딱딱한 이유는 디스플레이의 하부 기판과 보호 역할을 하는 봉지 재료가 유리이기 때문입니다. 우리는 디스플레이 공정에서 오랫동안 사용되었기 때문에 신뢰성이 높은 반면, 플렉시블과 같은 유연성은 거의 없습니다. 스마트폰과 같은 모바일 기기의 형태를 자유롭게 구현하려는 폼 팩터(Form factor) 혁신은 리지드 OLED로는 어렵습니다.

그렇다면 플렉시블 OLED는 유리 대신 어떤 소재를 사용해서 유연성을 확보했을까요? 지금부터 그 비밀을 풀어보겠습니다.

리지드 OLED가 유리를 쓰는 공정은 크게 2가지입니다. 앞서 언급한 유리 기판과 유리 봉지죠. 플렉시블 OLED는 유기 기판 대신 하부기판에는 PI(폴리이미드)를 사용하고, 유리 봉지 대신 얇은 필름인 TFE(Thin Film Encapsulation : 박막봉지)를 활용합니다. 유연성을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 기존 유리보다 최대 수십 분의 1까지 얇게 만들 수 있고 무게도 훨씬 가볍습니다.

유리 기판을 대신할 폴리이미드(PI)

PI는 일종의 플라스틱 소재로 유연성을 갖추고 있으면서도, 열에 강해 유리처럼 그 위에 TFT와 유기물층을 쌓을 수 있습니다. 따라서 기판을 유연하게 만드는 첫 단추입니다.

리지드 OLED vs. 플렉시블 OLED



하지만 PI는 애초에 액체 형태입니다. TFT, 증착 등 디스플레이를 만드는 기판으로 쓰기 위해서는 공정초반부에 캐리어 글라스라고 불리는 유리기판 위에 PI물질을 바른 뒤 굳힙니다.

플렉시블 OLED 패널 제조 공정

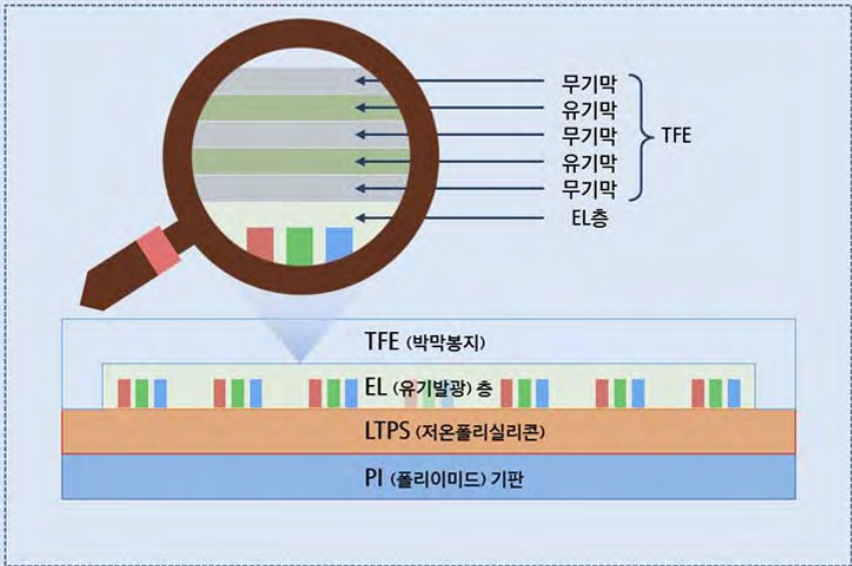


다음으로 리지드 OLED와 유사한 TFT와 증착, 봉지 공정을 거친 뒤 레이저를 이용해 캐리어 글라스를 떼어냅니다. 이 과정을 Glass Laser Lift-off라고 부르며, 건축에 비유하자면 거푸집을 만들어 놓고 나중에 떼어내는 개념과 유사합니다.

유리 봉지를 대신할 박막봉지(TFE)

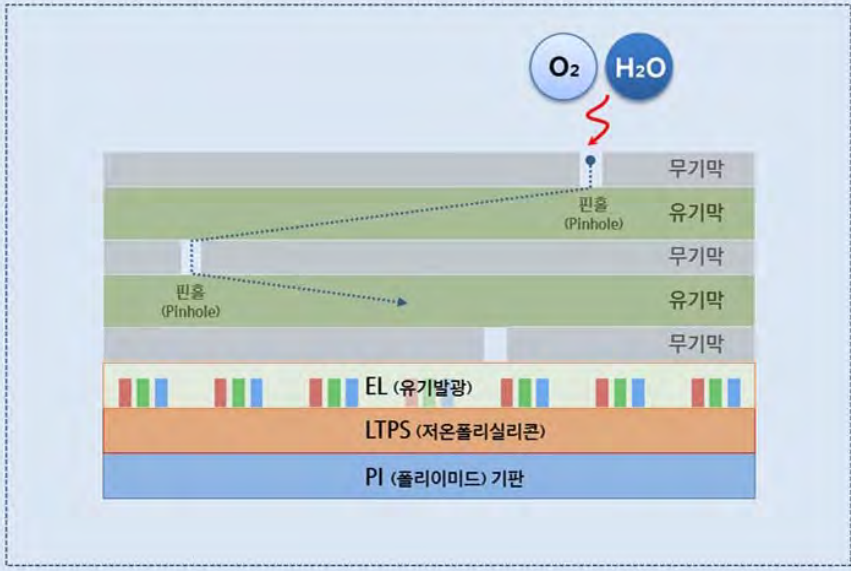
PI와 함께 플렉시블 OLED를 구현할 수 있는 또 하나의 핵심기술은 TFE입니다. TFE는 앞에서 자세히 다루었습니다만, 간단히 다시 소개를 하겠습니다.

TFE(박막봉지)의 구조



기존 리지드 OLED의 경우에는 유리를 사용해 유기물층 상단에 봉지를 구현했습니다. 공기와 습기를 막아주는 가장 일반적이면서도 강력한 방법이지만 플렉시블 디스플레이에는 부적합한 소재이기에, 기능은 유지하면서도 유연성을 구현할 방법이 필요합니다. TFE는 유기물층 위에 무기막/유기막을 번갈아 적층하며 외부로부터의 오염물질 침투를 막는 기술입니다. 무기막은 침투를 막아주는데 효과적이지만 핀홀(Pinhole)이라 불리는 취약점이 존재합니다. 이때 무기막과 유기막을 교대로 여러 겹 적층 하면, 유기막은 무기막의 핀홀을 채우게 되고, 이런 구조를 통해 공기와 수분의 침투 경로가 지그재그 형태로 매우 길어지게 돼 핀홀의 문제는 상당부분 제거됩니다.

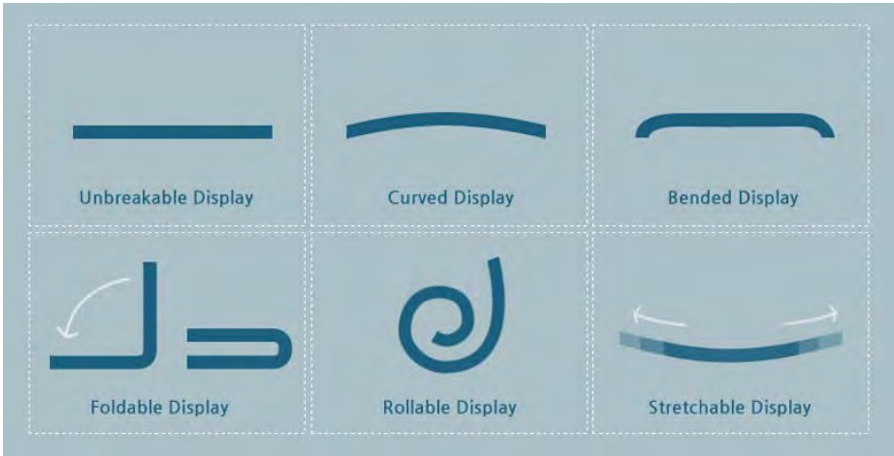
TFE(박막봉지)의 작동 원리



PI부터 TFT(박막트랜지스터), 유기물 EV(증착), TFE 공정까지 모두 완료되면 비로소 플렉시블 OLED 디스플레이가 완성됩니다. 이 패널은 각 모바일 제조사가 원하는 형태로 자유롭게 활용하게 됩니다. 갤럭시노트9을 비롯한 최신 스마트폰에 사용되는 엣지 디자인의 스마트폰에도 이러한 플렉시블 OLED가 적용되었습니다.

플렉시블 OLED의 현재와 미래

디스플레이가 구부러질 수 있다면 어떤 모양으로 구현해 볼 수 있을까요? 현재는 아래 그림과 같은 모양이 플렉시블 디스플레이의 대표적인 예시입니다



먼저 가장 기본적인 특성을 구현한 예로 언브레이커블(unbreakable) 디스플레이가 있습니다. 플렉시블 OLED는 유리를 사용하지 않기 때문에 원리적으로 깨지지 않는다는 개념입니다. 그리고 디스플레이를 완만하게 구부리면 커브드(Curved) 디스플레이가 되고, 양쪽 끝만 살짝 구부리면 벤디드(Bended) 디스플레이를 만들 수도 있습니다. 엣지(edge) 형태의 스마트폰 디스플레이가 이러한 벤디드 형태입니다. 여기까지가 상용화 된 단계이고, 앞으로 모습을 드러낼 형태는 크게 3가지로 예상합니다.

먼저 지갑처럼 접을 수 있는 폴더블(Foldable) 디스플레이입니다. 사용하지 않을 때는 접어서 작게 만들어 휴대성을 높이고, 사용할 때는 넓게 펼쳐서 대화면을 구현할 수 있는 것이 큰 장점입니다. 다음으로 일명 두루마리 디스플레이라고 불리는 롤러블(Rollable) 디스플레이가 있습니다. 마치 신문을 돌돌 말았다가 펼쳐 보거나 커튼의 일종인 롤스크린처럼 평소에는 위로 감아 올렸다가 화면이 필요할 때 감겼던 스크린을 펼치는 것과 유사한 방식으로 사용할 수 있습니다. 마지막으로는 섬유처럼 잡아 당기거나 누르면 화면이 늘어나는

스트레처블(Stretchable) 디스플레이도 있습니다. 웨어러블이나 패션용 소재처럼 다양한 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대를 모으고 있습니다.

Video

Link : https://youtu.be/_EMBTHbkXnE

▲ SID 2017에 공개된 삼성디스플레이 스트레처블 OLED
(스트레처블 OLED를 상부와 측면부에서 동시에 촬영해 영상 합성)



이번 시간에는 다양한 영역에서 활용되고 있는 평판 디스플레이의 대표 제품, LCD의 기본 작동 원리에 대해 살펴보겠습니다.

LCD(Liquid Crystal Display, 액정표시장치)는 '액정'을 핵심 소재로 한 평판 디스플레이입니다. 액정(液晶, Liquid Crystal)이란 액체와 고체의 성질을 함께 가지고 있는 물질로, 고체의 결정이 갖는 규칙성과 액체의 유동성을 모두 지닌 물질이라는 뜻에서 액체결정, 줄여서 액정이라고 부릅니다.

액정은 상당히 오래 전에 발견되었습니다. 액정은 1854년 처음 발견되었고, 1888년 오스트리아의 생물학자 Reinitzer에 의해 비로소 '액정'이라는 이름으로 불리게 됩니다. 이후, 1920년대에는 많은 연구자들이 약 300여종의 액정을 합성해 발표했고, 액정에 전기 자극을 주어 상태를 변형하는 연구가 이어집니다. 1960년대에는 액정이 광학적 효과를 나타낸다는 사실이 과학 잡지

네이처(Nature)에 발표되었고, 이때부터 액정의 실용화 연구는 본격 궤도에 올라 이후 다양한 방식의 LCD 가 화질과 성능을 높여 제품화되기에 이릅니다.

LCD 는 정보를 표현하기 위해 외부의 빛(광원)을 필요로 하는 디스플레이 입니다. 액정 자체가 빛을 내지는 않기 때문입니다. 따라서 패널 뒷면에서 백색의 빛을 비추는 백라이트(Back Light)의 도움을 받아야 하고, 다양한 색을 표현하기 위해 컬러필터(Color Filter)를 함께 사용해야 합니다.



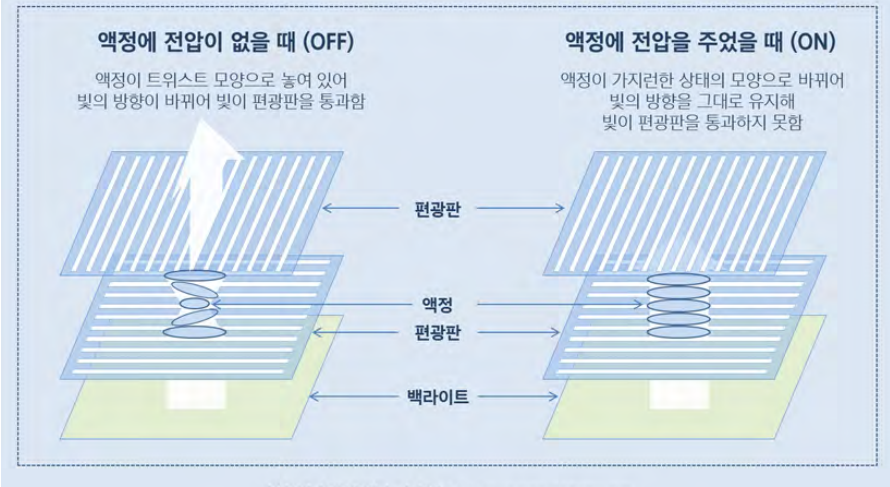
그럼 액정을 어떻게 활용하길래 디스플레이의 핵심 소재로 활용할 수 있을까요? 기본 원리는 빛의 방향성에 숨어 있습니다. 빛, 조금 더 구체적으로 말해서 빛의 근원인 광원은 기본적으로 360 도 뻗어나가는 특성이 있습니다. 집

안에 켜 놓은 전등이 집 전체로 빛을 퍼뜨리며 공간을 밝히는 것과 같습니다. 이러한 광원에 일정한 방향성을 주고 그 빛이 액정을 통과하도록 하고, 전류를 이용해 액정을 움직이게 하면 원하는 빛의 방향을 조절할 수 있게 하는 것이 기본 원리입니다. 그럼 구체적인 원리를 아래 그림과 같이 보겠습니다.

※ 참고로 LCD 의 액정 구조는 다양한 방식이 개발되어 있으므로, 이번 튜 아보기에서는 그 중에 가장 기본적인 모델인 TN(Twisted Nematic) 방식의 Normally White(전압을 가하지 않은 기본 상태에서 빛을 통과시킴)를 기준으로 설명 드립니다.

먼저 편광판이라고 불리는 패널 2 장을 준비합니다. 편광판(偏光板, polarizer)이란 특정한 각도의 빛만 통과시키는 기능을 합니다. 밀가루 반죽을 만들어 놓고 가늘게 흠을 판 '틀'을 통과시키면 흠의 모양대로 반죽이 밀려나 오듯이 빛도 편광판을 통과할 수 있는 부분만 빠져나오므로 흠을 통과할 수 있는 각도의 빛만 일정한 방향성을 유지한 채로 편광판을 빠져나옵니다. 이렇게 되면 빛이 일정한 방향성을 갖게 됩니다.

액정과 편광판의 구성



2 장의 편광판을 각각 위 아래로 배치한 후 그 아래에 광원인 백라이트를 겁니다. 그럼 아랫쪽 편광판을 통과한 빛이 위로 올라가고, 그 빛은 이어서 윗쪽 편광판을 만나게 됩니다. 만약 이때 윗쪽 편광판이 놓은 방향이 아랫쪽과 같다면 아랫쪽에서 올라온 빛은 대부분 그대로 윗쪽 편광판을 통과할 것이고, 반대로 윗쪽 편광판을 아랫쪽과 직각으로 만나게 돌려 놓는다면 대부분의 빛은 윗쪽 편광판을 통과하지 못하게 됩니다. LCD 는 바로 빛이 직각 상태로 만나게 해 빠져나갈 수 없게 한 뒤 그 사이에 액정을 배치함으로써 액정의 움직임에 따라 빛의 각도를 틀어줘 빠져나가는 빛의 양을 조절하는 원리를 이용합니다.

액정에 전압을 가하면 액정을 움직일 수 있기 때문에, TFT 로 전압을 가해 액정을 그대로 두거나 모양이 비틀어지게 할 수 있습니다. 액정은 빛을 통과시키는 광학적 특성이 있으므로, 비틀어진 모양이 되면 액정으로 들어온 빛도

비틀어진 모양을 따라서 이동합니다. 이러한 액정의 특성을 활용하면 서로 직각으로 엇갈린 편광판 사이에서도 액정이 90 도로 비틀어지게 놓이면 빛은 마치 편광판이 서로 같은 방향을 바라보고 있는 것처럼 대부분 위로 빠져나갈 수 있게 됩니다.

Video

Link : <https://youtu.be/Bf3547WB5qs>

▲ LCD의 구동 원리

이렇게 빛이 빠져나가는 양에 따라 우리가 눈으로 보는 디스플레이의 밝기가 달라집니다. 액정이 움직이지 않아서 빛이 아예 빠져나가지 못해 막힌 상태가 되면 화면은 어둡게 꺼져있는 것으로 보이게 됩니다. 하지만 액정 자체는 백라이트의 빛을 유도하는 역할만 하므로, 스스로 다양한 색을 내지는 못합니다. 그래서 액정과 편광판을 통과한 빛이 여러 가지 색을 표현하기 위해서는 컬러필터라는 층을 한번 더 거쳐야 합니다.

컬러필터(color filter)는 빛을 통과시키면 해당 필터의 특성에 따라 색이 나타나도록 하는 기능을 하는데, 셀로판지와 비슷합니다. 가시광선의 다양한 색을 표현하기 위해서는 빛의 삼원색인 빨간색(R), 녹색(G), 파란색(B)이 필요하기 때문에 이렇게 3 가지 색의 컬러필터가 각각의 픽셀마다 배치됩니다. 그리고 각 픽셀의 3 가지 색상마다 그 아래에 각각을 담당하는 액정이 있고, 그 액정이 빛의 양을 조절해 RGB 의 색 농도를 조절합니다. 이렇게 해서 수백만의 다양한 색을 표현하게 되는 원리입니다.

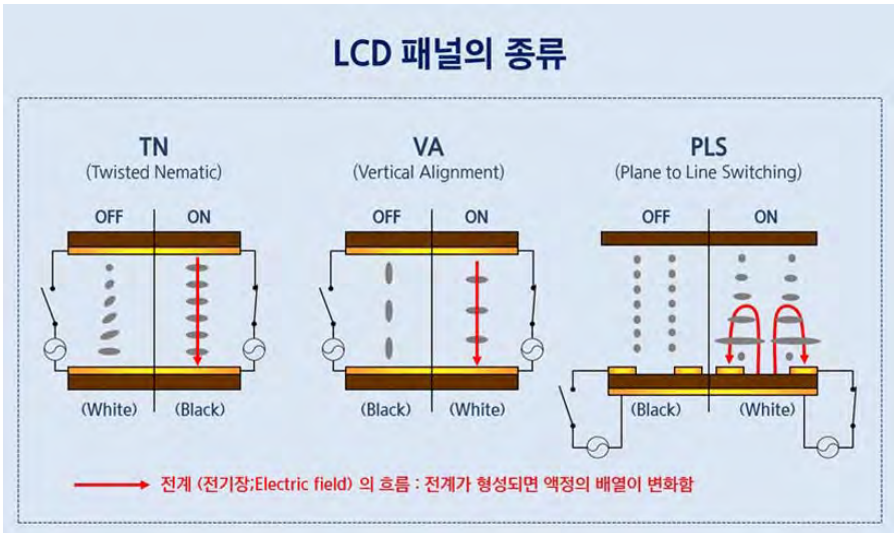


이번에는 액정의 작동 방식에 따라 구분한 LCD 패널의 종류를 알아보겠습니다.

LCD 패널은 모두 액정(Liquid Crystal)을 사용한다는 점에서 동일하지만, 액정을 활용하는 방법에 따라 여러 가지로 구분합니다. 전통적인 방식인

TN(Twisted Nematic) 방식이 기본 작동 원리로 많이 알려져 있고, 현재는 수직전계방식인 VA(Vertical Alignment)와 수평전계방식인 PLS(Plane to Line Switching) 등이 프리미엄 제품용으로 널리 사용되고 있습니다.

오늘은 이 3가지 방식에 대해서 그 구조와 작동원리를 살펴보겠습니다.



TN (Twisted Nematic) 방식

TN은 1971년 스위스에서 최초로 개발된 가장 전통적인 LCD 패널 방식입니다. 기본적으로 액정이 기판과 나란한 방향으로 (0도) 수평으로 놓여 있으며, 두 장의 상하 기판 사이에서 뒤틀린 배열을 갖추고 있어 이 패널 내부를 항상 빛이 통과하는 Normally White 방식이며, 전압을 가하면 액정이 기판 표면으로부터 90도로 일렬 배치 되면서 백라이트로부터 나온 빛이 편광판을 빠져 나가지 못하게 되어 Black 화면이 구현되는 구조입니다.

TN방식은 구조가 단순하고 생산 비용이 낮아 가격이 저렴하지만, 시야각이 좁기 때문에 화면을 정면이 아닌 각도에서 볼 때 색이 변하거나, 빠른 화면 전환시에 잔상이 생기는 문제점이 있어 이 후에 STN(Super Twisted Nematic) 등으로 개선된 방식이 등장했습니다. 하지만 TN의 근본적인 구조상 시야각과 색반전 현상을 완벽하게 해결하기는 어려워 다른 방식의 LCD 패널들이 등장하게 됩니다.

VA (Vertical Alignment) 방식

VA는 TN과 달리 액정의 구조를 수평이 아닌 수직으로 배열한 방식으로, 전압을 가하면 액정이 수평 방향으로 바뀝니다. 전압을 가하면 전계 즉, 전기장이 위아래로 형성되므로 '수직전계방식'이라고 분류하며, 이 전계의 방향을 따라 액정이 수직에서 수평으로 배열됩니다. 수직 상태에서는 빛이 편광판을 통과하지 못하는 구조이며, 수평이 되었을 때 빛이 편광판을 통과하는 구조로 설계되므로, 전압을 가했을 때 밝은 화면을 볼 수 있습니다.



▲ VA방식의 삼성전자 49" (32:9), 3840x1080 해상도 모니터

VA방식은 블랙 색상에 대한 표현력이 상당히 우수해 높은 명암비를 구현할 수 있으며, 색 표현력이 뛰어나 그래픽 작업 등에서 좋은 특성을 발휘합니다. 동시에 넓은 시야각을 갖춰 TV·모니터·노트북용 LCD로 다양하게 활용되고 있습니다. 특히 액정의 수직배열의 특성 덕에 커브드 LCD 구현이 가능한 점이 큰 장점으로 꼽힙니다.

PLS (Plane to Line Switching) 방식

PLS는 VA와 액정 방향에서 대비가 되는 방식으로 전계가 수평 방향으로 형성되는 '수평전계방식'입니다. 액정이 평소에는 수평으로 놓여있다가, 전압을 가하면 수평 전계의 흐름에 맞춰 일정 부분만 각도가 바뀌면서 백라이트의 빛이 편광판 위로 올라갈 수 있도록 하는 방식으로, 유사한 원리를 활용한 LCD 패널 기술로 IPS(In Plane Switching), FFS(Fringe Field Switching)가 있습니다.

PLS는 TN이나 VA와 달리 전극이 모두 한쪽에 몰려 있다는 차이가 있습니다. 수평전계 형성을 위한 전극 설계로, 전압을 가하면 아래쪽에서 출발한 전계의 흐름이 위쪽을 지나 다시 아래쪽으로 내려오게 되고, 액정은 전계에 반응해 방향을 바꾸는 원리입니다.

PLS는 TN에 비해 시야각이 넓기 때문에 측면에서 보더라도 시인성이 상당히 좋을 뿐만 아니라, 액정이 수평으로 놓여 있어 터치를 해도 화면 번짐이 없다는 장점이 있습니다.



이번에는 LCD 제조 과정 중 컬러필터 공정에 대해서 알아보겠습니다. LCD 패널을 만드는 과정은 1) TFT(박막트랜지스터) 제작, 2) 컬러필터(color filter) 제작, 3) 합착/셀/액정주입, 4) 모듈 공정으로 크게 4 단계로 나눌 수 있습니다.

TFT와 컬러필터는 각각의 공정에서 따로 진행을 합니다. 각각의 패널이 완성되면 두 패널을 위아래로 붙이는 작업을 하는데 이것을 합착이라고 부릅니다. LCD는 TFT가 액정을 조절하고 액정을 통과한 빛이 컬러필터를 통과하며 색을 내는 방식이기 때문에, 두 패널 사이에 액정이 있어야 합니다. 따라서 두 패널을 합착할 때 완전히 밀착시키면 중간에 액정을 넣을 수 없으므로 두 패널 사이에 스페이서라는 공간 확보를 위한 아주 작은 기둥들을 세웁니다. 그 후에 액정을 주입한 다음 모듈화 단계로 이동해 PCB와 같은 구동에 필요한 장치들을 붙이면 LCD 패널 모듈이 완성됩니다.

LCD 패널 제조 공정

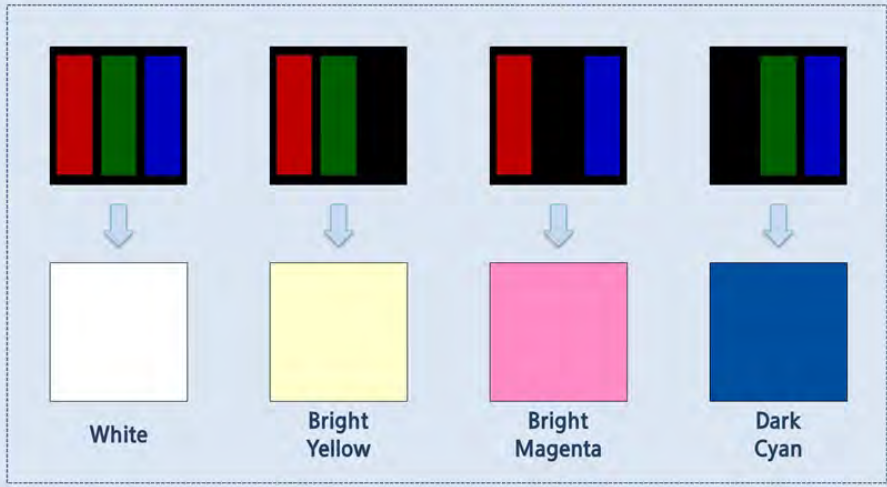


LCD 제조 과정에서 TFT는 이미 앞선 LTPS 제조공정에서 자세히 소개했으므로, 오늘은 해당 내용을 생략하고 컬러필터(color filter)에 대해 살펴보겠습니다.

컬러필터(color filter) 란?

컬러필터(color filter)는 빛을 통과시키면 해당 필터의 특성에 따라 색을 나타내는 기능을 하는데, 셀로판지에 빛을 비춘다고 생각하면 비슷합니다. 만약 컬러필터가 없다면 LCD는 흑백TV처럼 밝고 어둡게만 표현이 될 것입니다. 디스플레이가 다양한 색을 표현하기 위해서는 빛의 삼원색인 빨간색(R), 녹색(G), 파란색(B)이 필요하기 때문에 이렇게 3가지 색의 컬러필터가 개별 픽셀마다 배치됩니다. 컬러필터 하나의 영역을 서브픽셀(sub-pixel)이라고 부르며 이 서브픽셀들이 조합돼 수백만의 다양한 색을 표현하게 되는 원리입니다.

서브 픽셀의 조합을 이용한 색 표현



컬러필터의 구조

앞서 본 그림은 컬러필터가 입혀진 픽셀을 위에서 본 모습입니다. 그림 컬러필터의 단면도를 통해 구체적인 구조를 살펴보겠습니다.

컬러필터의 구조



컬러필터는 가장 아래에 유리 글라스를 놓고 시작합니다. 그 위에 컬러필터 간의 색 경계 역할을 하는 BM(블랙매트릭스)이 있습니다. BM은 빛샘을 방지하는 역할과 TFT의 누설전류 증가를 방지하는 역할도 합니다. BM과 BM사이에는 RGB의 색을 내는 컬러필터가 차례로 놓입니다. 그 위에는 높이가 제각각인 컬러필터층을 평평하게 만들어주는 오버코트(over coat) 층이 있고, 맨 위에는 TFT와 더불어 액정을 구동할 수 있는 장치인 공통전극(ITO;indium tin oxide)이 놓이게 됩니다.

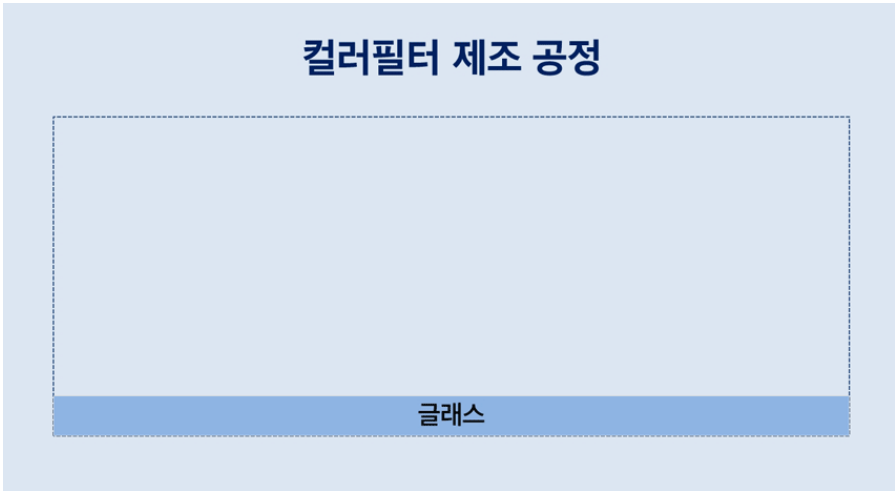
컬러필터 제조 과정

컬러필터 공정 역시 TFT를 만드는 방법과 유사한 원리로 PR(photo resist) 방식을 사용하므로 노광/현상/식각 공정이 있습니다. 컬러필터 공정의 첫번째 단계는 글라스 위에 BM을 만들어주는 일입니다. BM이 만들어지면 이제 각 서브픽셀의 영역이 확보된 셈입니다.

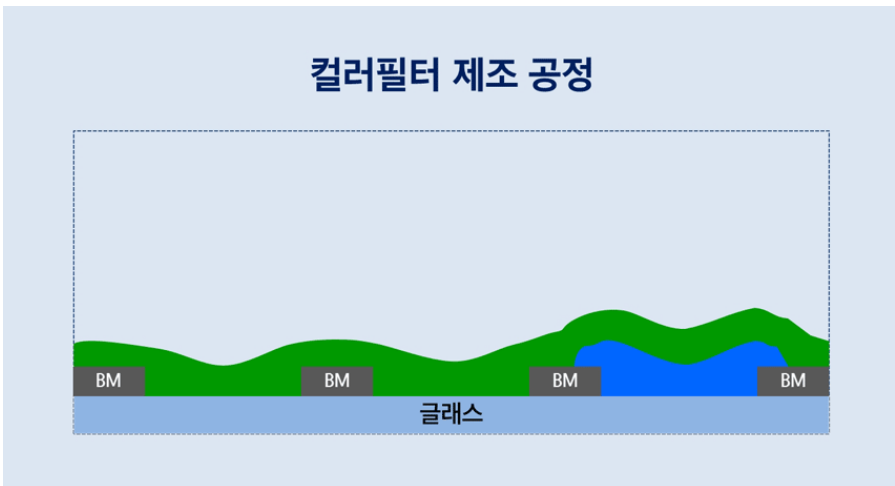
다음은 픽셀마다 주어진 RGB 서브픽셀 영역에 각각의 색에 알맞는 컬러필터 소재를 입히는 단계입니다. 컬러필터 공정은 RGB 각각의 색을 컬러PR 도포 → 노광 → 현상 순으로 진행하며 컬러 하나마다 기판 전체에 소재를 입히고 불필요한 부분은 제거하는 방식을 사용합니다. 컬러필터 소재를 입히는 방법에는 여러 가지가 있는데, 중앙에 액상을 뿌린 후 판을 회전시켜 도포하는 스핀(spin) 방식과, 프린터처럼 노즐을 이용해 전체 면에 고르게 입히는 슬릿 slit) 방식 등이 있습니다.

제조사별로 색을 입히는 방식과 순서가 다르므로 블루(B), 그린(G), 레드(R) 순서를 기준으로 설명하겠습니다. 먼저 BM이 완성된 컬러필터 기판에 블루

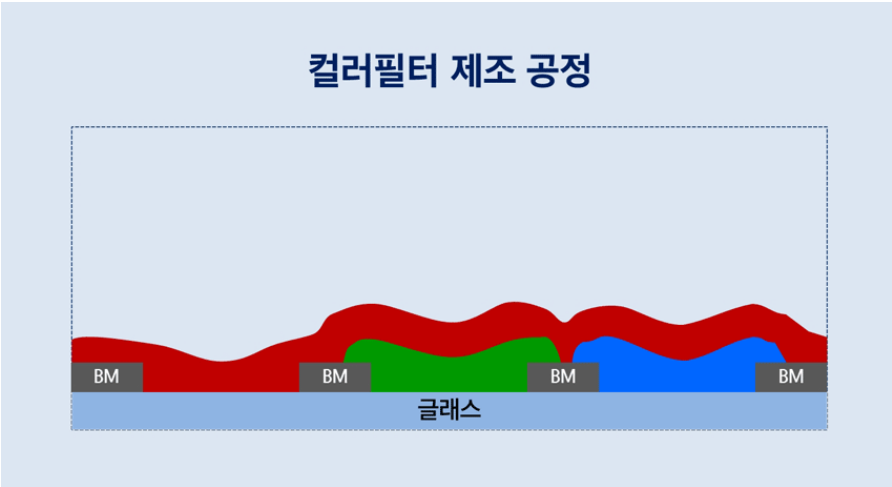
소재를 고르게 도포합니다. 그 후에 마스크를 이용해 블루가 남아있어야 할
곳만 노광시키고 나머지 영역에서는 블루를 제거합니다.



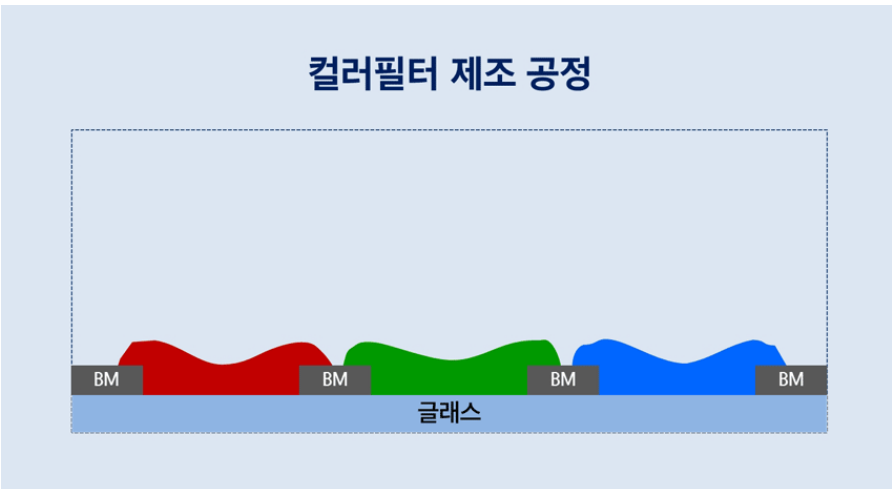
블루까지 완성된 기판에 이번에는 그린 소재를 도포합니다. 마찬가지로 이
번에는 그린을 남겨야 하는 영역만 마스크를 통해 노광시키고 나머지 부분
에서는 그린 소재를 제거합니다.

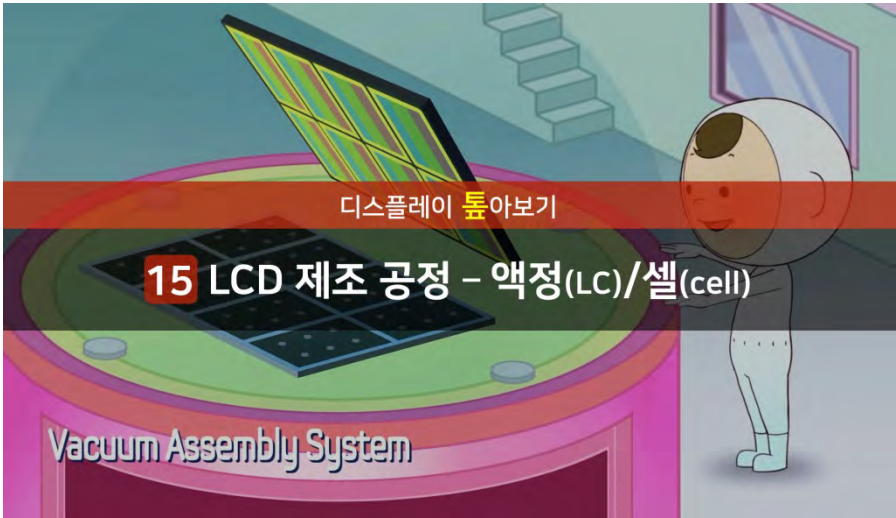


역시 같은 방식으로 레드 소재를 입히고 노광시키면, RGB가 각각 독립적인 영역을 차지하고 제 역할을 할 수 있게 됩니다.



각각의 컬러필터는 높낮이가 서로 달라서 평탄하지 않으므로, 추후 합착 등의 공정을 위해서는 평탄화 작업이 필요합니다. 그래서 RGB층 위에 오버코트(OC)층을 마련해주며, 오버코트층은 동시에 아래 층을 보호해주는 역할도 하게 됩니다. 마지막으로 그 위에 전극의 역할을 하는 ITO 층을 입혀주면, 컬러필터의 대표적인 공정은 마무리가 됩니다.





이번 편에서는 지난 시간에 튜아본 LCD 컬러필터(color filter) 제조 과정 이후의 단계인 '액정(liquid crystal)'과 '셀(cell)' 공정을 소개해 드리겠습니다.



LCD 패널을 만드는 과정은 그림과 같이 TFT(박막트랜지스터)와 컬러필터(color filter) 제작 그리고 TFT와 컬러필터를 하나로 합치는 '합착' 과정으로

이어집니다. 그리고 합착된 패널을 TV 또는 모바일 기기의 스크린에 맞게끔 자르는 '절단(scribe)' 공정을 진행하고 액정을 주입 후, 마지막 단계인 '모듈' 공정까지 마치면 하나의 완성된 LCD 패널이 탄생하게 됩니다.

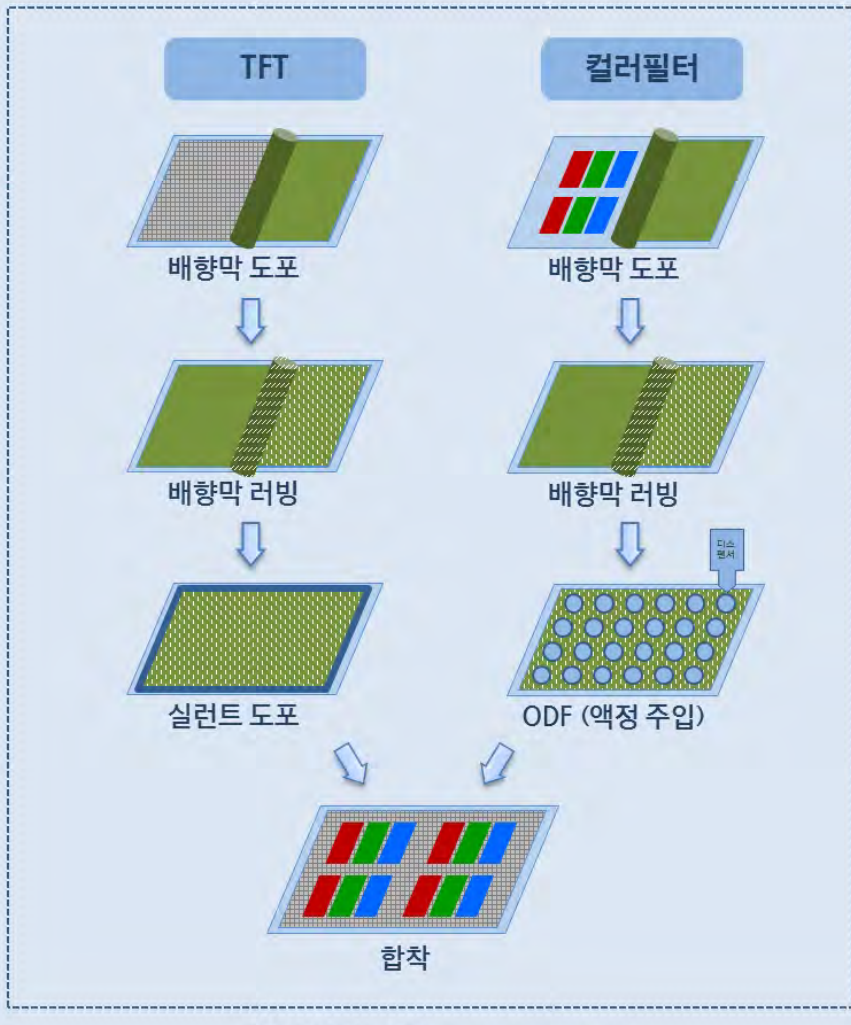
액정(LC) 공정

우선 제작이 완료된 TFT와 컬러필터 기판을 각각 준비합니다. TFT와 컬러필터를 세정해 기판 위의 이물질을 제거합니다. 이어서 PI공정을 거치는데 PI(Polyimide)는 액정이 기판 표면에서 특정 방향으로 배열될 수 있도록 도와주는 물질로, LCD에서는 PI가 도포된 층을 배향막(背向膜)이라고 부릅니다.

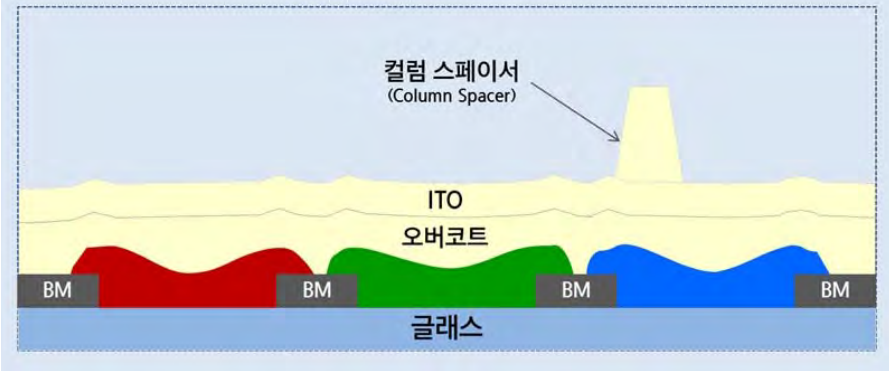
배향막이란 '방향을 배열하는 막'이라는 뜻으로, 나중에 액정을 주입할 때 액정을 원하는 위치와 방향으로 정렬되도록 홈을 형성하는 층입니다. TFT와 컬러필터 기판 양쪽 모두에 배향막을 인쇄한 후 러빙(rubbing)포로 배향막에 액정이 들어갈 홈을 만들어주는 패터닝 작업을 합니다. 나중에 이 홈 사이로 액정들이 설계한 방향으로 자리잡게 됩니다.

이어서 TFT에는 접착제의 일종인 실런트(sealant)를 도포합니다. 실런트는 TFT와의 접착제 역할을 할 뿐만 아니라 추후에 액정이 각각의 셀 패널 안에 머물도록 하는 격벽의 기능도 함께 합니다.

액정(Liquid Crystal) 공정

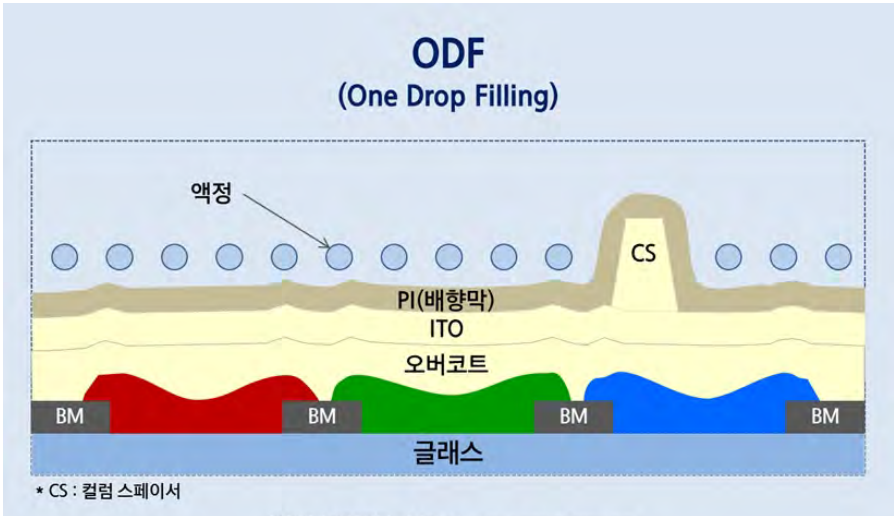


컬럼 스페이서 (Column Spacer)



컬러필터에는 액정을 주입합니다. 입자를 고르게 뿌려주는 장비인 디스펜서(dispenser)를 이용해 액정을 기판 위에 떨어뜨리는데 이 과정을 ODF(one drop filling)라고 합니다. ODF는 진공 상태에서 LCD 패널의 한 쪽 글라스에 액정 입자를 떨어뜨린 후 다른 한쪽의 글라스를 덮어 액정이 퍼지도록 함으로써 액정을 주입/배치하는 공정 방식입니다. 예전에는 합착을 먼저 한 후 대기압 상태에서 삼투압을 이용해 액정을 주입하는 Vacuum Filling 방식을 사용하였으나, 최근에는 공정시간 및 공정 프로세스 단축이 가능한 ODF 방식을 사용하고 있습니다.

TFT와 컬러필터를 합착할 때 완전히 밀착되어서는 안됩니다. 컬러필터와 너무 가까이 붙어 버리면 액정이 들어갈 공간이 확보되지 않기 때문입니다. 그래서 사전에 컬러필터를 만들 때 마지막 단계에서 스페이서(spacer)를 적층해 공간을 확보하는 방법을 사용합니다. 또는 합착 단계에서 컬러필터에 스페이서들을 배치해서 합착시 공간을 확보하기도 합니다.

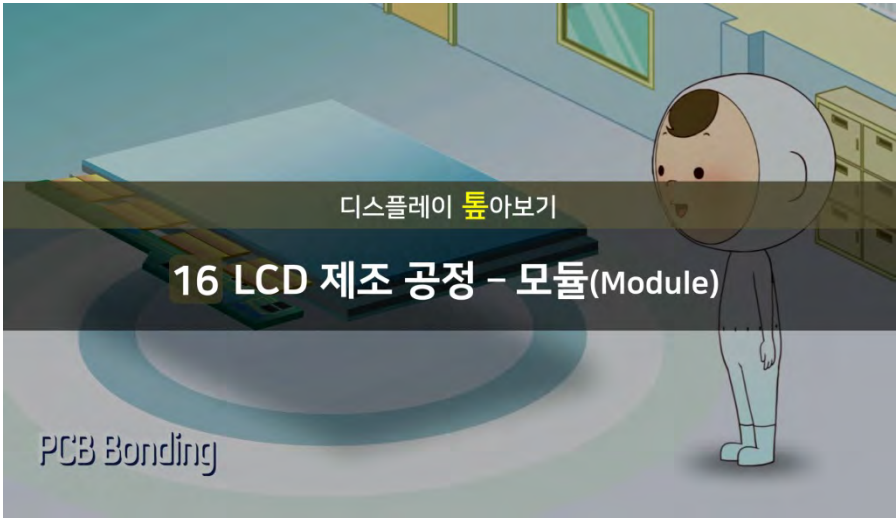


실런트 인쇄와 ODF, 스페이서 공정까지 끝나면 TFT와 컬러필터의 합착을 진행합니다. 진공상태에서 양 기판을 정밀하게 붙이면 액정이 셀 안으로 골고루 퍼져서 자리를 잡고, 그 후에 미리 발라두었던 실런트를 UV(자외선)로 경화시켜 합착이 단단하게 이루어지도록 합니다.

셀(cell) 공정

합착이 끝난 기판은 TV 또는 모바일 등 사용될 제품 용도에 맞는 크기로 잘라서 사용해야 합니다. 즉, 커다란 원장 기판을 여러 개의 셀 단위로 자르는 것입니다. 원장 기판의 크기에 따르겠지만 TV 용도로는 원장 하나를 서너 개로 자르기도 하고, 모바일용은 크기가 작으므로 수백 개 단위로 잘라내기도 합니다. 이렇게 절단이 끝난 작은 사이즈의 개별 패널을 '셀(cell)'이라고 부릅니다.

절단 도구로는 주로 원형휠이 달린 절단 장비를 사용합니다. 원형 테두리 부분이 날카로운 칼날로 만들어진 일반적인 노멀휠(normal wheel) 또는 톱니 모양으로 새겨진 패넛휠(penett wheel) 절단기가 주로 사용됩니다. 셀 단위 절단까지 완료되면 화면이 구동되는지 검사를 마친 후, 모듈 공정 단계로 넘어 갑니다.



이번 시간에는 LCD 제조 공정의 마지막 단계인 모듈(Module) 공정에 대해 알아보겠습니다.



LCD 패널을 만드는 과정은 그림과 같이 TFT(박막트랜지스터)와 컬러필터 (color filter) 제작 그리고 TFT와 컬러필터를 하나로 합치는 '합착' 과정으로 이어집니다. 그리고 합착된 패널을 TV 또는 모바일 기기의 스크린에 맞게끔 자르는 '절단(scribe)' 공정을 진행하고 액정을 주입 후, 마지막 단계인 '모듈' 공정까지 마치면 하나의 완성된 LCD 패널이 탄생하게 됩니다.

모듈 공정은 크게 3가지 과정으로 이루어집니다. TFT와 CF 그리고 액정주입까지 마친 패널 이후에 진행되는 모듈 공정은 먼저 패널을 깨끗하게 세척하는 것부터 시작합니다. 두 번째 단계는 패널의 위 아래에 편광판을 붙이는 과정이며, 세 번째는 드라이버IC, PCB를 붙이는 OLB(Outer Lead Bonding) 공정입니다. 그리고 마지막 단계는 패널 검사 공정으로 패널이 제대로 작동하는지를 확인합니다. 추가적인 단계로 LCD에 빛을 쏘아주는 BLU(백라이트유닛)를 모듈공정에 넣는 경우도 있는데 제품에 따라 이 과정을 디스플레이 제조사에서 하거나 완성 제품을 조립하는 세트사에서 직접 진행하기도 합니다. 그럼 첫 번째 단계부터 하나씩 살펴보겠습니다.



※ 제조사에 따라 백라이트유닛 등의 공정이 포함되기도 함

세정/편광판 부착 공정

모듈공정 역시 다른 공정들과 마찬가지로 세정 단계부터 시작합니다. CF와 TFT가 합착된 셀패널(cell)의 표면이 깨끗하게 세정돼야 편광판을 붙일 때 이 물질로 인한 품질 저하를 막을 수 있습니다.

셀패널의 세정이 모두 끝나면 편광판(POL)을 부착합니다. LCD 구동의 핵심 원리가 바로 편광판과 액정의 활용이기 때문에 필수적인 과정입니다.

셀패널의 위 아래에 각각 편광판을 위치시키고 부착 롤러를 통과시킵니다. 그리고 편광판 합착을 완벽하게 하기 위해서 클레이브 챔버(clave chamber)에 넣고 높은 온도와 압력을 가해줍니다.



OLB 공정

편광판 부착이 끝나면 그 다음 단계는 OLB(Outer Lead Bonding) 공정입니다. OLB 공정은 드라이버IC(Driver-IC)와 PCB(printed circuit board)를 셀패널에 부착하는 과정입니다. 드라이버IC는 디스플레이를 구동할 때 어떻게 구동시킬지의 신호를 LCD 패널에 전달하는 역할을 합니다.



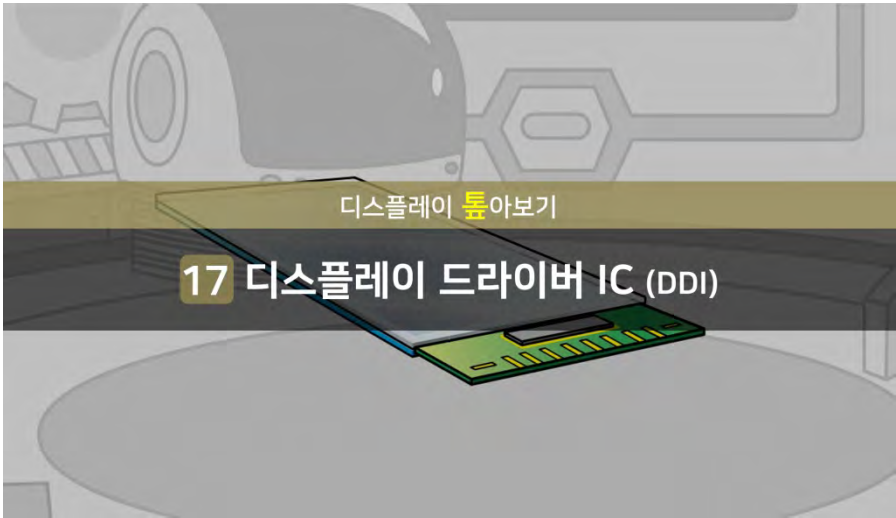
드라이버IC를 부착하는 방법은 먼저 ACF(anisotropic conductive film, 이등방성도성필름)라는 전도성을 갖춘 접착 필름을 붙이는 것부터 시작합니다. 드라이버IC를 부착할 곳에 ACF를 붙인 후, 패널 구동에 필요한 만큼의 드라이버IC를 정확한 위치에 붙인 후 임시 압착을 합니다. 이어서 압력과 온도를 일정시간 가해서 ACF를 경화시키는 방식으로 드라이버IC 본 압착을 진행합니다. 이렇게 완전히 고정된 드라이버IC를 더욱 완벽하게 해 주기 위해 압착 부위에 방습제를 도포합니다. 방습제는 외부 수분을 차단해 배선을 보호해주고 고정력을 향상시킵니다.

PCB 부착



드라이버IC 압착이 끝나면 이번에는 PCB를 부착합니다. PCB 부착도 드라이버IC와 마찬가지로 ACF를 이용합니다. 드라이버IC와 PCB의 부착 위치를 1:1로 정확히 매칭해 부착한 후, ACF를 경화시켜 압착을 합니다.

앞선 과정들이 완료되면 육안 검사 또는 계측기 검사를 통해 LCD 패널 검사를 진행합니다. 검사를 마친 정상 제품들은 이 후에 백라이트유닛 조립 공정으로 이동하거나, 패널만 패키징 돼 세트 제품 제조사로 이동하게 됩니다. 이로써 LCD 패널의 제조 과정은 그 여정을 마치게 됩니다.



오늘은 디스플레이 패널에 화면을 구현하기 위한 필수 부품인 DDI(디스플레이 드라이버 IC)에 대해 알아보는 시간을 갖겠습니다.

픽셀을 제어하기 위해 TFT 에 명령을 내리는 '디스플레이의 신호등'

DDI는 Display Driver IC(Integrated Circuit)의 약자로 OLED, LCD 등의 디스플레이를 구성하는 수많은 픽셀을 구동하는 데에 쓰이는 작은 반도체 칩입니다.

디스플레이가 화면에 정보를 표현하기 위해서는 가장 먼저 사용자가 터치나 리모컨 조작을 통해 기기를 컨트롤해야 합니다. 그럼 이 명령을 받은 기기의 두뇌 즉, 중앙처리장치(AP또는 CPU)는 사용자가 명령한 내용을 신호로 처리해서 내보냅니다. 이 신호는 PCB라는 회로기판을 거쳐서 DDI를 통해 패널에 전달됩니다. 이때 DDI는 각각의 픽셀을 어떻게 행동하라는 명령을 내리게 됩니다. DDI는 픽셀에게 명령을 직접 내리지 않고 디스플레이 패널 안에 있는 TFT(박막트랜지스터)를 통해서 픽셀을 제어합니다.

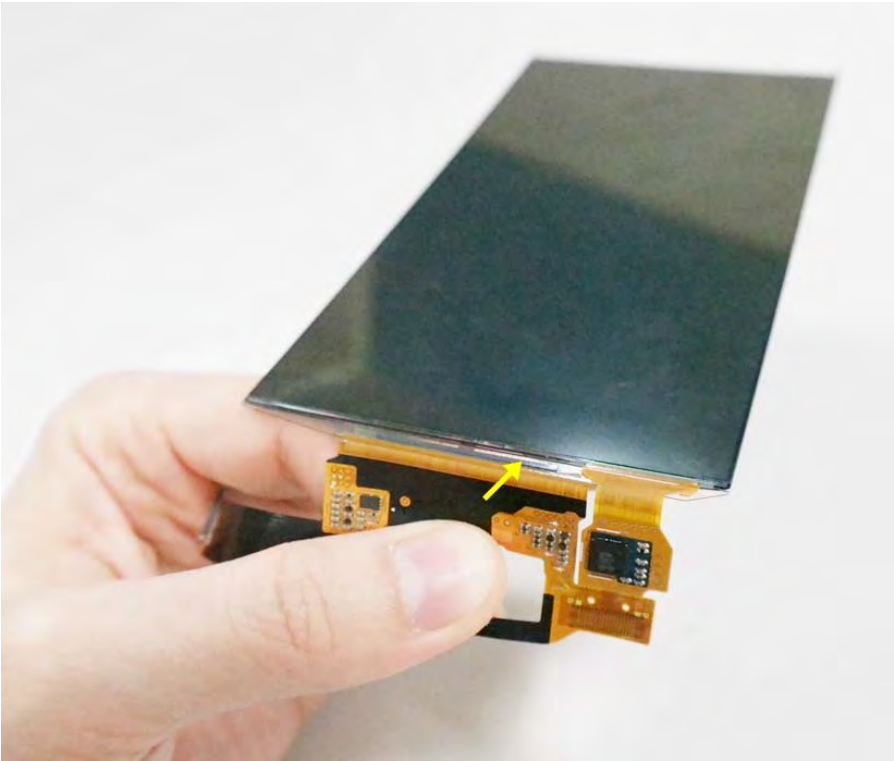
디스플레이 구동 신호 흐름도



디스플레이의 픽셀은 빛의 삼원색인 RGB(Red, Green, Blue)를 표시하는 서브픽셀로 구성되어 있고, 이러한 서브픽셀을 직접 제어하는 것이 TFT(박막트랜지스터)입니다. 그리고 TFT에 신호를 전달해서 최종적으로 픽셀을 제어하는 역할을 하는 것이 DDI입니다. DDI는 AP와 패널 사이에서 신호의 통로 역할을 하며 다채로운 영상 정보를 화면에 보여줄 수 있는 중요한 기능을 합니다.

비유하자면, TFT는 RGB 서브픽셀을 구동하는 '스위치' 역할을 하고, DDI는 스위치가 어떻게 움직일지를 알려주는 '신호등' 역할을 한다고 볼 수 있습니다.

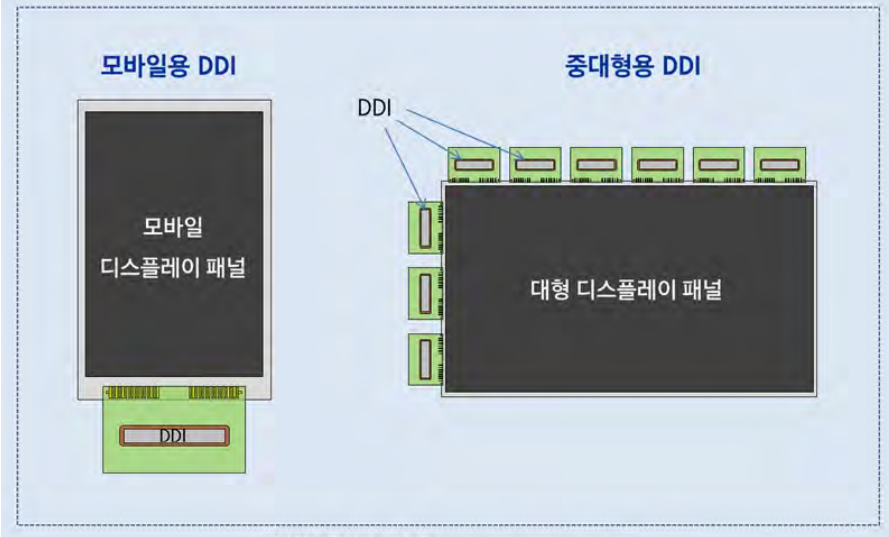
DDI 의 종류



위 사진에서 노란색 화살표가 가리키는 긴 금속 형태의 물체가 바로 DDI입니다.

DDI의 종류는 크게 두 가지입니다. 스마트폰에 들어가는 모바일용 DDI, 태블릿이나 스마트 TV 등 중대형 전자제품에 들어가는 중대형용 DDI입니다. 패널에 따라 DDI를 부착한 방식은 조금씩 다릅니다. TV와 같은 대형 패널에는 여러 개의 DDI가 측면과 상단에 부착되는 경우가 많고, 스마트폰을 비롯한 모바일 제품에는 1개의 통합 DDI를 부착합니다.

DDI(Display Driver IC)의 종류



DDI의 구성과 작동 원리

DDI는 크게 Gate IC와 Source IC로 이루어져 있습니다. Gate IC는 서브픽셀들을 켜고 끄는 역할을 담당하고, Source IC는 그 서브픽셀들이 표현할 색상의 차이를 만들어냅니다. Source IC와 Gate IC에서 전압차를 이용해 전류를 TFT에 흘려주어 각각의 서브픽셀들이 구동하게 됩니다. 일부 제조사 또는 제품에 따라서는 Gate IC가 TFT(LTPS)에 내장되기도 합니다.

DDI(Display Driver IC) 작동 원리



18 DDI 패키지와 FPCB

디스플레이 패널이 올바르게 작동하기 위해서는 다양한 관련 부품들이 함께 구성되어야 합니다. 특히 디스플레이 패널에 가장 가까이 있는 부품으로는 DDI(디스플레이 드라이버 IC)가 있고, DDI가 올바르게 작동하기 위해 DDI 패키지 부품들도 함께 필요합니다. 또한 DDI 패키지와 TV 또는 스마트폰과 같은 기기와의 연결을 위해 PCB(회로기판) 또는 FPCB(연성회로기판)가 사용됩니다.

이번 시간에는 DDI 패키지와 FPCB에 대해 알아보는 시간을 갖겠습니다.

DDI(디스플레이 드라이버 IC) 패키지는 무엇?

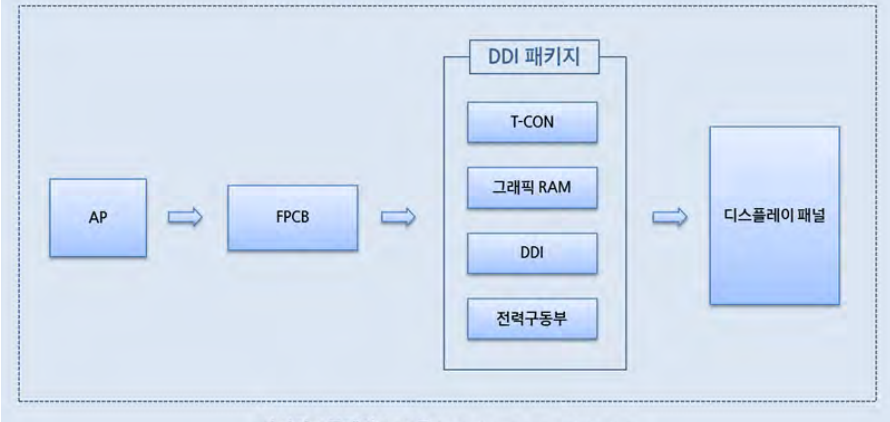
DDI는 Display Driver IC(Integrated Circuit)의 약자로 OLED, LCD 등의 디스플레이를 구성하는 수많은 픽셀을 구동하는 데에 쓰이는 작은 반도체 칩입니다. 사용자가 기기를 작동시키면 이 명령을 받은 기기가 디스플레이에 원하는 화면을 표현하도록 신호를 내 보내는데, 이 신호가 PCB라는 회로기판을

거쳐서 DDI를 통해 디스플레이 패널에 전달됩니다. 이때 DDI는 각각의 픽셀을 어떻게 행동하라는 명령을 내리고 TFT(박막트랜지스터)가 그 명령을 받아 픽셀을 제어 함으로써 디스플레이 패널에 원하는 화면이 표시됩니다.

DDI는 일종의 반도체칩이며 그 기능을 수행하기 위해 필요한 부품의 구성을 DDI와 함께 묶어 'DDI 패키지'라고 부릅니다. 스마트폰과 같은 모바일용은 DDI칩 안에 모두 집적해 일체화 하는 경우가 많고, TV와 같이 공간이 조금 넉넉한 대형 패널용으로는 DDI 주변에 별도의 칩 형태로 구성됩니다.

DDI 패키지는 DDI칩, 타이밍컨트롤러(T-CON), 그래픽RAM(GRAM), 전력구동부(Power generating circuits)를 중심으로 구성됩니다. T-CON은 기기 본체 즉, AP로부터 입력된 데이터 신호를 DDI에서 필요로 하는 신호로 변환시키는 기능을 합니다. 이것은 입력 데이터 정보를 DDI의 Gate IC, Source IC에 알맞는 신호로 조정하는 역할입니다. GRAM은 IC로 입력할 데이터를 일시적으로 저장하는 메모리 역할을 하며, 입력된 신호를 저장 하고 다시 IC로 내보냅니다. 이때 GRAM은 T-CON과 상호작용하며 신호를 처리합니다. Power Generating Circuits는 디스플레이 패널을 구동하기 위한 전압을 생성해 Source IC와 Gate IC에 필요한 전압을 공급합니다.

DDI 패키지와 신호의 흐름



DDI 패키지의 부착 형태별 구분

DDI 패키지에서 특히 최근 관심을 받는 분야는 바로 부착 형태입니다. DDI가 부착되는 기판이 딱딱한가 유연한가에 따라서 크게 COG, COF, COP로 구분됩니다.

디스플레이 패널에 사용된 딱딱한 유리 기판에 직접 붙인 방식은 COG(Chip On Glass), 디스플레이 패널에 유연한 필름을 덧대 붙이는 방식은 COF(Chip On Film) 라고 부릅니다. 그리고 디스플레이 패널 자체를 유연한 PI(poly imide)를 사용하면서 동시에 PI의 연장된 부분에 DDI를 붙이는 방식을 COP(Chip On Plastic) 라고 합니다. 각각의 기술들은 중소형 제품이나 대형 제품용 DDI 패키지에 공통적으로 적용할 수 있는 기술입니다. 특히 COF와 COP 기술은 폴스크린, 플렉시블 디스플레이와 잘 어울리는 방식입니다. 패키지가 유연하기 때문에 COG에 비해 베젤을 더욱 줄여 화면 영역을 더 넓힐 수 있어 공간 활용성이 우수합니다.

DDI패키지의 단면 구조 비교



FPCB(Flexible Printed Circuit Board) 란?

디스플레이 패널을 구동하기 위해 기기의 AP에서 명령한 신호를 DDI에 전달해주는 중간 연결자 역할을 하는 것을 바로 PCB(Printed Circuit Board)라고 부릅니다. 전기적 신호를 전달할 수 있는 회로를 도체(보통, 구리)를 이용해 형성한 부품입니다. 그 때문에 PCB는 인체의 신경으로 비유됩니다.

FPCB(Flexible Printed Circuit Board)는 기존의 딱딱한 PCB에 유연한 특성을 부여한 전기회로기판입니다. 따라서 PCB와 동일한 성질에 유연함을 더했다고 이해하시면 됩니다. FPCB는 DDI와 달리 자체적으로 독립적인 기능을 하지는 않습니다. 모바일 또는 대형 전자제품의 AP가 명령하는 신호를 DDI로 전달하는 전달자의 역할이 중심입니다.

하지만 PCB는 소형 가전제품에서부터 스마트폰과 같은 첨단 이동 통신 기

기에 이르기까지 모든 전자기기에 사용되는 핵심 부품입니다. 특히 공간활용과 무게 등에서의 장점 때문에 모바일 기기가 확산되는 최근에는 FPCB의 활용성이 더욱 높은 가치를 인정받고 있습니다.

PCB와 FPCB

PCB



FPCB



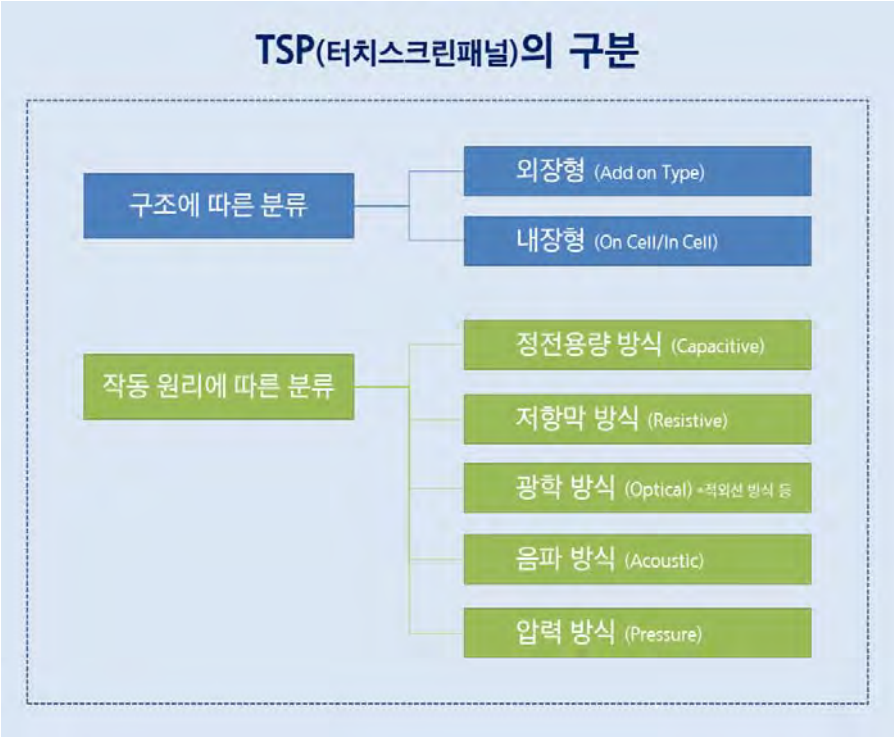


마우스와 키보드는 컴퓨터 입력장치의 필수요소입니다. 특히 마우스는 윈도우와 같은 GUI(graphic user interface)를 기반으로 한 현재의 컴퓨팅 플랫폼에서 없어서는 안 될 장치로 자리잡았습니다. 만약 마우스가 없다면 컴퓨터 이용이 얼마나 어려워질까 상상해 본 적 있으신가요? 아마 키보드 방향키로 커서를 이동시키느라 무척이나 불편했을 것이고, 심지어 지금과는 다른 커맨드 방식, 예를 들면 DOS(disk operating system)와 같은 OS가 아직까지도 대세를 유지했을지 모릅니다. 하지만 마우스가 처음 발명됐을 당시에는 달랑 버튼 한 두개를 가진 이 작은 장치가 어떤 중요한 역할을 할 수 있을지 대부분의 사람들은 의아해 했었던 것이 사실입니다.

과거로 멀리 갈 필요 없이, 스마트폰이 대중화된 요즘, 만약 터치스크린패널(TSP) 기술이 없었다면 우리의 스마트폰 사용은 어땠을까요? 상상하기 힘들 정도로 어렵지 않았을까요? 모든 스마트폰에는 물리적인 쿼티(qwerty) 키보드가 필수적으로 달려 있어야 하고, 휴대용 미니 마우스를 매번 들고 다녀야 했을지도 모릅니다.

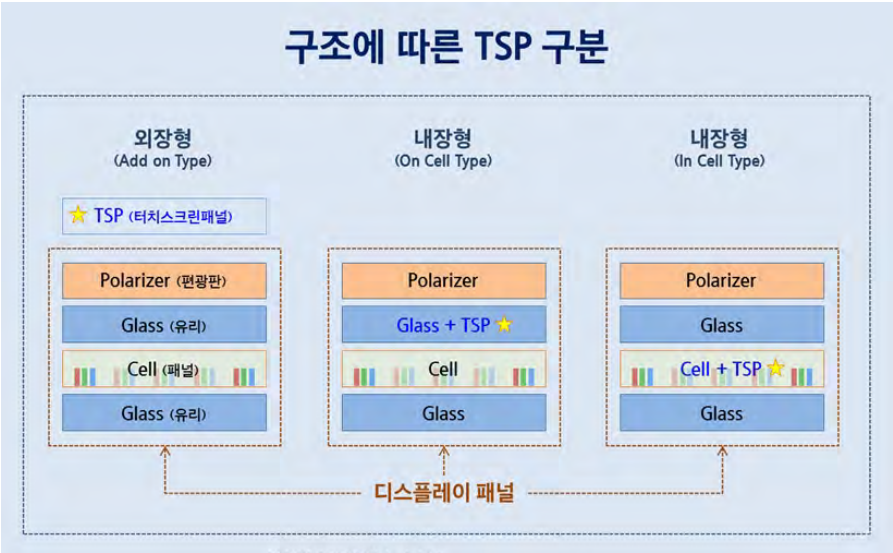
오늘은 스마트기기의 등장과 함께 더욱 존재감을 강하게 드러낸 터치스크린 패널 기술에는 어떠한 종류가 있고, 어떤 원리로 작동하는지 알아보겠습니다.

터치 방식의 구분



터치 센서에는 다양한 종류의 기술이 사용됩니다. 터치스크린이 위치하는 패널의 구조에 따라서 외장형과 내장형으로 나뉘고, 작동원리를 기준으로 했을 때, 현재 스마트폰에 가장 대중적으로 쓰이는 정전용량 방식과 저항막 방식 그리고 적외선, 음파, 압력을 이용한 터치 방식 등 그 종류가 무척 많습니다.

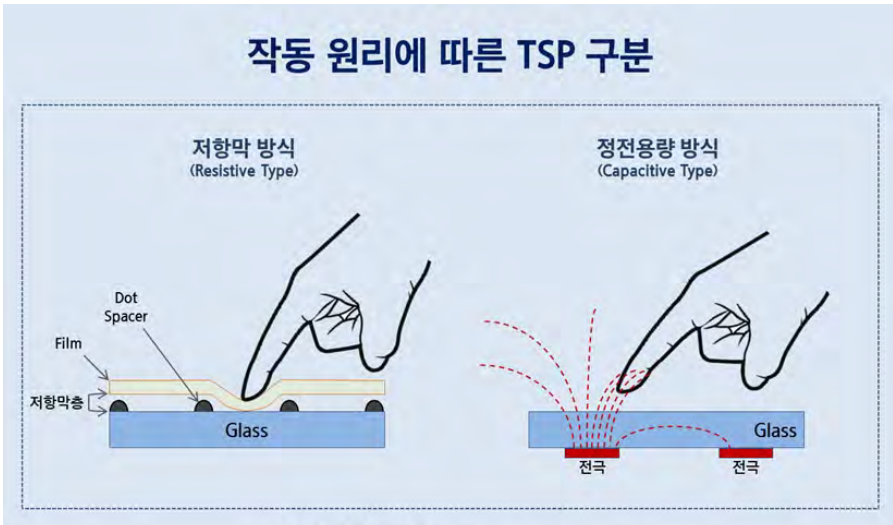
구조에 따른 TSP 구분



TSP 초기에는 디스플레이패널 외부에 필름 형태의 TSP를 부착하는 외장형 방식을 많이 사용했지만 최근에는 내장형을 주로 사용합니다. 내장형 방식은 기존의 외장형에 비해 패널을 더 얇게 만들 수 있을 뿐만 아니라, 터치패널 표면의 광반사가 줄어 패널의 밝기를 낮추더라도 시인성 확보가 되기 때문에, 패널에 투입되는 전력소모량도 감소한다는 장점이 있습니다.

내장형 가운데 On Cell Type은 디스플레이 상부 유리기판에 터치센서를 내장시킨 방식인데요, 주로 OLED 패널에 사용되며 기존 부착형 (Add on Type) 방식에 비해 두께나 빛 투과율 측면에서 유리합니다. In Cell Type은 컬러필터와 액정 및 박막트랜지스터(TFT)로 구성된 LCD 셀 내부에 터치 인식 기능을 구현한 것인데요, 디스플레이 위에 별도의 터치스크린패널(TSP)을 부착할 필요가 없어서 두께와 무게를 줄일 수 있는 장점이 있습니다.

작동 원리에 따른 TSP 구분



처음 스마트폰이 나왔을 당시 터치를 인식하는 방식은 저항막(Resistive) 방식이었습니다. 누르는 힘에 의해 작동하므로 감압식으로도 불리는 이 방식은, 가로(x 방향)와 세로(y 방향)의 저항막 터치 스크린 필름이 외부의 압력에 의해 접촉되면, x, y 좌표를 감지하는 방식입니다."하지만 필름이 접촉될 정도의 압력을 가해야 하기 때문에, 터치 인식률이 낮은 단점이 있었습니다.

현재 대부분의 스마트폰에 적용되는 터치 방식은 정전용량(Capacitive) 방식입니다. 작동 원리는 터치스크린에 형성되어있는 정전용량 변화에 의해 터치 유무를 인식합니다. 스스로 느낄 수는 없지만 사람의 몸에는 전기가 통하고 있기 때문에, 사람이 터치스크린에 접촉하는 순간 해당 부분의 정전용량이 변화하게 되고 이것을 감지하는 방식입니다. 터치 감도도 좋고 중소형 모델에 적용하기도 적합하기 때문에 현재 대부분의 모바일 기기에서는 정전용량 방식

의 TSP가 이용되고 있습니다. 그러나 반대로 정전용량 방식의 경우 RC delay가 커지는 대형패널에서는 적용이 어렵습니다.

※ RC delay : 저항과 콘덴서로 구성된 회로에서 콘덴서를 충방전시키는 데 걸리는 시간에 의한 지연

그럼 정전용량 TSP에서 뜻하는 정전용량이 무엇인지 간단히 설명하도록 하겠습니다. 정전용량의 정의는 두 도체 또는 전극 간의 전기장(Electric Field)에 의해 전하를 저장할 수 있는 용량을 의미합니다. 쉽게 말해서 전기가 통하는 2개의 물체 사이에는 전기장이라는 공간이 생기는데, 이 공간에 마치 배터리처럼 전기를 저장해 둘 수 있고, 저장할 수 있는 양을 정전용량이라고 부릅니다.

정전용량 방식 TSP에서 한쪽의 전극에 전압을 가하면, 두 전극간에 생기는 전기장(Electric Field)에 의해 상대 전극에 반대 전하가 충전됩니다. 이 말은 곧 사람의 손가락이 TSP에 닿게 되면(전기장내에 위치하면) 두 전극 사이에 존재하는 전계에 변화가 생기게 되고, 이 변화는 전극에 충전되는 전하에 영향을 주기 때문에 이 전하량의 변화를 통해 터치 유무를 인식하게 된다는 의미입니다.



디스플레이 **툽**아보기

20 디스플레이 커버 윈도우(Cover Window)

일상 생활에서 '윈도우(Window)'라는 단어를 접하면 무엇이 가장 먼저 떠오르시나요? 보통은 창문이나 컴퓨터 운영체제(OS)를 떠올리는 것이 가장 일반적일 것입니다. 하지만 TV, 모니터, 스마트폰 등에 사용되는 디스플레이에도 윈도우가 있다는 사실. 오늘은 스마트폰에 사용되는 디스플레이 커버 윈도우(Cover Window)의 역할과 종류 그리고 생산공정에 대해서 톺아보겠습니다.

'디스플레이 패널의 수호자' 커버 윈도우(Cover Window)

'디스플레이 커버 윈도우(이하 윈도우)'는 디스플레이 패널의 화면부를 외부의 영향으로부터 보호하는 역할을 합니다. 그러면서 동시에 디스플레이 패널이 보여주는 화면을 우리 눈에 그대로 전달해 주어야 하므로 투명해야 합니다. 따라서 이러한 기능과 특성을 창문과 유사하다고 하여 업계에서는 윈도우라고 부릅니다. 윈도우는 소비자가 스마트폰 구매 후 화면 위에 추가로 붙이는 보호필름 또는 보호유리와는 다른 개념으로 제품 생산시에 필수적으로 부착되는 부품입니다.

스마트폰 디스플레이 커버 윈도우



윈도우는 대부분의 디스플레이 장치에 사용되고 있습니다. 스마트폰 이전의 피쳐폰 시절에도 윈도우가 사용되었으며, 디스플레이 패널을 보호한다는 역할은 지금과 같았습니다.

하지만 스마트폰의 등장과 함께 영상 재생, 카메라 촬영 및 터치 기능의 중요성이 높아지면서 디스플레이 패널 또한 대화면화가 진행되었고, 윈도우의 크기도 이에 맞춰 커지게 됩니다.

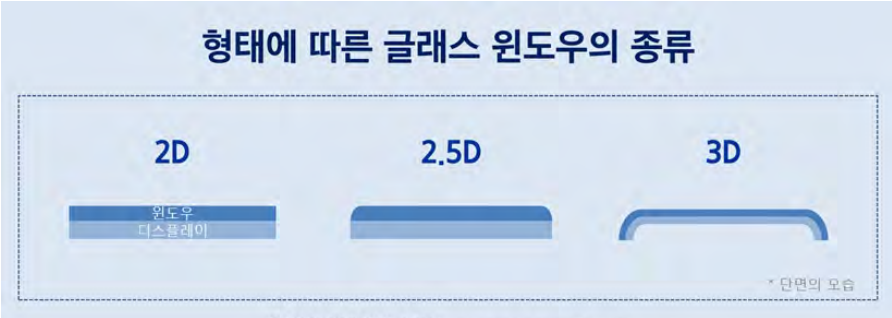


스마트폰 윈도우 시장을 평정하다 - '글라스'의 천하 통일

디스플레이 패널의 크기가 커짐과 동시에 퀴티(QWERTY) 자판과 같은 기존의 물리적 입력장치가 사라지거나 최소화되면서 디스플레이가 스마트폰의 디자인을 결정하는 가장 큰 요소로 자리잡게 되었습니다.

이와 더불어 글라스(Glass, 유리)가 갖는 심미적 고급감은 기존의 윈도우 시장을 장악하고 있던 플라스틱 윈도우를 순식간에 몰아내고 대화면 스마트폰 윈도우의 대표주자로 급부상하게 됩니다. 플라스틱보다 쉽게 깨질 수 있고 무겁다는 단점에도 불구하고, 터치가 보편화된 세상에서 스크래치에 강한 글라스의 강점이 이런 단점을 극복하는 큰 이유이기도 했습니다.

글라스 윈도우는 평평한 유리판의 형태(2D)에서 디자인 향상을 위해 테두리가 완만하게 굴곡진 2.5D 글라스 또는 갤럭시 엣지 시리즈와 같은 커브드 형태의 3D 글라스로 진화했습니다.



글라스 윈도우 주요 생산 과정

글라스 윈도우는 먼저 글라스 생산 업체로부터 '원단'이라고 불리는 커다란 유리판을 공급받는 것부터 시작됩니다. 글라스 윈도우는 스마트폰의 박막화와 경량화를 위해 1mm보다 얇은 두께로 만듭니다. 그래서 원단도 가공 이전이기는 하지만 매우 얇은 두께로 공급이 됩니다. 원단을 만드는 방식은 크게 Fusion 방식과 Floating 방식이 있는데 Fusion 방식은 아래 영상과 같이 용융된 유리를 수직 방향으로 흐르게 하여 글라스의 두께를 최소화하여 제작하는 공법입니다.

Video

Link : <https://youtu.be/KE3gnGo8g-I>

▲ Fusion 방식의 제조 공법

Fusion 방식이 위에서 아래로 유리물을 흘리는 방식이라면 Floating 방식은 수평 방향으로 밀어내는 방식입니다. 제철소의 용광로에 담긴 물이 마지막 단계에서 얇고 넓은 철판으로 나오는 것과 비슷합니다. 녹인 유리물을 얇은 두께의 판 사이로 밀어내며 얇고 넓은 유리판을 만드는 원리입니다.

Video

Link : <https://youtu.be/JMGkbrETU8M>

▲ Floating 방식의 제조 공법

유리 원단이 도착하면 생산할 스마트폰 디스플레이에 맞는 크기로 잘게 재단을 합니다. 그리고 휴대폰 사이즈에 맞는 외곽 크기, 수화부 및 홈버튼 등의 형상 가공을 CNC 장비로 진행합니다.

글래스 윈도우 제조 공정



이후 글래스의 위아래 표면을 고르게 만들어주는 연마 작업 후, 글래스를 충격이나 스크래치로부터 보호해주는 '화학적 강화' 공정을 진행합니다. 여기서 화학적 강화란 일반 글래스를 강화 글래스로 만들어주는 과정으로, 글래스를 화학용액에 담궈 글래스 표면의 나트륨(Na^+) 이온을 용액 속의 칼륨(K^+)

이온과 맞바꿈 하도록 만드는 과정을 뜻합니다. 칼륨이온이 나트륨이온보다 더 크기 때문에 나트륨이 빠져나온 빈 자리를 칼륨이 채우게 되면 공간이 뻥뻥하게 들어차는 효과가 있으므로 외부의 충격에 더욱 강한 물성을 갖게 되는 것입니다.

강화 글라스로 변신한 윈도우는 외곽의 디스플레이의 비 스크린 영역에 Decoration 목적으로 검은색 또는 흰색 등으로 인쇄를 합니다. 그리고 지문이 잘 남지 않도록 하는 AF(Anti-Fingerprint) 공정을 거친 후 품질 검사를 거쳐 출하로 이어집니다. 참고로 3D 글라스 윈도우의 경우에는 공정 중간에 엿지 부분을 휘어주는 열성형 가공 공정이 추가됩니다.

Video

Link : <https://youtu.be/Cy0eIw0LtIQ>

▲ 스마트폰 커버 글라스 제조 과정

플렉시블 디스플레이, 플라스틱 윈도우의 부활을 예고하다

유연하게 구부러지거나 휘어지는 플렉시블 디스플레이 패널이 차세대 디스플레이로 업계의 큰 관심을 모으고 있습니다. 지갑처럼 접을 수 있는 폴더블(Foldable), 두루마리같이 말아서 사용할 수 있는 롤러블(Rollable)처럼 SF 영화 속에 단골처럼 등장하는 플렉시블 제품들을 만들기 위해서는 윈도우도 플렉시블한 특성을 가져야 하는 것은 당연할 것입니다. 뿐만 아니라 이제는 우리 신체의 확장된 부분으로까지 여겨지는 스마트폰과 같이 늘 휴대하고 다니는 경우에는 기기의 무게도 가벼울수록 좋습니다. 지금의 글라스 윈도우는 떨어뜨리면 깨지기 쉽고, 무게도 적지 않게 나갈 뿐만 아니라 플렉시블 구현에도 어려움이 있기 때문에 플라스틱이 다시 윈도우의 소재로 각광을 받고 있습니다.

Video

Link : <https://youtu.be/TWhXveTwbTI>

▲ 삼성디스플레이의 깨지지 않는(Unbreakable) 커버 윈도우

최근 삼성디스플레이에서는 스마트폰용 언브레이커블(Unbreakable, 깨지지 않는) 윈도우를 공개하며 글로벌 안전 인증 기관인 UL(Underwriters Laboratories Inc.)로부터 내구성까지 검증받아 큰 반향을 불러일으켰습니다. UL에 따르면 이 제품은 1.2미터 높이에서 26회 실시한 낙하 테스트에서 제품의 전면부, 측면부, 모서리 부분 모두 파손 없이 정상적으로 작동했으며, 극한의 저온(섭씨 -32도)/고온(섭씨 71도) 테스트에서도 문제 없이 작동했습니다. 특히 美 국방부 군사 표준규격보다 더 높은 1.8미터 높이에서 실시한 낙하 테스트에서도 손상 없이 정상적으로 작동해 놀라움을 더했습니다.



▲ PI가 가진 고유의 노란색을 제거하면 CPI(Colorless PI)가 된다.

깨지지 않을 뿐만 아니라 자유롭게 휘거나 접을 수 있는 윈도우 소재에도 업계의 관심이 집중되고 있습니다. 유연성을 갖추면서도 기존의 글라스 윈도우의 역할을 상당부분 해내야 하기 때문입니다.

이러한 방법 중 하나로 업계에서는 플라스틱 소재인 투명폴리이미드 (Colorless Polyimide, CPI)를 활용한 방법도 활발히 연구되고 있습니다. 플렉시블 디스플레이 패널의 기판으로 사용되는 유연한 PI소재에 투명함을 더해 경도와 내구성을 높여 글라스 윈도우 대신 사용하는 방식으로, PI 고유의 색상인 노란색을 제거해 투명함을 구현하는 소재입니다. 업계에서는 연구가 성공적으로 진행된다면 유연한 특성을 유지하면서도 글라스의 장점을 흡수할 수 있는 날이 오게 될 것으로 기대하고 있습니다. 플렉시블용 윈도우가 보급되면 스마트폰 뿐만 아니라 차량용 디스플레이 등 디자인적 유연성이 필요한 산업에도 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 예상됩니다.



디스플레이는 우리의 눈에 시각적 정보를 전달해 주는 매개체입니다. 그렇기 때문에 디스플레이는 특정한 모양과 색의 구성을 통해 문자 또는 그림, 영상의 형태로 정보를 전달해 줍니다. 디스플레이에서 시각적 정보를 전달해주는 이 같은 방법은 바로 빛을 이용한 것으로 빛은 디스플레이에는 없어서는 안 될 필수 요소입니다. 오늘은 빛과 그 빛을 이용한 색에 대해서 알아보는 시간을 갖겠습니다.

빛이란?

우리가 살고 있는 우주가 빛으로 가득 차 있다면, 조금 더 정확히 표현하자면 전자기파로 가득 차 있다면 믿을 수 있을까요? 빛은 우리가 볼 수 있는 모습 그 이상으로 다양한 범위를 채우고 있습니다. 스펙트럼으로 햇빛을 나누면 우리는 빨주노초파남보의 색으로 나뉜 무지갯빛을 볼 수 있지만, 그 빛의 스펙트럼은 실재하는 빛의 일부분으로, 우리 눈에 보이는 가시광선만 표현된 것입니다. 실제로 빛은 파장에 따라 넓은 스펙트럼을 가지고 있습니다.

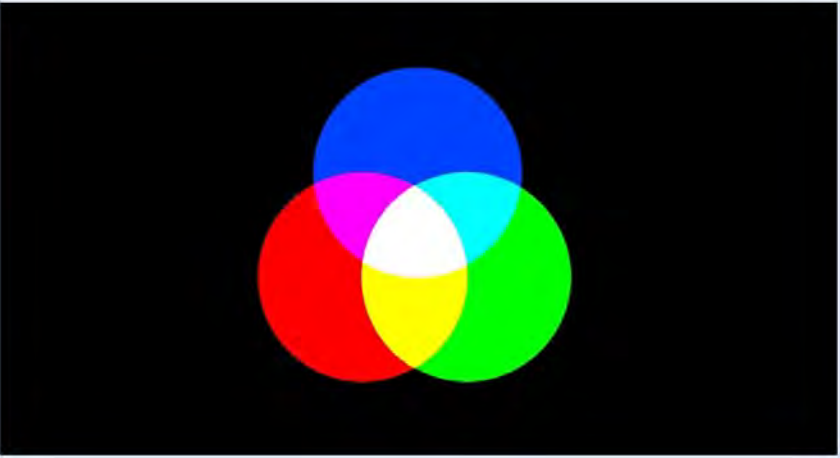
빛의 스펙트럼



우리가 '색(color)'이라고 부르는 빛의 영역은 바로 가시광선 영역입니다. 디스플레이는 바로 가시광선 영역의 빛을 이용해 색을 표현합니다. 그렇다면 수십만 가지의 색을 디스플레이는 어떻게 표현할 수 있을까요? 비밀은 바로 빛의 삼원색에 있습니다.

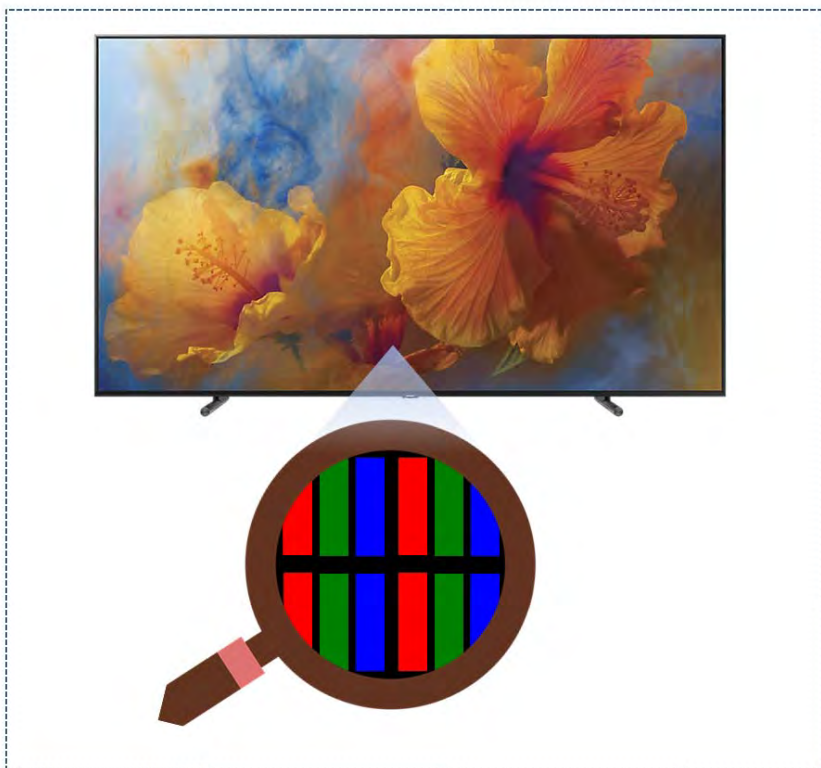
빛의 3원색을 구성하는 요소는 빨간색(R), 녹색(G), 파란색(B)입니다. 이 3가지 색이 삼원색으로 불리는 이유는 절대 서로를 만들 수 없는 파장을 갖고 있기 때문입니다. 아래 그림처럼 3가지 색을 모두 합하면 한가운데의 하얀색 빛을 만들 수 있고, 각 색의 밝기를 적절히 조합해 다양한 색을 표현할 수 있습니다.

빛의 삼원색

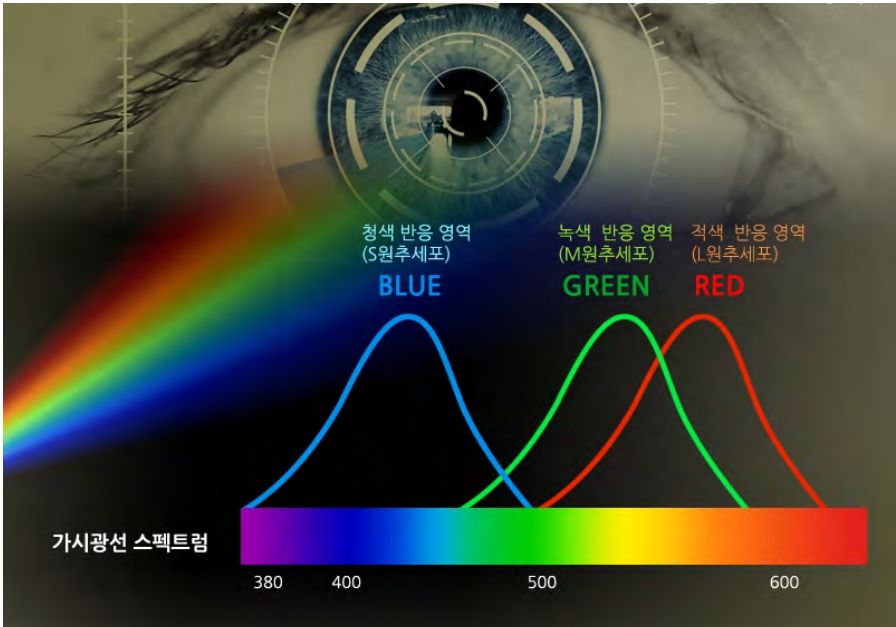


이런 색 조합의 원리를 디스플레이에서는 아래와 같이 구현합니다. TV나 스마트폰에 돋보기를 올려 놓고 보면 화면을 구성하는 픽셀 단위마다 일반적으로 3원색의 서브픽셀(sub-pixel)이 자리 잡고 있음을 알 수 있습니다. 각 서브픽셀로 가산혼합을 이용해 최종적인 색을 구현하고, 우리 눈은 그 색을 인지하는 것이죠.

디스플레이의 색 표현 방법



우리 눈은 시세포를 통해서 이렇게 만들어진 빛을 인식합니다. 사람이 색을 본다는 것은 사실 서로 다른 파장의 빛을 본다는 것이 더 정확한 표현입니다. 우리 눈으로 볼 수 있는 빛을 '가시광선'이라고 하는 것은 위에서 말씀드렸는데요. 사람의 눈에는 이러한 빨간색/녹색/파란색 빛을 내는 각 파장의 자극에 반응하는 원추세포들이 있고 이 세포들이 각각 인지한 파장을 시신경을 거쳐 뇌로 정보를 보내게 되면 사람은 최종적으로 색을 인지하게 됩니다.



22 디스플레이 색 체계의 이해

사람은 일반적으로 약 10만 가지 이상의 색을 구분할 수 있다고 합니다. 때문에 수많은 색을 구분하고 이를 일정한 기준에 따라 배열하고 체계화하는 것은 산업 분야를 가릴 것 없이 중요한 과제였습니다. 특히 색 표현이 중요한 디스플레이 산업에서도 색에 대한 연구와 표현 능력 향상을 위해 끊임없는 노력을 해 왔습니다.

오늘은 디스플레이 산업에서 가장 대표적으로 사용되는 색의 체계와 그 역사에 대해서 살펴보겠습니다.

고대부터 이어져 온 색에 대한 관심

색은 빛을 통해서 구현됩니다. 태양이나 전등, 디스플레이처럼 자체적으로 발광하는 경우 또는 그 빛이 물체에 반사돼 우리 눈의 망막에 전달될 때 우리는 색을 인지하게 됩니다.

색에 대한 관심은 고대에도 활발했습니다. 고대 그리스의 철학자 아리스토텔레스는 '색채는 빛과 눈과 관계가 있으며 광선이 물체로부터 나와 눈의 투명 성질이 있는 부분을 통하여 눈의 안쪽 부분과 접촉하게 된다.'고 추측했습니다.

17세기에 뉴턴은 프리즘으로 태양광을 분해(분광)함으로써 다양한 광선이 태양광 안에 섞여있음을 입증했습니다. 뉴턴은 스펙트럼을 7개의 색으로 나누고 각각의 색을 혼합해 새로운 색을 만들 수도 있고, 심지어 원래의 백색광(태양광)을 만들어낼 수 있다는 점도 발견했습니다. 또 프리즘으로 한번 나뉜 색은 다시 프리즘을 통과시켜도 더 이상 분광되지 않는다는 사실도 실험을 통해 입증했습니다. 뉴턴의 시도는 근대 광학 발전의 시초라고 볼 수 있습니다.

19세기에 이르러서는 빛과 색의 인식에 대해 생리학적 접근도 시작됐습니다. 토마스 영은 인간의 망막에 무수히 많은 입자가 있으며, 이 입자들을 통해 빨간색, 노란색, 파란색을 감지한다는 이론을 펼칩니다. 이른바 3원색 감지 이론이 주류로 등장하게 됩니다. 이러한 토마스 영의 이론을 발전시켜 1800년대 중반에 헬름홀츠는 물감의 모든 색은 빨강, 노랑, 파랑의 세 개의 원색으로 구성될 수 있다고 주장했으며, '빛의 혼합은 더하기(가법 혼색), 물감의 혼합은 빼기(감법 혼색)'이라는 이론을 펼쳤습니다.

CIE 1931 : 현대적 색 체계의 등장

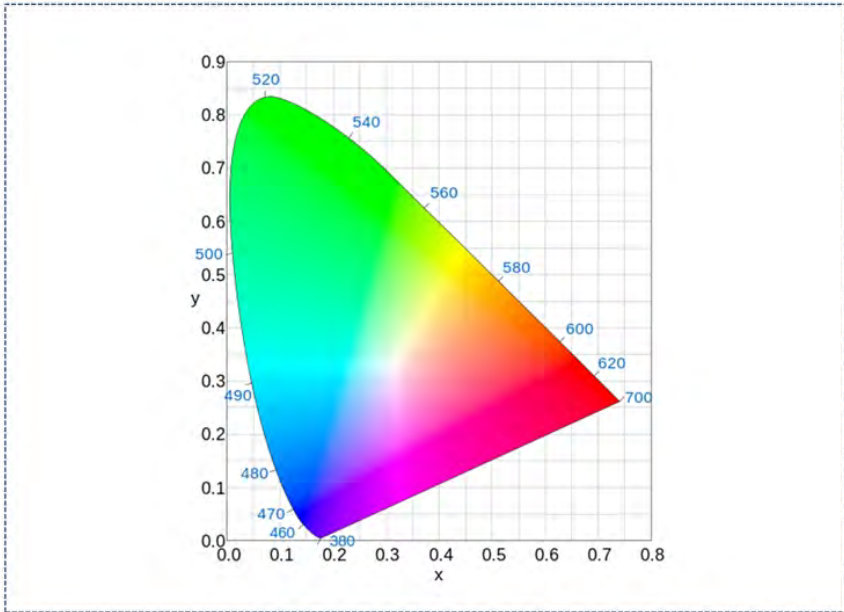
색의 체계를 다룬 학자들은 무척 많았으며, 이론도 그만큼 다양했습니다. 오늘 톺아보기에서는 디스플레이와 관련된 현대적 색 체계에 대해서 살펴보겠습니다.

색은 조명되는 빛과 물체, 그것을 보는 사람의 눈에 따라 정해집니다. 조명에서 나오는 빛이 물체에 부딪혀 반사 또는 투과되어 눈에 들어온 광자극이 색으로서 지각되는 것입니다. 이때 빛이 강하면 밝고, 약하면 어둡고, 또 적색광이 강하면 적색으로 보이는 등 물체의 색은 조명에 따라 변하거나 보는 사람의 개인 차이에 따라서도 변합니다. 이런 문제점들이 많아지자 표준으로 삼을 수 있는 기준이 필요하게 되었으며, 1931년 국제조명위원회 CIE가 그 기준을 발표하게 됩니다.

※ 국제조명위원회(CIE;프랑스어 Commission internationale de l'éclairage) : 빛, 조명, 빛깔, 색 공간을 관장하는 국제 위원회

CIE에서 개발한 색 체계는 색을 정량화해 수치로 나타내는 것이었습니다. 광원(조명)과 이를 보는 관찰자에 대한 정보를 표준화하고 표준 광원 환경에서 표준 관찰자에 의해 관찰하는 실험을 진행한 후 색을 계량화하였습니다. CIE에서 1931년에 발표한 색 체계 'CIE 1931'은 전통적이면서 현재 가장 많이 사용되는 체계로 아래 그림과 같은 다이어그램을 정의합니다. 이 영역이 인간의 눈으로 볼 수 있는 가시광선의 영역입니다.

CIE1931 색도도



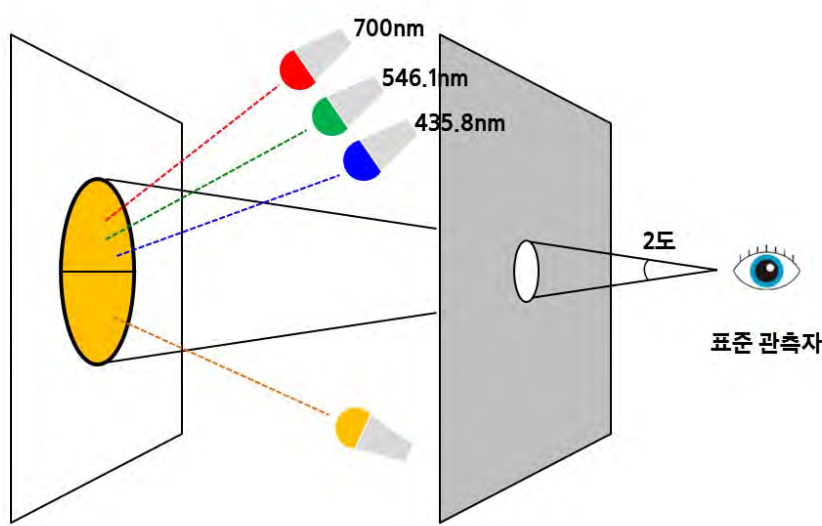
CIE 1931 은 어떻게 만들어졌을까?

CIE는 우선 '표준 관찰자'라는 기준을 만들었습니다. '표준 관찰자'란 관찰자의 눈에서 50cm 떨어진 곳에 지름 1.74cm의 원을 바라보는 환경을 의미합니다. 1.74cm의 원을 50cm의 거리에서 볼 때 눈으로 들어오는 물체의 각도가 2도이기 때문에 '2도 표준 관찰자'라고 부르기도 합니다. 각도를 2도로 둔 것은 우리 눈의 구조와 시야각을 고려했기 때문입니다.

CIE는 이러한 실험 환경을 갖춰놓고 '조건 등색' 실험을 합니다. '조건 등색'이란 두 색채 자극에 대해 시세포가 동일하게 반응을 하는 한, 우리가 두 색을 동일하게 간주하는 현상을 말합니다. 예를 들면, 똑같은 바나나를 맑은 날

야외에서 눈으로 볼 때와, 스마트폰 화면 속의 사진으로 볼 때에 그 색은 극명하게 다르게 측정됩니다. 즉, 서로 다른 빛의 파장을 갖지만 인간은 같은 색으로 인지한다는 현상입니다.

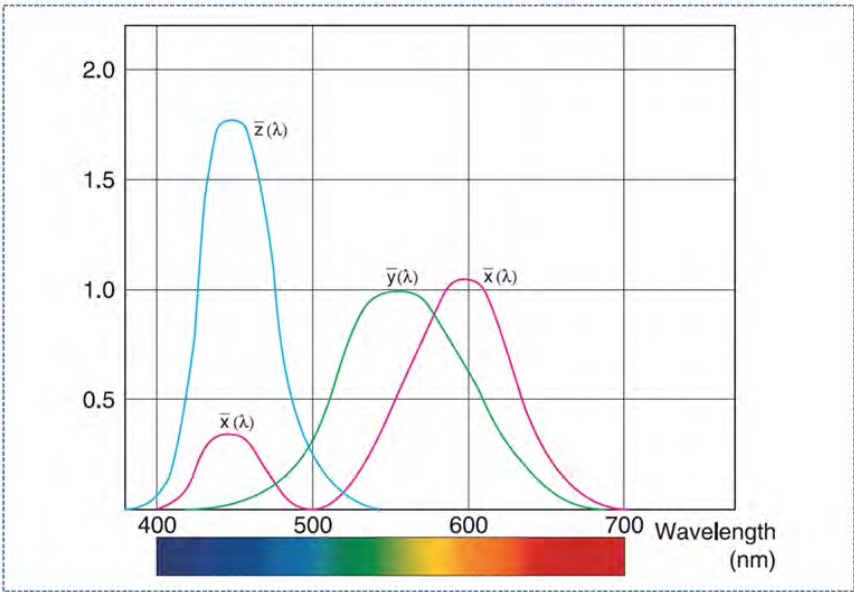
조건 등색 실험 구성



CIE는 색을 계량화하고 적절한 배합을 실현하기 위한 방법으로 빛의 삼원색 이론에 기반해, 가시광선 스펙트럼 영역에서 파랑(435.8nm), 초록(546.1nm), 빨강(700nm)을 두고 10nm마다 기준색을 설정한 후 표준 관측자로 하여금 기준색과 동일한지를 묻는 실험을 했습니다. 10nm 파장마다 나뉜 기준색을 놓고, 실험자는 파랑, 초록, 빨강의 단색광(원색)의 강도를 조절해 색을 조합, 기준색과 조합된 색이 같은 색으로 느껴지는지 확인해 나가는 방식입니다. 이런 방식으로 삼원색의 적절한 조합으로 모든 가시광선 영역의 색

을 구현할 수 있는 기준을 마련했습니다. 이것을 '삼자극치' 값이라고 하며, 이 실험 결과를 토대로, 수학적인 과정을 거쳐 아래와 같은 1931 표준 관측자 함수가 만들어집니다.

CIE1931 표준 관측자 함수



하지만 삼자극치는 색을 정의하는 데 유용하지만 결과물이 쉽게 시각화되지 않았으므로 CIE는 1931년 명도와는 독립적인 2차원으로 색을 그래프화하는 색공간을 하나 더 정의하게 됩니다. 그것이 바로 위에서 소개한 CIE 1931이라 불리는 색도도입니다.

x,y,z 는 함수이므로 표준 관측자 함수, $x(\gamma)$, $y(\gamma)$, $z(\gamma)$ 에 측정한 색의 가시광선 영역대 에너지 분포를 곱한 후 적분하게 되면 대문자 X,Y,Z 라고 하는

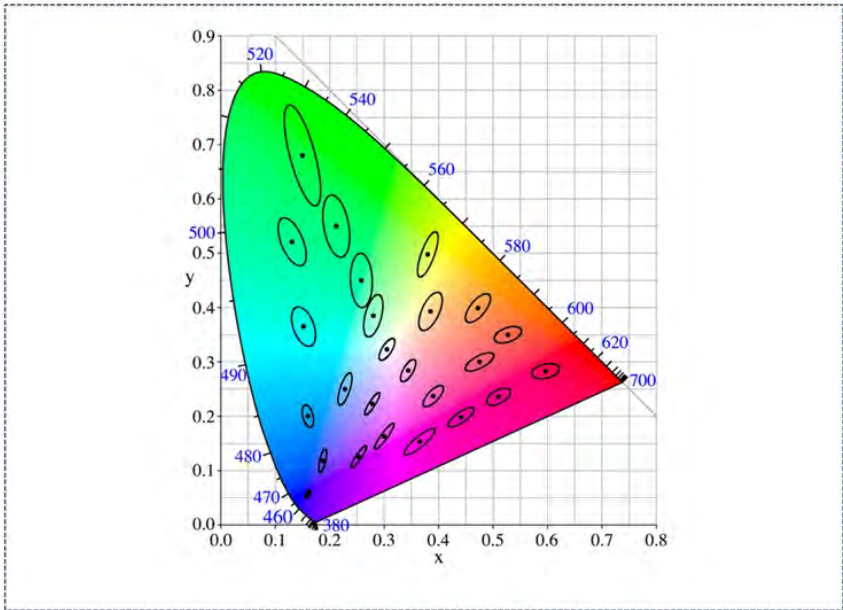
값을 산출할 수 있습니다.

1931년에 제안된 이 색도도는 현재까지도 조명 광원의 색채적 속성을 표현하는 데 가장 일반적으로 통용되는 색 체계입니다.

CIE 1976 : 보다 발전된 색 체계

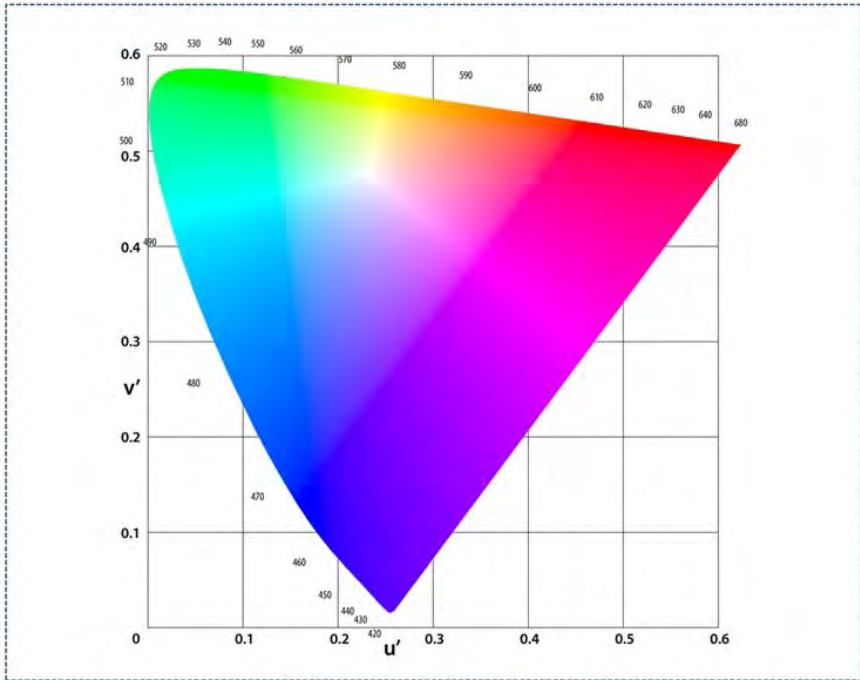
CIE는 CIE 1976을 발표하면서 시각적으로 조금 더 구별이 쉬운 색공간을 제안했습니다. 색도도 측면에서 본다면 기존의 CIE 1931이 초록색 영역이 지나치게 넓고, 실제 각각의 색과의 거리(차이)가 색도도 상에서는 왜곡이 큰 경우가 많아 개선이 필요했습니다. 아래 그림에서 타원형들은 사람이 그 타원 안의 색은 같은 색으로 느끼는 영역을 의미합니다. '등색 영역'이라고 하는데, 초록색으로 갈수록 그 크기가 파란색에 비해 무려 10배가 차이 나기도 합니다.

색도도 등색영역 (MacAdam's ellipses)



CIE는 이러한 문제 등을 해결하고자 1976년에 수학적 계산을 거쳐 기존의 CIE 1931을 새롭게 변형해 CIE 1976이라는 새로운 색 체계를 개발하고 색도도 또한 발표했습니다. CIE 1976은 기존에 비해 빨간색과 파란색의 비중이 늘어나 실제로 인간의 시각 특성에 더욱 가까워졌습니다.

CIE1976 색도도



지금까지 CIE 가 발표한 색 체계를 중심으로 그 배경과 역사 그리고 개념을 살펴봤습니다. 이번에는 색 체계 안에서 디스플레이가 색을 표현하는 여러 가지 색역(Color Gamut)의 기준에 대한 이야기를 이어가겠습니다.

"인간은 정보의 80%를 시각에 의존하고, 그 대부분은 색채로 이루어져 있다"

세계적인 대문호이자 색채심리 전문가인 괴테(Johann Wolfgang von Goethe)는 '색채론(Theory of Colours)'이라는 저서를 통해 위와 같은 말을 남겼습니다. 그만큼 눈으로 보는 세상에서 색은 수많은 정보를 담고 있으며, 그

중요성은 디스플레이가 보편화된 지금도 무척 강조되고 있습니다.

다음 사진을 한번 보겠습니다.

흑백 컬러 사진 비교

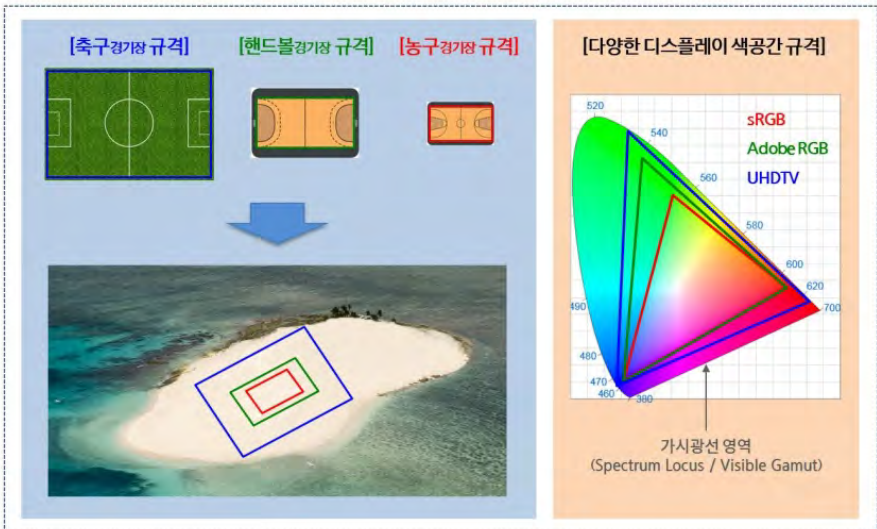


컬러 사진을 보면 흑백 사진에서는 파악하기 어려운 꽃의 색상이나 하늘의 모습을 통해, 계절이나 기상상태에 대한 추측을 더 할 수 있고 사물 간의 구별도 더 뚜렷해집니다. 이렇듯 색은 더 많은 시각 정보를 제공하며, 나아가 심미적인 아름다움까지 더해줍니다. 색에 대한 이해와 실용적 접근법에 대해서는 역사적으로 많은 연구와 고민이 이어져 왔습니다. 지금부터는 디스플레이 분야에서 다루는 색공간(Color Space)의 대표적인 종류와 차이점을 훑아보겠습니다.

색공간(Color Space)이란?

축구 경기장 크기에 제한이 없다면 어떨까요? 농구 골대의 위치가 경기마다 제각각이라면 어떤 일이 벌어질까요? 아마 선수들은 혼란을 겪을 것이고, 경기는 제대로 진행되지 않을 것입니다.

경기장과 색공간의 규격 비유



운동 경기를 위해서는 기본적인 규칙이 있고, 경기가 벌어지는 공간에 대한 규격도 존재합니다. 경기장에 규격이 있듯이 디스플레이에서 색을 보여주는 공간에도 규격이 있습니다. 그것을 색공간(Color Space)이라고 부르며, 이 공간에 대해서는 여러 기관이나 회사별로 다양한 기준이 존재합니다. 정해진 규격에 맞게 디스플레이 제품이 제작돼야 정확한 화면이 표현됩니다. 표준화된 규격 안에서 이미지나 영상이 만들어지고 또 그것을 보여주는 디스플레이도 같은 규격을 따를 때 최초의 이미지 제작자가 의도한 색감을 그대로 표현할 수 있기 때문입니다.

분야별 색공간(Color Space)의 종류		
방송	IT	영화
NTSC	sRGB	Film
PAL/SECAM	Adobe RGB	DCI-P3
SDTV	Adobe Wide Gamut RGB	ACES
HDTV	Apple RGB	
UHDTV	ColorMatch RGB	
	Prophoto RGB	

디스플레이에서 색공간이 표준화되어 있는 분야는 위의 구분과 같이 크게 방송, IT, 영화의 3가지입니다. 그 종류도 무척 다양한데 오늘은 각 분야별로 가장 대표적인 색공간을 중심으로 살펴보겠습니다. 먼저 방송 분야입니다.

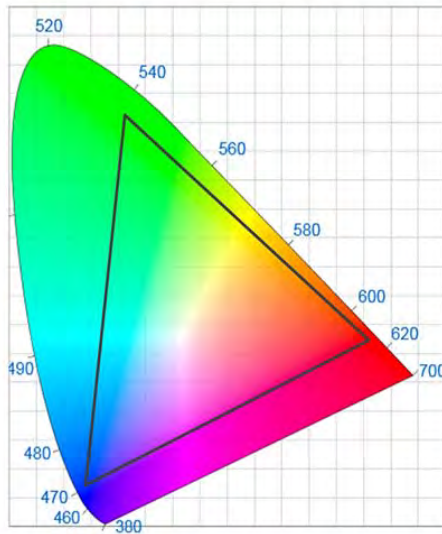
방송 분야의 색공간

가장 전통적이며 대표적인 방송 색공간은 바로 NTSC입니다. NTSC(National Television System Committee)는 방송용 전파에 대한 미국의 표준화 담당기구의 이름으로, 동시에 NTSC가 마련한 색공간을 의미하기도 합니다. 1953년 3월에 NTSC는 세계 3대 국제 표준화 기구 중 하나인 국제전기통신연합 ITU(International Telecommunication Union)와 함께 컬러TV 표준을 제정(표준문서번호 ITU-R BT.470)했고 그 색공간은 아래 그림과 같습니다.

※ ITU : 유엔의 산하 기구로 전기 통신의 개선과 효율적인 사용, 효율적 기술 운용 등을 목적으로 설립 (ITU-R : ITU의 전파통신 부문)

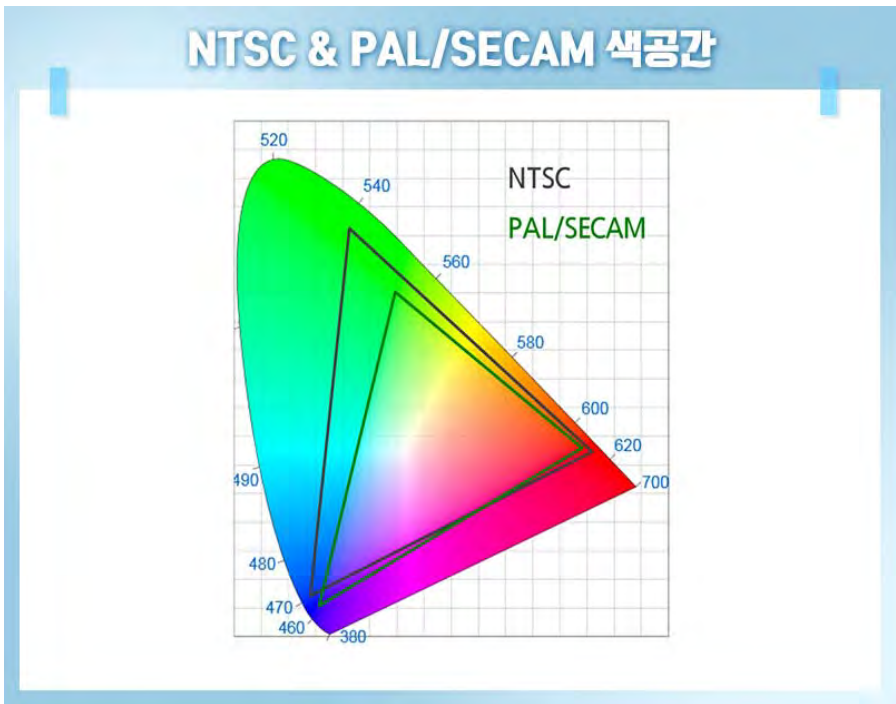
※ BT : Broadcasting service (Television)

NTSC 색 공간



NTSC는 색공간을 정의 할때 영화용 컬러 필름의 색공간을 기준으로 출발했습니다. 당시에 컬러TV 방송은 이제 막 시작되려는 시기였고, 컬러 브라운관(CRT)의 기술 수준도 현재와 비교하면 초보적인 수준이었기 때문에 당시에 기준으로 삼을 수 있었던 것은 먼저 컬러로 개발돼 상용화됐던 영화용 컬러 필름이었습니다. 컬러 영화는 컬러TV보다 훨씬 앞선 1915년에 기술이 개발됐고 이후 월트 디즈니의 애니메이션 '꽃과 나무(Flowers and Trees, 1932)' 등 다양한 컬러 영화가 등장했습니다. 그래서 NTSC는 영화용 컬러필름의 색공간을 참고하여 3원색(Primary Color)을 정의했습니다. 그리고 실제 NTSC 방식을 기준으로 한 컬러TV 방송은 1954년 1월부터 미국에서 최초로 시작됐습니다.

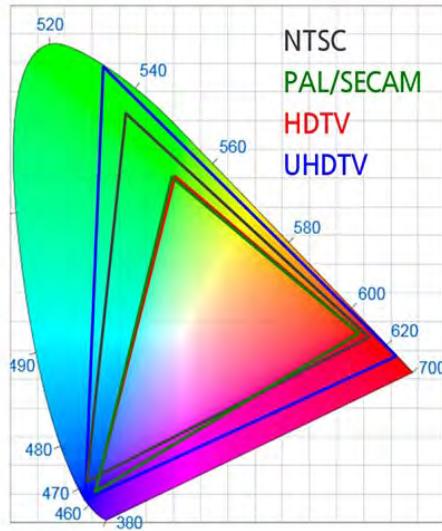
이후 1975년에 유럽방송연맹 EBU(European Broadcasting Union)는 SDTV(Standard-Definition Television) 시스템을 위해 스튜디오 모니터용 색공간(EBU Tech.3213)을 제안했습니다. 이에 따라 독일은 PAL(Phase Alternation Line) 방식을, 프랑스는 SECAM(séquentiel couleur à mémoire) 방식을 각각 만들었습니다. 기본적인 기술 방식과 색공간은 같기 때문에 보통 PAL과 SECAM은 한데 묶어서 설명하는 경우가 많습니다. 참고로 PAL은 독일을 비롯한 유럽과 중국, 북한 등에서 채용됐고, SECAM은 프랑스와 소련 및 구 공산권 국가들이 주로 채용했습니다. 그리고 NTSC는 대한민국, 미국, 일본, 중남미 등에서 사용되고 있습니다.



1982년에는 ITU에서 SDTV(Standard-Definition Television) 규격이 공식적으로 제정(ITU-R BT.601) 됐습니다. 고화질 방송 규격인 HDTV로 이동하는 중간 단계로서, SDTV는 아날로그 방식에서 디지털 방식으로의 전환이라는 점과 16:9의 와이드 스크린 도입 등의 측면에서 의미가 큼니다. 색공간 관점에서 SDTV 규격은 개정된 NTSC와 PAL/SECAM의 색공간을 각각 다르게 규정했으나 그 범위는 크게 차이하지 않습니다.

1990년에는 현재 주로 사용되는 디지털 방송 규격인 HDTV(High-Definition Television) 규격인 ITU에 의해서 제정(ITU-R BT.709)됩니다. 고해상도와 16:9 와이드 스크린 등 높은 수준의 화질을 구현하기 위한 표준 규격으로, 독특한 점은 당시로서는 가장 보편적인 TV였던 브라운관(CRT) TV의 현실적인 기술적 특성을 고려해 색공간은 기존의 다른 색공간들에 비해 오히려 일부 줄어들었다는 것입니다. 하지만 2012년에 ITU에서 제정한 UHDTV(Ultra High-Definition Television)규격(ITU-R BT.2020)은 해상도 증가 뿐만 아니라 색공간도 크게 확대됐습니다. UHDTV의 색공간은 뒤에서 다룰 IT 분야의 색공간인 sRGB, Adobe RGB와 영화용 규격인 DCI-P3 등 상용화된 대부분의 색공간을 수렴합니다.

방송 분야 색공간 비교



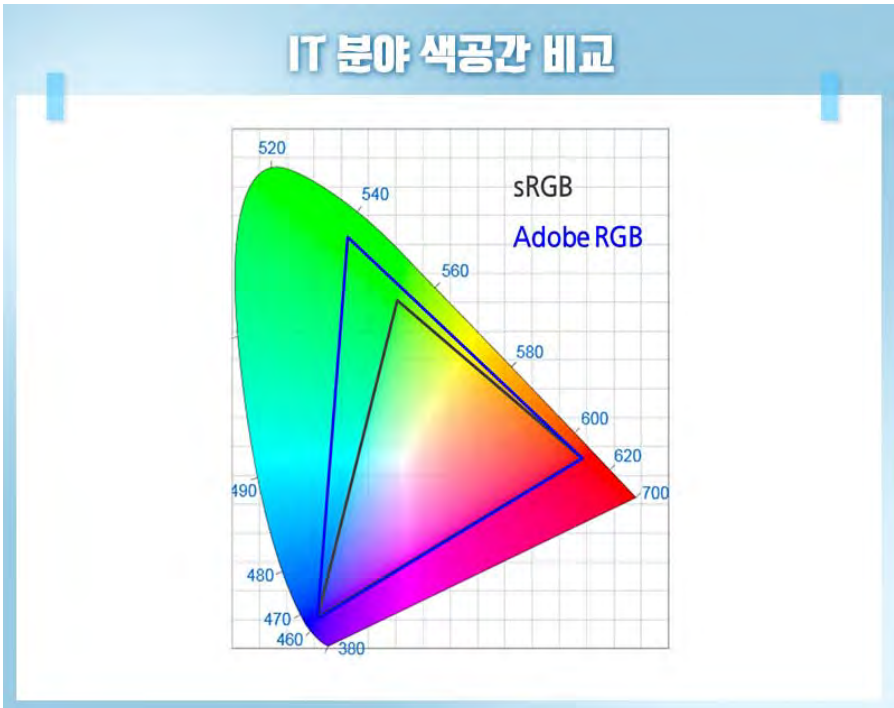
IT 분야의 색공간

IT 분야에서는 현재 디스플레이 분야에서 주로 사용되는 2가지 색공간인 sRGB와 Adobe RGB에 대해서 다루겠습니다.

sRGB(standard RGB)는 1996년 미국의 Microsoft社와 HP社가 협력해 만든 모니터, 프린터 및 인터넷용 표준 RGB 색공간입니다. sRGB는 대부분의 브라운관(CRT) 모니터들이 비슷한 색으로 재현된다는데 착안해 모니터, 스캐너, 디지털 카메라의 평균값으로 정의된 색공간입니다. 때마침 HDTV의 색공간인 ITU-R BT.709 규격이 sRGB에서 정의한 색공간을 만족해 동일한 좌표를 기준으로 사용하게 됐으며 따라서 HDTV와 sRGB의 색공간 또한 일치합니다. 현재 sRGB는 IT 분야에서 가장 광범위하게 사용되는 색공간 규격으로

각종 IT 기기들과 가장 호환성이 높습니다. 하지만 디지털 이미지를 인쇄하거나 인화할 때에는 컬러 표현의 한계를 보인다는 약점이 있습니다.

Adobe RGB는 Adobe社(그래픽 편집 프로그램 포토샵 제작사)가 1998년에 제안한 색공간입니다. sRGB의 색공간은 인쇄물에 주로 사용하는 4원색 잉크 색상인 CMYK(Cyan Magenta Yellow and (Black)Key)용 컬러 프린터에서 색상 표현이 너무 제한적이라는 이유에서 새롭게 제안됐습니다. 특히 Cyan(하늘색)과 Green(녹색) 표현 영역이 협소해 해당 색상 표현력을 보완하기 위해 관련 영역을 확대했습니다. Adobe RGB의 색공간에서 빨간색과 파란색의 색좌표(삼각형에서 꼭짓점)는 sRGB와 동일하게 하되, 녹색 좌표는 CIE 1931에서 위로 더 이동시켰습니다. 이로써 녹색 계열의 색상 표현이 더 풍부해졌습니다.

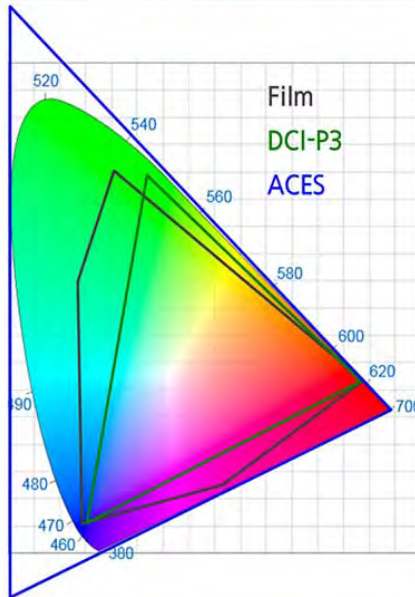


영화 분야의 색공간

가장 전통적이고 현재까지도 사용되고 있는 영화 기록 매체는 바로 필름(Film)입니다. 따라서 필름을 영상으로 구현하는 필름 프로젝터의 특성을 고려해 필름 영화의 색공간은 정의됐습니다. 필름 프로젝터는 1935년으로 거슬러 올라갑니다. 당시에 프로젝터의 램프 광원(光源)으로 주로 쓰인 것은 카본 아크 램프(Carbon Arc Lamp)였습니다. 이 램프를 활용한 필름 프로젝터는 빛의 3원색인 Red, Green, Blue 외에도 Cyan과 Magenta를 함께 사용해 5원색(5 Primary Color)를 기준으로 삼았습니다. 따라서 자연스럽게 필름 색공간은 5각형의 모습을 갖춥니다.

영화도 TV와 마찬가지로 디지털 방식으로의 전환하는 논의가 있었습니다. 1990년대를 전후해 미국의 메이저 스튜디오와 영화 장비 업체들이 중심이 되어 디지털 영화를 위한 연구와 관련 장비 개발이 시작됩니다. 2002년 할리우드 영화사들이 주축이 되어 디지털시네마 표준 개발을 위해 구성한 협력 기구인 DCI(Digital Cinema Initiatives)를 설립하고, 2005년에는 DCI 표준 규격을 제정합니다.

영화 분야 색공간 비교



DCI는 필름과 다르게 색공간을 구성하는 원색을 Red, Green, Blue의 3원색으로 지정했습니다. 원색(Primary Color)을 3개를 사용했기 때문에 DCI-P3라고 부릅니다. 3원색이 사용된 이유는 디지털 영화에 사용되는 제논 프로젝터의 광원인 제논아크 램프(Xenon Arc Lamp)의 특성을 고려했기 때문입니다. 제논 램프는 광원 중에서 자연광(태양광)에 가장 가까운 빛을 내기 때문에 연색성(Color Rendering Properties)이 좋아 상당히 자연스러운 색상을 보여줍니다.

마지막으로 미래의 영화 시스템에서 사용하기 위한 차세대 색공간 개념으로 ACES(Academy Color Encoding System)가 있습니다. ACES는 미국의 AMPAS에서 개발한 후반 영상작업(Color Correction, Color Grading)을 위한

컬러 작업 공간(Color Working Space) 규격으로 50여 명의 전문가들이 모여 2004년부터 개발을 시작했습니다.

※ AMPAS(Academy of Motion Picture Arts & Sciences, 영화예술과학아카데미) : 영화의 예술, 과학 분야의 발전을 맡은 전문 단체

ACES는 현재의 다양한 디지털 카메라 기술에 대응하고 보다 정확하고 풍부한 색표현이 가능하도록 만들어진 컬러 이미지 변환(Encoding) 규격으로 카메라에서 캡처된 정보를 모두 보존하는 것이 목적입니다. 따라서 가시광선 영역 전체(Spectrum Locus/Visible Gamut)를 포함하는 색공간입니다.

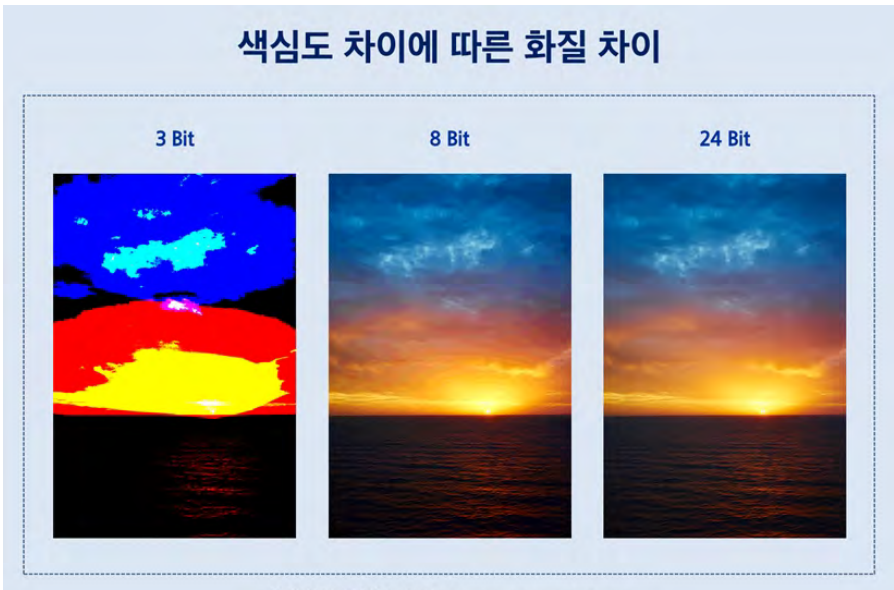


화려한 그래픽으로 유저의 시선을 사로잡는 초고화질 3D 게임들이 보편화된 요즘과 달리, 1980~1990년대 초 컴퓨터 게임 속에 등장하는 색상은 상당수가 256가지 컬러 이하이거나 심지어 16컬러 또는 흑백인 경우도 있었습니다. 디스플레이에서 표현하는 색상의 수가 다른 이유는 무엇일까요? 모니터나 TV, 스마트폰의 디스플레이가 표현하는 색상의 수는 얼마나 될까요?

가장 적게는 블랙과 화이트만 표현하는 흑백부터 많게는 수십억 개의 색을 표현하는 전문가용 디스플레이까지 다양한 색 표현 범위를 갖고 있는 디스플레이들. 오늘은 디스플레이에서 표현 가능한 색상의 수를 나타내는 개념 중 '색심도'라는 내용에 대해서 알아보겠습니다.

색심도(Color Depth)란?

색심도(Color Depth)란 디스플레이가 얼마나 많은 색상을 표현할 수 있는지를 나타내는 수치로 색깊이라고 부르기도 하며, 표현 단위로는 비트(Bit)를 사용합니다. 일반적으로 색심도가 높은 디스플레이는 다양하고 자연스러운 색을 표현할 수 있고, 색심도가 낮은 디스플레이일수록 화면 속의 색이 잘 표현되지 못하고 어색하게 보이게 됩니다.



그럼 색심도에서 뜻하는 비트(Bit)의 개념부터 보겠습니다. 기본적으로 비트는 0과 1로 이루어진 디지털 정보입니다. 일반적으로 디지털 분야에서 0은 꺼짐(OFF)을, 1은 켜짐(ON)을 뜻하기도 합니다.

먼저 흑백 TV를 예로 들어보겠습니다. 화면에서 픽셀 하나를 표현할 때 검은색을 0, 흰색을 1이라고 가정하면 이 디스플레이는 픽셀당 흑과 백 이렇게 2가지 색 선택이 가능한 것입니다. 비트는 이진법 개념이므로 숫자 2의 제곱수를 비트수로 이해하면 됩니다. '2의 1제곱 = 2'이기 때문에 2가지 색상을 표현할 수 있다는 뜻이며, 따라서 흑백 TV는 1비트(Bit) 디스플레이입니다.

이번에는 컬러 TV로 설명해보겠습니다. 컬러 TV는 일반적으로 R(빨강), G(녹색), B(파랑)의 3가지 색을 원색(Primary Color)을 서브픽셀(Sub-Pixel)로 두고 이들의 조합을 통해 색을 표현합니다. 그러므로 기본적으로는 R이 켜지면 1, 꺼지면 0으로 놓는 2가지 옵션이 있다면 G와 B 또한 동일한 방식으로 각각 2가지 옵션을 가질 수 있습니다. 이렇게 되면 '2의 3제곱 = 8'이 되면서 8가지 색상의 조합을 만들 수 있습니다. 서브픽셀당 비트로는 1비트이며, 픽셀당 비트로는 3비트가 되는 것입니다. 디스플레이 제조사나 색 규격 기관에 따라서 서브픽셀당 비트수로 표현되기도 하고 1픽셀당 비트수로 표현되기도 합니다.

이때 색이 표현되는 방식을 이진법으로 설명해보면 서브픽셀 R=1(켜짐), G=0(꺼짐), B=0(꺼짐)으로 놓으면, 이 픽셀은 빨간색이 됩니다. R=1, G=1, B=1로 놓으면 하얀색이 되고, R=1, G=1, B=0으로 놓으면 노란색이 됩니다. 모든 서브픽셀을 0으로 놓으면 검은색이 되겠죠. 이렇게 8가지 색이 표현되는 조합을 아래 그림을 통해 보겠습니다.

3비트(Bit) 픽셀의 색 구현 방식

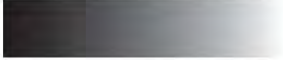


색심도와 계조(Gradation)

단순히 원색만 존재할 경우에는 위와 같이 픽셀당 3비트, 곧 8가지 색 표현이 가능하지만, 디스플레이의 색은 한가지 원색마다 여러 단계로 진함과 연함

을 나누어 표현이 가능합니다. 그리고 이것을 '계조(Gradation)'라고 합니다. '계조'란 사전적 의미로 '이미지에서 농도가 가장 짙은 부분에서 가장 옅은 유효 농도부까지의 농도 이행단계'라고 하는데, 쉽게 설명하면 가장 밝은 부분과 가장 어두운 부분을 동일 간격으로 여러 단계로 나누어 표현하는 정도를 의미합니다.

색심도(Bit)에 따른 계조 표현

Bit	계조 표현력 [Sub-Pixel 별]	1 Pixel 별 표현 가능 색상의 수 * 계산 : Bit(R) x Bit(G) x Bit(B)
1 Bit = 2^1		$2^1 \times 2^1 \times 2^1 = 8$
2 Bit = 2^2		$2^2 \times 2^2 \times 2^2 = 64$
3 Bit = 2^3		$2^3 \times 2^3 \times 2^3 = 512$
6 Bit = 2^6		$2^6 \times 2^6 \times 2^6 = 262,144$
8 Bit = 2^8		$2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 16,777,216$

* 참고 : 일반적으로 디스플레이는 RGB로 구성된 서브픽셀 3가지의 조합으로 1개의 픽셀이 색을 표현하므로, 서브픽셀의 비트 수에 3제곱을 하면 1픽셀당 비트가 됨 (서브픽셀 8 Bit는 대체로 1픽셀 24 비트(8+8+8)를 의미함)

위의 표에서는 검은색과 하얀색에 대한 계조만을 표현했지만, 구체적으로는 원색 중 하나인 빨간색도 진함부터 연함까지 여러 단계로 표현되고, 녹색과 파란색도 마찬가지로 여러 단계로 표현할 수 있습니다. 이렇게 여러 단계로 만들어진 색들의 조합을 통해 훨씬 더 다양하고 풍부한 색을 표현할 수 있습니다. 즉, 계조가 많을수록 이미지에서 계단현상이 사라지고 더 많은 색을 표현할 수 있으므로 색이 더 자연스럽게 표현됩니다. 현재 대부분의 TV, 모니터, 스마트폰 등 IT용 디스플레이들은 서브픽셀이 8비트로 구성된 픽셀당 24비트(트루컬러)의 색심도를 표현하며, 약 1,677만 컬러를 표현합니다.

HDR(High Dynamic Range)에서 더 중요시되는 색심도

고화질 영상을 위해 최근 각광받고 있는 기술인 HDR(High Dynamic Range)의 필수적인 구현 요소에도 색심도가 들어있습니다. HDR은 명암의 범위를 확대해 밝은 부분은 더 밝게 하고 어두운 부분은 더 어둡게 해 사물을 더욱 선명하게 만들어내는 기술입니다. HDR의 규격에 대해서는 여러 기관에서 각각의 기준을 제시하고 있지만, 공통적으로 색심도에 대해서 그 중요성을 인정하고 기준을 마련해두었습니다.

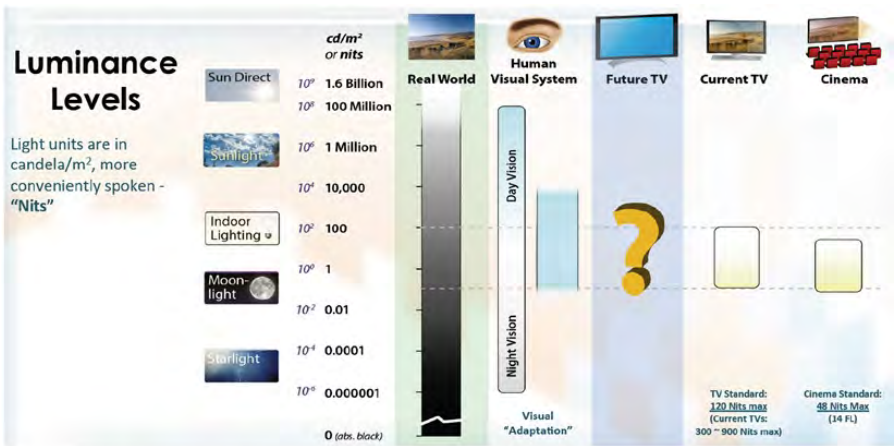
대표적으로 'HDR10'과 'dolby비전(Dolby Vision)'으로 규격이 형성되어 있습니다. HDR10은 색심도로 서브픽셀 기준 10비트를, dolby비전은 서브픽셀 기준 12비트를 제시하고 있습니다. 10비트는 '2의 10제곱=1024'를 다시 두 번 더 제공한 것이기 때문에 $1024 \times 1024 \times 1024 = 1,073,741,824$ (약 10억)가지 색을 표현할 수 있습니다. 12비트는 '2의 12제곱=4096'을 다시 두 번 더 제공한 것이기 때문에 $4096 \times 4096 \times 4096 = 68,719,476,735$ (약 68억)가지 색을 표현할 수 있습니다. 현재보다 훨씬 세밀한 색 표현이 가능한 색심도들로 향후 본격적으로 도입이 되면 더욱 생생한 화질을 기대할 수 있을 것으로 보입니다.



디스플레이에서 자연 그대로의 모습을 본다는 것은 어떤 느낌일까요? 천연의 색을 그대로 표현하거나, 사물의 디테일을 선명하게 보여주면 아주 사실감이 느껴지는 장면이 될 것입니다. 여기에 또 한가지 중요한 것이 바로 밝기와 명암입니다. 아무리 표현할 수 있는 색이 많고, 해상도가 높은 디스플레이라고 하더라도 화면이 어둡거나, 명암비가 낮으면 사물이 제대로 보이지 않고, 색상도 본연의 빛깔을 표현하지 못합니다.

과거에는 화질의 좋고 나쁨에 대해 이야기할 때 주로 Full HD나 UHD와 같은 해상도를 놓고 비교를 했다면, 최근에는 해상도는 기본적인 성능으로 두고 여기에 더해 색과 명암에 대해 강조하고 있습니다. 이런 이유로 몇 년 전부터 고화질 영상을 위한 기술로 밝기와 명암을 다루는 HDR(High Dynamic Range)이 디스플레이를 비롯한 영상 콘텐츠 시장에서 각광을 받고 있습니다. 이번 시간에는 디스플레이에서의 HDR 기술에 대해 알아보겠습니다.

HDR(High Dynamic Range)이란?



Source: SMPTE annual Conference 2013, Pat Griffis, Making better pixel

자연에는 빛이 전혀 없는 완전한 어둠부터 태양빛에 준하는 엄청나게 밝은 범위가 동시에 공존합니다. 하지만 일반 TV나 극장의 디스플레이는 우리 눈이 볼 수 있는 밝기의 범위보다 무척 제한적인 영역만 표현하고 있습니다. 따라서 실제로 우리 눈이 보는 풍경과 TV로 접하는 동일한 풍경의 밝기에는 큰 차이가 있습니다.

HDR은 명암(화면의 밝고 어두운 정도)의 범위를 넓혀, 밝은 부분은 더 밝고 세밀하게 보여주고, 어두운 부분은 더 어둡게 표현하되 사물이 또렷하게 보이도록 하는 이미지 표현 기술입니다.

사진 촬영 분야에서 주로 사용되던 HDR

전통적으로 HDR이 주로 사용되던 분야는 영상이 아닌 사진 촬영의 영역이었습니다. 밝음과 어두움을 한눈에 폭넓게 볼 수 있는 범위를 가진 사람의 눈과 달리, 카메라는 한 번에 소화할 수 있는 영역에 한계가 있기 때문에 명암의 대비가 큰 장면을 찍을 때 사람이 눈으로 볼 때와는 다른 모습으로 촬영이 됩니다. 예를 들어, 너무 밝은 피사체를 찍기 위해 카메라의 조리개를 좁히면 노출이 줄어들어 주변이 지나치게 어둡게 촬영되고, 반대로 너무 어두운 피사체를 찍기 위해 조리개를 열면 노출이 과다해져서 주변이 너무 밝게 촬영돼 백지처럼 하얗게 되며 아무것도 보이지 않는 현상이 발생합니다.

노출도 차이에 따른 이미지 비교

낮은 노출



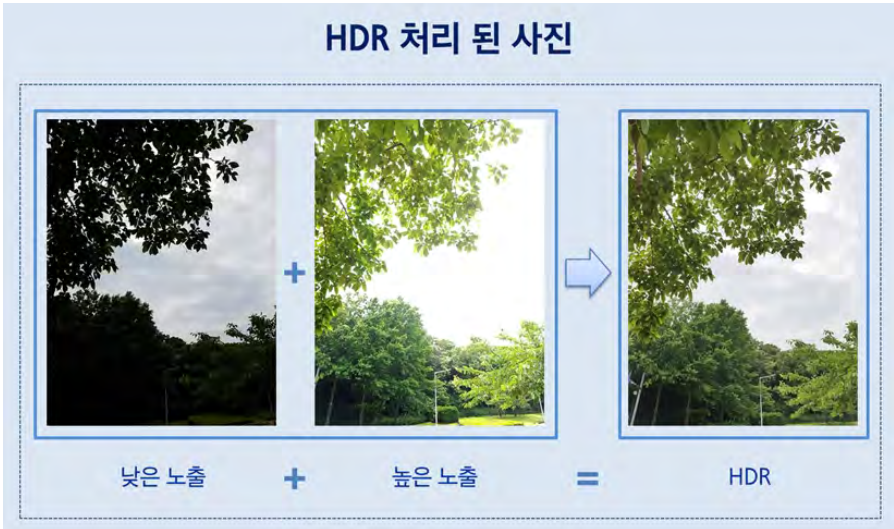
하늘의 구름은 색과 윤곽이 보이나
나뭇가지는 검게 보임

높은 노출



나뭇가지는 색과 형상이 보이나
구름은 물론 하늘 전체가 하얗게 보임

이러한 문제를 해결하고자 등장한 개념이 HDR 촬영 기술로, 촬영 시 노출을 높고 낮은 장면을 순간적으로 동시에 각각 찍은 후 이 2개의 이미지를 합성함으로써 밝은 곳과 어두운 곳이 모두 잘 보이게끔 적절히 담아내는 이미지 후처리 방식입니다.



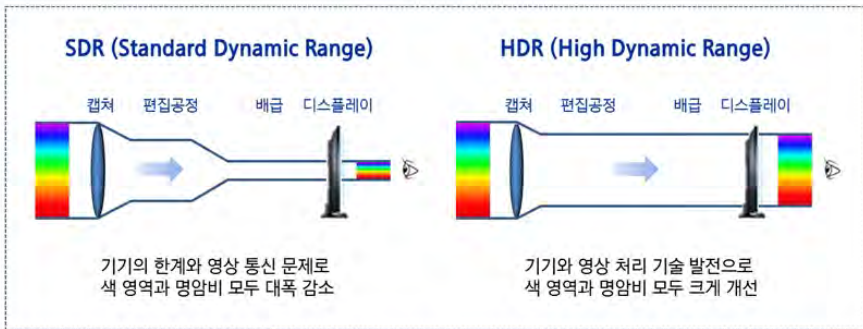
영상 분야에서 각광받기 시작한 HDR

사진 촬영 분야에서 사용되는 HDR의 목적이 '명암과 관련해 눈으로 보는 실제 그대로의 화면 재현'이라면, 영상 분야에서도 그 목적은 같습니다. 다만, 영상은 전송 기술과 디스플레이 기술이 연관되기 때문에 사진보다는 복합적인 구현 프로세스가 존재하며, 관련 규격과 기관도 다양합니다.

기존의 일반적인 디스플레이가 SDR(Standard Dynamic Range) 수준의 좁은 범위의 영상 정보를 제공했다면, HDR은 이보다 상당히 폭넓은 영상정보를 전달해 보다 사실적인 화면을 보여주는 것이 목적입니다. HDR이 추구하

는 방향은 바로 '실제로 눈에 보이는 화면 = TV로 보이는 화면'에 이르도록 하는 것입니다.

SDR vs. HDR



HDR 기술은 영상의 명암을 더 세밀하게 표현해 주기 때문에 명암에 따른 디테일한 부분들도 한 가지 색으로 뭉쳐지지 않고 또렷하게 나누어 보여주는 데, 이로 인해 영상에서 느끼는 입체감이 더 커지는 효과도 함께 나타납니다.

HDR 구현을 위한 생태계와 핵심 요소들

HDR 영상은 'HDR 콘텐츠', 'HDR 프로세싱 디스플레이'의 2가지 요소가 갖춰져야 제대로 구현된 화면을 볼 수 있습니다.

HDR 콘텐츠는 일반적으로 HDR 전용 영상 카메라로 촬영을 합니다. HDR 전용 카메라는 일반적인 영상 카메라보다 폭넓은 범위의 명암을 담을 수 있는 감도를 가지고 있기 때문에 한 장면 안에 밝기 차이가 심한 경우에도 필요한 영상 데이터를 저장할 수 있습니다.

HDR 규격은 영상콘텐츠 안에 컬러, 밝기, 명암 정보 등을 담은 별도의 메타데이터를 저장할 수 있도록 했고 이 작업은 보통 편집 과정에서 이루어집니다. 그리고 디스플레이에서 재생할 때 이 데이터를 참고해 화면에 반영하도록 했습니다. 또한 HDR 규격에서는 영상을 재생할 때 서로 다른 각각의 디스플레이에서도 최고의 화질을 보여줄 수 있도록 약속된 처리 규약이 있고, 디스플레이에서 이 규약에 따라 콘텐츠를 HDR 효과를 살려 올바르게 재현해 내도록 하는데, 이러한 과정을 톤 매핑(Tone Mapping)이라고 부릅니다.

따라서 고화질의 HDR 콘텐츠를 시청자에게 제대로 보여주기 위해서는 결국 디스플레이 기기에서도 이를 제대로 표현할 수 있는 성능이 필요합니다. 그래서 영상 기술과 관련된 여러 기관이 HDR 재생에 필요한 디스플레이가 갖춰야 할 일정한 기준을 각각 마련해 놓았습니다.

HDR 10 vs. Dolby Vision 규격

	HDR 10	Dolby Vision
색역(Color Gamut)	BT.2020	
색심도(Color Depth)	10bit	12bit
밝기 (Peak Luminance)	1000 nits	10000 nits
메타데이터	Static (콘텐츠 별 설정)	Dynamic (프레임 별 설정)

가장 대표적인 규격이 'HDR10'과 '돌비비전(Dolby Vision)'입니다. HDR10은 'UHD 얼라이언스'에서 정한 규격으로, 1000nits(1제곱미터에 촛불 1천 개의 밝기 수준)의 밝기와 10bit(약 10억 가지의 색상)의 색심도를 구현해야 한다고 정했습니다. 반면 돌비비전에서는 10000nits의 밝기와 12bit(약 68억 가지의 색상)의 색심도를 구현해야 한다고 보다 높은 기준을 제시하고 있습니다.

두 규격 모두 BT.2020(색채계에서 UHDTV 색공간)이라는 색역(Color Gamut)을 표현해야 한다는 점은 동일하지만, HDR10이 하나의 콘텐츠에 일률적인 HDR 메타데이터(정적 메타데이터)만 담을 수 있는 반면, 돌비비전은 각 장면(프레임)마다 별도의 메타데이터(동적 메타데이터)를 저장할 수 있도록 해, 영상의 각 장면마다 더욱 세밀한 HDR 구현이 가능하도록 했습니다.

고해상도에 이어 HDR로 색과 명암의 표현력까지 높아지며 자연에 가까운 고화질 콘텐츠를 즐길 수 있게 되자, HDR은 TV뿐만 아니라 모바일 기기에서도 채택되는 추세입니다. 작년에 출시된 삼성 갤럭시S8이 UHD 얼라이언스로부터 세계 최초로 '모바일 HDR 프리미엄'인증을 받으며 고화질 HDR 영상을 플레이 할 수 있게 됐고, 그 이후 주요 플래그십 모델들도 모바일 HDR 기능을 탑재했습니다. 디스플레이의 발전과 동시에 HDR 콘텐츠도 몇 년 전부터 할리우드 영화사들을 중심으로 제작되기 시작했으며, 아마존과 넷플릭스 등에서는 HDR 콘텐츠 제공 서비스를 시작했습니다. 앞으로 HDR 콘텐츠와 디스플레이가 더욱 확산되고 보편화되면 더욱 생생한 영상 경험을 누릴 수 있을 것입니다.



디스플레이 **튜닝**아보기

25 디스플레이 화면 비율(Aspect Ratio)의 종류



디스플레이 가로와 세로의 비율을 뜻하는 화면비율. 흔히 '4 대 3(4:3)' 또는 '16 대 9(16:9)'와 같이 표현되는 화면비율은 어떻게 등장하게 되었으며 어떤 종류가 있는지 알아보겠습니다.

영상 스크린 시대의 개막과 화면비율(Aspect Ratio)

영상의 화면 비율을 처음 결정한 인물은 윌리엄 케네디 디슨입니다. 그는 1889년 토머스 에디슨과 함께 영화 필름 영사기의 시초인 키네토스코프(Kinetoscope)를 발명한 인물로 이 장치에 필름을 이용하면서 화면의 비율을 정하게 됩니다.

당시 에디슨은 소리를 내는 장치인 축음기를 발명한 이후 축음기에 움직이는 이미지를 덧붙일 수는 없을까 하는 '눈을 위한 축음기' 아이디어를 떠올렸고, 사진 연구에 몰두하고 있는 젊은 연구원인 윌리엄 디슨에게 그 연구를 맡겼습니다. 디슨은 당시 조지 이스트만이 막 개발한 질산 셀룰로이드 소재의

유연한 필름을 35mm 띠 모양으로 약 10미터가량으로 길게 만들어 달라고 이스트만의 공장에 주문을 했고, 이 35mm 폭 필름을 사용할 수 있는 장치인 키네토스코프를 발명합니다. 키네토스코프는 이 필름을 초당 46장(46 프레임)으로 빠르게 돌리며 움직이는 이미지를 최초로 구현했고 이때부터 영화의 필름 폭이 35mm로 정해졌습니다.

Video

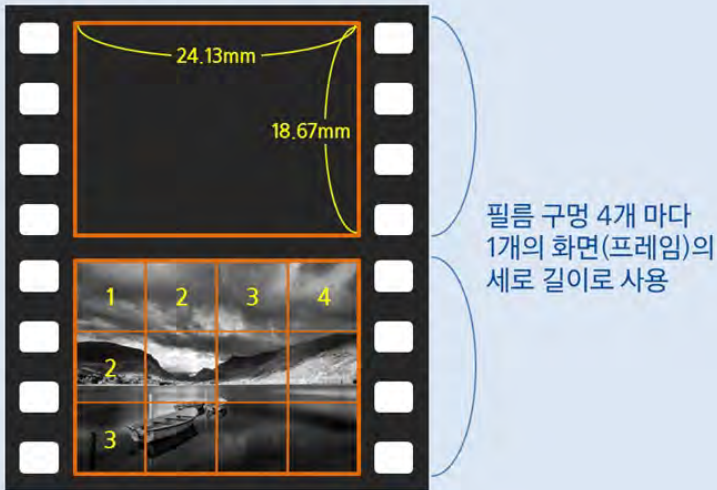
Link : <https://youtu.be/zxuW9NmFZtQ>

▲ 키네토스코프(Kinetoscope)

딕슨은 필름을 키네토스코프에서 돌려 감기 위해 뚫어 놓은 구멍 4개마다 한 개의 프레임을 배치하도록 결정했습니다. 그 결과 필름에 기록되는 영상 크기는 가로 24.13mm, 세로 18.67mm가 됐습니다. 이것이 바로 화면비율 4:3의 뿌리가 됐으며 이후 이 크기는 표준 화면비율로 정착하게 됩니다.

키네토스코프에 사용된 필름의 프레임 구성

4:3 (1.33:1) 화면비율

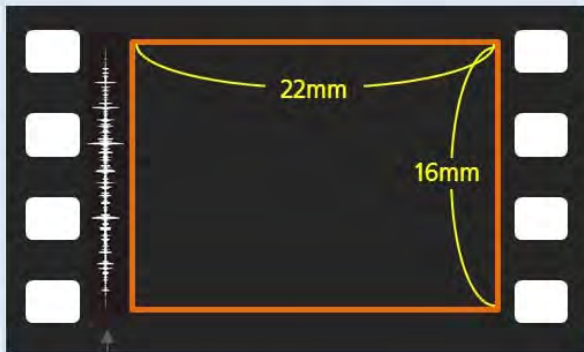


참고로 화면비율을 표기하는 방식은 크게 2가지입니다. 4:3, 16:9와 같은 방식이 있으며, 가로 값을 세로 값으로 나눈 소수점 표기법(Decimal Value)이 있습니다. 4:3의 경우 소수점 표기법으로는 1.33:1이 되며, 16:9의 경우에는 1.78:1로 표현합니다. 소수점 방식이 다양한 화면비율을 비교하는데 더 편리하므로 내용 중에 표기는 소수점 표기법을 중심으로 하겠습니다.

화면비율에 변화가 처음으로 일어난 때는 음향을 곁들인 유성영화가 등장한 1929년입니다. 35mm 폭 필름에 소리를 수록하는 녹음 라인을 추가하면서 영상을 기록하는 프레임의 폭은 조금 좁혀져 비율도 약간 바뀌게 됩니다.

아카데미 비율(Academy Ratio)

1.37:1 화면비율



1932년 영화예술과학아카데미가 표준을 결정하기 위한 투표를 실시해 프레임 크기를 22mm×16mm(1.37:1)로 정해 기존에 덕슨이 만든 1.33:1 보다 가로가 조금 더 넓은 화면이 탄생하게 되며, 이 화면 비율은 1937년 '아카데미 비율(Academy Ratio)'이라는 명칭으로 널리 사용되게 됩니다.

TV의 등장과 영화 화면비율의 다변화

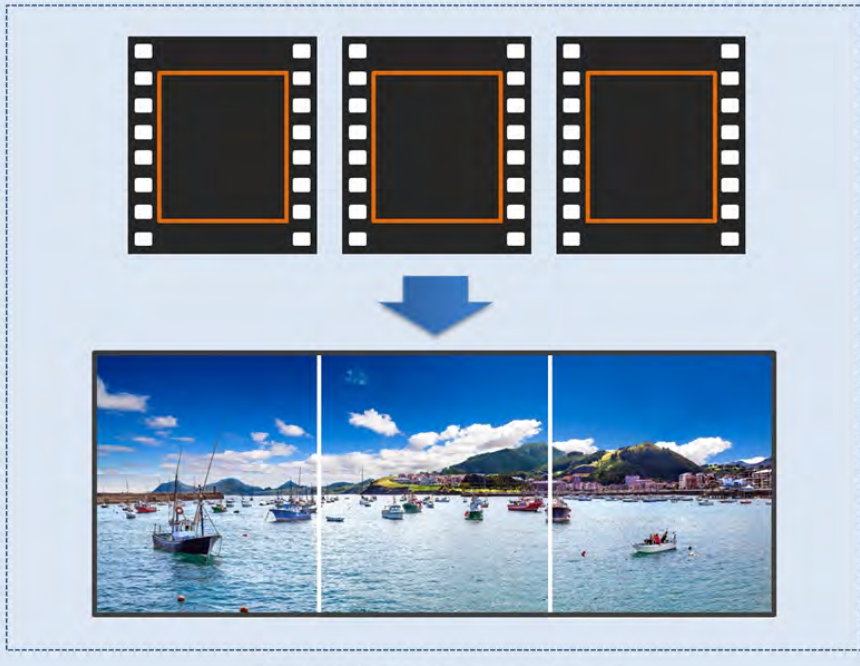
1950 년대에 TV 가 등장하자 영화 산업계는 큰 위기감을 느끼게 됩니다. 사람들이 집에서든 언제든 영상 볼 수 있게 됐고 극장을 찾는 관객 수는 하

락할 것으로 예상됐기 때문입니다. 영화 산업계와 극장 업계는 TV와의 경쟁에서 이를 돌파할 새로운 전략이 필요했습니다.

TV의 화면비율은 극장의 화면비율 4:3을 자연스럽게 채택하게 되었습니다. 이전에 존재했던 유일한 레퍼런스였기 때문입니다. 이에 영화 산업계는 TV와는 다른 포맷을 택해 경쟁력을 갖출 필요성을 느끼게 됐고 가로 영상 폭을 넓혀 높은 현장감을 재현할 수 있는 와이드 스크린 포맷을 만들게 됩니다.

영화 감독이자 엔지니어인 프레드 윌러는 '시네라마(Cinerama)'라는 와이드 스크린 화면비율 포맷을 발표합니다. 이 포맷은 카메라 3대를 연결, 동기화한 뒤 영상을 3분할 촬영하고 상영할 때에도 영사기 3개를 동기화해 큰 화면으로 볼 수 있게 해주는 방식으로 TV에서는 따라 할 수 없는 방식이었습니다. 시네라마는 27mm 렌즈 카메라 3대를 활용해 세로로 분할 촬영을 한 후, 상영할 때는 3개의 영상을 나란히 배치해 화각을 147도, 화면비율은 2.59:1로 넓은 영상을 구현할 수 있었습니다. 시네라마는 3개의 영사기를 화면에 나눠서 교차로 빔을 쏘고, 스크린도 커브드 형태였습니다.

시네라마(Cinerama)의 촬영/상영 방식



Video

Link : <https://youtu.be/doYLaLYhCtk>

시네라마는 여행 풍경을 담은 기행 영화 등을 통해 상당 이익을 올리는 데 성공했지만 일반 영화에 채택된 건 10년 뒤인 1962년이었으며, 만들어진 영화도 두 편에 불과했습니다.

시네라마는 획기적인 시스템이었지만 카메라 3대를 이용한 시스템은 촬영이나 상영 단계에서 여러 어려움이 있었습니다. 시네라마 카메라는 단일 초점 거리 방식이라 촬영 시 카메라가 아니라 배우 배치를 조정해 영상을 정리하는 작업이 필요했을 뿐만 아니라 촬영 비용과 상영 비용이 모두 높았습니다. 하지만 이 같은 단점에도 불구하고 시네라마의 인기는 와이드 스크린의 효과를 입증해 주는 계기가 됐습니다.

시네라마의 성공을 본 20세기폭스는 프랑스의 천문학자이자 발명가인 앙리 크레티안이 1920년대에 발명한 '애너모퍼스코프(Anamorphoscope)'를 영화에 도입합니다. 애너모퍼스코프는 일종의 오목렌즈와 유사한 개념을 가진 특수 렌즈를 이용해 이미지의 폭을 절반까지 압축해 필름에 기록하는 기술입니다. 20세기폭스는 여기에 '시네마스코프(Cinemascope)'라는 이름을 붙였습니다.

시네마스코프(Cinemascope)의 촬영/상영 방식



이 방식은 전통적인 35mm 필름 폭에 2분의 1로 압축한 와이드 영상을 기록하는 구조로 화면비율 2.35:1을 구현할 수 있었습니다. 따라서 기존의 35mm 필름을 그대로 사용하면서도 와이드 스크린을 구현할 수 있는 혁신적인 기술이었습니다. 물론 애너모퍼스코프는 필름의 그레인(일종의 노이즈로 필름 소재 입자가 도드라져 보이는 현상)과 관련된 기술적인 문제가 여전히 있었지만 시네라마보다 촬영이 쉽고 극장이 부담할 시설 비용도 줄일 수 있어 업계의 지지를 받았고 와이드 스크린 영화계의 승자가 됩니다.

반면 파라마운트는 시네마스코프가 가진 화질의 단점을 극복하기 위해 독자 개발한 필름을 세로에서 가로로 바꾸는 방식을 채택한 '비스타비전(VistaVision)'을 선보입니다.

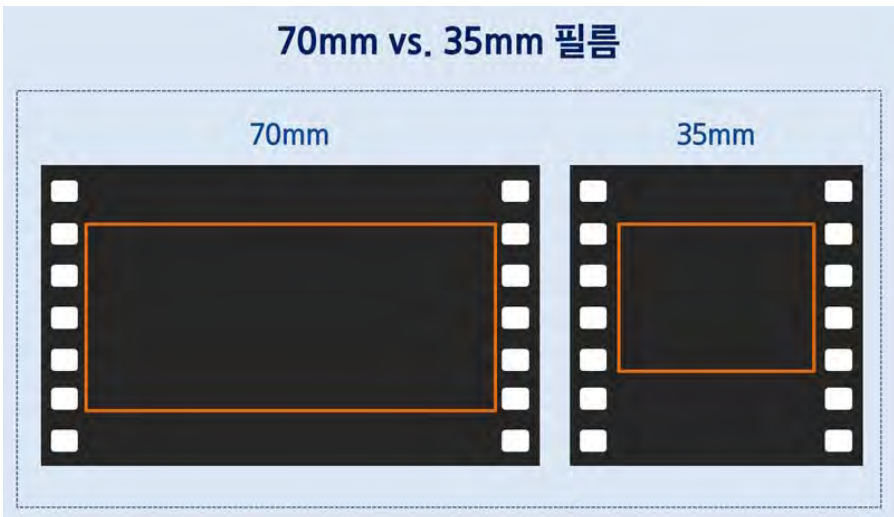


비스타비전은 동일하게 35mm 필름을 사용했지만 촬영할 때에는 형태를 가로로 사용해 필름 자체의 촬영 면적을 늘렸고, 이를 통해 35mm 필름이 가진 그레인 발생으로 인한 화질저하 문제를 해결했습니다. 화면비율은 1.85:1로, 가로로 촬영한 마스터 필름 영상을 극장에 배급할 때에는 필름을 세로 방향으로 회전시켜 상영하도록 하는 방식입니다. 이 방식으로 영화 '십계' 등 여러 유명 영화들이 촬영됐습니다.

1950년대에는 이들 방식 외에도 슈퍼스코프(Superscope), 테크니라마

(Technirama), 시네미라클(Cinemiracle), 비스타라마(Vistarama) 등 수많은 와이드 스크린 포맷이 탄생했지만 35mm 필름의 물리적 한계 탓에 업계는 조금 더 큰 필름을 찾는 움직임을 보이게 됩니다.

미국 영화 제작자인 마이크 토드는 아메리칸옵티컬과 공동으로 70mm 필름 포맷인 '토드 AO(Todd AO)'를 개발합니다. 토드 AO는 시네라마가 카메라 3대로 실현하던 영상을 카메라 1대로 촬영해 프로젝트도 1대로 재현한다는 목표를 갖고 있었습니다. 이 포맷의 화면 비율은 2.20:1입니다.



한편 1954년 영화 촬영 장비와 렌즈 제작사인 파나비전은 원래 시네마스코프를 전문적으로 다뤘지만 초기 시네스코프가 안고 있던 기술적 문제를 해결해 업계를 주도하게 됐습니다. 파나비전은 새로운 카메라 시스템과 포맷 개발에 나서게 됐는데, 이 가운데 하나가 'MGM 65'입니다. 70mm 필름을 이용해 고화질 와이드스크린을 실현하는 기술로, 화면 비율은 2.76:1이며 영화 '벤허(Ben Hur)'가 이 방식으로 촬영한 유명한 영화입니다.

하지만 70mm 필름의 단점은 가격이 비싸다는 점이었고, 35mm 필름도 화학 처리 기술이 발전하면서 그레인 문제가 해소되었고 결국 70mm 필름에 필적하는 화질을 얻을 수 있게 되었습니다. 이에 따라 70mm 필름은 아이맥스(IMAX) 시스템이 등장한 1970년대까지 시장 확대를 기다려야 했습니다.

16:9 화면비율의 탄생과 와이드 스크린의 대중화

지금까지의 화면비율을 살펴보면 디슨이 발명한 1.33:1부터 아카데미 비율인 1.37:1을 거쳐 시네라마 2.59:1, 시네마스코프 2.35:1, 비스타비전 1.85:1, 토드 AO 2.20:1, MGM 65는 2.76:1로 변화해 왔습니다. 그런데 이상하게도 현재 TV의 대부분의 화면비율을 차지하고 있는 16:9(1.78:1)은 이 가운데에 없습니다.



16:9의 탄생 배경은 TV의 역사에서 찾을 수 있습니다. 1980년대 후반 HDTV 표준을 정하면서 미국 영화텔레비전기술자 협회 SMPTE의 엔지니어 컨스 파워스는 16:9라는 화면 비율을 제시했습니다. 16:9(1.78:1)는 기하학적으로 보면 4:3(1.33:1)과 2.35:1의 평균 수치에 해당합니다. 따라서 폭이 좁거나 반대로 폭이 넓은 와이드 스크린 비율의 영상이라도 16:9 포맷에서 시청하면 영상의 상하좌우에 조금씩 공백(Letter Box 또는 Black Bar)이 들어가는 방식으로 영상을 효율적으로 표시할 수 있게 됩니다. 일종의 타협안인 화면비율 16:9는 이후 DVD에서 HDTV, UHD(4K)까지 와이드 스크린의 표준으로 널리 쓰이게 됩니다.



TV시장에서의 와이드 스크린의 변화는 지금도 현재진행형입니다. 4:3에서 16:9로 와이드 스크린의 니즈를 반영했듯이, 16:9보다 더 폭이 넓은 21:9 시

장이 열렸고 모니터 시장에는 32:9 화면비율도 등장했습니다.

와이드 스크린의 진화는 과연 어디까지 이어질까요? 지금까지 살펴본 화면 비율에는 재미있는 수학적 관계가 숨어있습니다. 이를 토대로 미래의 와이드 스크린 화면비율도 살짝 엿볼 수 있을지 모릅니다.



4:3의 비율을 분수로 표현하면 $4/3$ 가 되며, 이 숫자를 제곱하면 $16/9$ 가 됩니다. 그리고 $4/3$ 을 세제곱하면 $64/27$ 이 되며 이는 약 21.3:9로 현재 새로운 와이드 스크린으로 주목받고 있는 21:9와 비슷한 비율입니다. 그렇다면 $4/3$ 에 네제곱을 하면 어떨까요? $256/81$ 이 되며 소수점 비율로 나타내면 28.4:9가 됩니다. 단순히 재미 삼아 계산해 본 수학적 추측일 뿐이지만 더 폭넓은 와이드 스크린에 대한 시청자의 니즈가 나타난다면 언젠가는 28:9 비율의 포맷도 등장하지 않을까요?

60Hz



디스플레이 **튜**아보기

26 디스플레이 화면 재생률(Refresh Rate)의 이해

120Hz



최근 고재생률(High Refresh Rate) 모니터들에 대한 인기가 높아지고 있습니다. 특히 1인치 슈팅 게임과 같이 화면 전환이 빠른 게임을 즐기는 유저들에게는 게임의 승률을 높일 수 있다는 이야기가 퍼지며 일반 모니터에 비해 가격대가 높음에도 불구하고 매우 높은 선호도를 보이고 있습니다. 오늘은 디스플레이에서 화면 재생률의 개념과 종류를 살펴보도록 하겠습니다.

화면 재생률이란?

동영상은 정지된 화면(프레임)의 연속적인 움직임으로 만들어집니다. 화면 재생률(Refresh Rate)이란 1초 동안 디스플레이가 화면에 이러한 프레임을 나타내는 횟수를 의미하며, 쉽게 말하자면 1초에 얼마나 많은 장면을 표시할 수 있는지를 나타내는 수치입니다. 화면 주사율(Scan Rate) 또는 화면 재생 빈도라고 부르기도 합니다.

재생률은 초당 반복수를 의미하는 Hz(헤르츠)를 단위로 사용하는데, 예를 들어, 60hz의 재생률을 갖춘 모니터라면 1초 동안 화면을 60단계로 쪼개서 보여줄 수 있다는 의미입니다.

※ 유사한 개념인 FPS(Frame Per Second)는 주로 영상의 소스(파일 등)를 대상으로 사용하며, Hz는 사이클이 반복되는 주파수의 개념이므로 디스플레이 디바이스를 대상으로 사용합니다.



인간의 눈은 일반적으로 1초당 15개의 프레임을 연속해 보여주면 플리커(Flicker)라 불리는 깜박임 현상을 느끼지 않고 자연스러운 동영상으로 인식하지만, 시청 환경의 조명 조건과 화면의 크기 등의 변수에 의해 플리커를 인지할 수 없는 최소값은 달라지는 것으로 알려져 있습니다. 현재 대부분의 TV 또는 모니터는 60Hz 이상의 사양을 갖추고 있을 뿐만 아니라, 방송 규격 등도 최소 인지 범위보다는 훨씬 높기 때문에 일반적인 시청 환경에서 부자연스러운 영상 전개를 접할 경우는 드뭅니다.

화면 재생률의 시초

재생률의 개념이 가장 먼저 등장한 분야는 영화였습니다. 당시에 1초당 필름 몇 장을 영사기로 상영하느냐는 것을 재생률의 개념으로 볼 수 있는데, 인간이 영상으로 인지할 최소한의 재생률과 값비싼 필름값을 동시에 고려해 24 Hz라는 타협점에 도달했습니다. 즉, 영사기를 통해 1초에 24장의 필름 프레임들을 재생하기 시작했습니다.



TV의 발명 이후 TV 업계에서도 앞선 영상 분야였던 영화의 기준을 따라 24 Hz 재생을 시도했으나, 당시에는 프레임을 일정한 속도로 재생하기 위한 기준 신호를 생성하는 클럭 제너레이터(Clock Generator)를 저렴하게 양산할 수 있는 기술이 부족했기 때문에 도입에 어려움이 있었습니다. 하지만 당시 가정에 보급된 교류(AC) 전력의 신호를 화면 재생률과 동기화해 사용할 수 있다는 점에 착안해, 미국 등은 60Hz의 교류 전력에 동기화한 30Hz를, 유럽은 50Hz의 교류 전력을 동기화한 25Hz를 재생률 기준으로 정하고 사용하게 됩니다.

화면 재생의 기술적 구현 방법

화면의 한 프레임마다 이미지를 한 번에 펼쳐 보여준 후 다음 프레임 또한 마찬가지로 한 번에 보여줄 수 있다면 가장 완벽한 구현 방법일 것입니다. 하지만 이미지 1개를 프레임마다 1:1 매칭해 동시에 보여줄 수 있는 방법은 기술적으로 아직 구현이 어렵습니다.

기하학에서 점이 모여 선이 되고, 선이 모여 면을 이루듯이, 디스플레이 화면도 픽셀을 하나씩 켜 나가며 가로로 한 줄의 픽셀로 구성된 띠(스캔 라인)를 우선 만들고, 그다음 픽셀라인을 연이어 켜나가는 방식으로 화면의 전체적인 모습(프레임)을 구현합니다.

예를 들어 오래된 TV 기술 제품인 브라운관(CRT)의 경우에는 전자총에서 전자를 발사해 TV의 표면부에 충돌시켜 빛을 발생시키는 방식으로 화면을 구현합니다. 전자총에서 전자가 한꺼번에 나오는 것이 아니라, 시청자를 기준으로 봤을 때, 화면의 왼쪽 위 모서리부터 오른쪽 아래 모서리까지 전자가 순서대로 나와서 부딪히는데, 내부의 자기장을 이용해 전자를 지그재그 형태로 도달하게 해 화면에 그림을 그리는 방식입니다. 속도가 무척 빠르기 때문에 인간의 눈으로는 마치 하나의 프레임을 한꺼번에 그린 듯한 착시가 발생합니다.

브라운관(CRT)의 화면 구현 방식



이런 방식으로 왼쪽에서 오른쪽까지 전자의 움직임이 한 사이클 이루어지면, 비로소 한 프레임이 그려진 것으로, 1초 동안 이렇게 30번을 움직이면 30Hz의 동작을 완성하게 됩니다. 따라서 브라운관이 화면 재생률을 높이려면 전자총에서 나오는 전자의 양이 비례해 늘어나야 하고, 전자의 컨트롤도 빠르고 정밀해져야 합니다.

LCD TV의 경우에도 형태는 다르지만 브라운관과 유사하게 점에서 면으로 확대 구현하는 방식입니다. LCD의 경우에 브라운관과 달리 각각의 픽셀을 동시에 켜면 되지 않을까 하고 생각하기 쉽지만, LCD 각각의 픽셀에 신호를 전달해주는 역할을 하며 액정층 아래에 그물처럼 깔려 있는 TFT(박막트랜지스터)도 전자의 이동속도에 영향을 받기 때문에 화면의 한쪽 모서리 픽셀에서 반대쪽 모서리의 픽셀까지 신호를 전달하는데 일정한 시간이 걸립니다. 그리고 이러한 현상은 당연히 고해상도로 갈수록 시간이 더 걸리기 때문에 화면 재생률을 높이기 위해서는 더욱 효율적인 TFT 설계가 필요합니다.

화면 재생률 차이에 따른 효과

일반적인 가정용 또는 업무용 모니터는 보통 60Hz의 재생률을 가지고 있습니다. 이 정도의 사양이면 일반적인 인터넷, 영화감상, 업무용 프로그램 사용에 충분한 것으로 평가되고 있습니다. 일반적으로 재생률이 높을수록 화면 전환이 부드러워 좋지만, 그만큼 가격이 상승하기 때문에 필요성에 따라서 판단하는 것이 좋겠습니다. 예를 들어, 빠른 화면 전환을 자주 하는 게임류 또는 높은 프레임률을 가진 특수한 영상을 볼 때에는 고재생률(또는 고주사율) 디스플레이가 효과적입니다. 1인칭 슈팅 게임들은 유저가 프레임률을 직접 조절할 수 있는 옵션을 제공하는 경우가 많기 때문에 1초 동안 120개의 프레임을 게임 속 장면으로 연출할 수도 있는데, 60Hz의 모니터로 플레이를 한다면 프레임의 절반을 손해보기 때문에 화면의 움직임이 부자연스러워져 플레이에 제한 요인으로 작용하기 때문입니다.

재생률의 효과를 정확히 체감하려면 재생률이 다른 모니터 여러 대를 동시에 놓고 직접 관찰해야 하지만, 아래의 영상을 통해 간접적으로나마 비교해볼 수 있습니다.

Video

Link : <https://youtu.be/Q1cmhZs1P54>

▲ 화면재생률 비교

화면 재생률이 낮은 경우에는 화면에 잔상이 남는 일명 모션 블러(Motion Blur) 현상이 나타나게 됩니다. 우리 눈이 정확한 화면을 보는 데에 방해가 되고, 또 눈의 피로도도 올라가게 됩니다. 이러한 현상을 줄이기 위해 여러 TV 기업들은 자신들만의 화질 개선 알고리즘을 탑재해 모션 블러를 감소시키는 각종 소프트웨어적 기술을 탑재하기도 합니다.

영상과 디스플레이의 재생률이 다르면 어떻게 될까?

영상 소스가 가진 프레임률(FPS)과 디스플레이의 재생률에 차이가 난다면 화면에 어떻게 표현될까요? 두 가지 케이스를 생각해 볼 수 있습니다. 30FPS 영상을 60Hz TV에서 보듯이 디스플레이의 재생률이 높은 경우, 그리고 반대로 60FPS 영상을 30Hz TV에서 보듯이 영상 소스의 프레임률이 오히려 높은 경우가 되겠습니다.

먼저 디스플레이의 재생률이 높은 경우를 보겠습니다. 이때에는 오히려 디스플레이의 재생 프레임마다 영상의 중간이 비는 현상이 발생하기 때문에 이를 막기 위해 디스플레이가 자체적으로 영상의 프레임을 두 번씩 보여주는 방법이 있습니다. 다른 방법으로는 한걸음 더 발전된 방식으로 '인터폴레이션 (Interpolation)'이라는 방식을 사용하는데, 영상 소스 프레임 2개 사이에 가상으로 예측된 이미지 1개를 삽입해 자연스러움을 높이는 기능입니다. 'Soap Opera Effect'라고 부르기도 하며 앞서 언급한 화질 개선 알고리즘이 바로 이러한 방식입니다.

Video

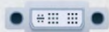
Link : https://youtu.be/B_dE6HPIAJM

▲ Soap Opera Effect

하지만 영화와 같이 24FPS로 만들어진 영상은 60Hz TV에서 표현할 때 프레임을 2번씩 보여주도록 48FPS로 맞추더라도 12프레임이 비는 현상이 발생합니다. 이러한 경우를 해결하기 위해 영상 업계에서는 오래전부터 '3:2 폴다운' 등의 프레임 조절 방식을 이용해 원활한 재생이 가능한 방법을 고안해 왔

습니다. 고급 사양의 TV에는 24Hz로 구동하도록 영화 재생 모드 기능을 탑재하고 있는 경우도 있습니다. 이런 경우에는 별도의 변환 알고리즘 없이도 재생이 가능하며 영화 고유의 영상미를 유사하게 느낄 수 있습니다.

반대로 영상 소스의 프레임이 더 높은 경우는 어떨까요? 일반적으로는 중간의 프레임을 건너 뛰는 방법을 이용합니다. 60FPS 영상이라면 홀수 프레임은 보여주고 짝수 프레임은 보여주지 않는 방법입니다. 이 외에도 제조사마다 영상 플레이어 또는 TV의 영상보드에 이를 해결할 수 있는 기능을 탑재해 영상 재생을 돕습니다.



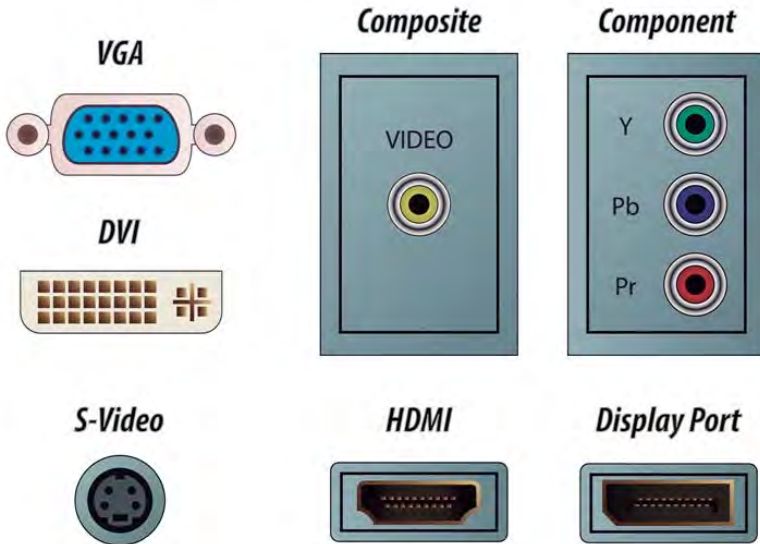
디스플레이 **튜**아보기

27 디스플레이 커넥터의 종류



디스플레이는 정보를 시각화해 보여주는 장치로 우리 생활은 물론 산업 전반에서 매우 유용하게 활용되고 있습니다. 하지만 디스플레이가 스스로 정보를 만들어 보여주는 것은 아니기 때문에 화면에 표현할 내용을 정보의 저장소(PC, 셋톱박스 등)로부터 가져와야 하며, 정보 전달을 위한 통로가 필요합니다. 그러한 통로 역할을 하는 것이 바로 오늘 소개해 드릴 '디스플레이 커넥터'입니다.

Video Output Types



그림은 한 TV 제품 뒷면의 모습을 나타낸 것으로 다양한 영상 커넥터 단자들이 들어서 있는 것을 볼 수 있습니다. 오늘은 디스플레이 장치에 정보를 전달해주는 커넥터의 종류와 특징에 대해서 알아보겠습니다.

디스플레이용 영상 커넥터는 크게 아날로그와 디지털 방식으로 인터페이스(interface)를 나눌 수 있습니다. 일반적으로 과거에는 아날로그가 주류를 이뤘다면 현재는 디지털 방식으로 많이 대체된 상황입니다. 그럼 먼저 아날로그 방식의 대표적인 종류부터 살펴보겠습니다.

컴포지트 (Composite Video)



가장 기본적인 영상 커넥터로 가정용 비디오 기기에서 주로 사용되었던 인터페이스입니다. 오래된 TV나 VCR 또는 가정용 게임기에서 흔하게 볼 수 있었던 커넥터로, 케이블과 단자의 색은 노란색입니다. 컴포지트는 YUV라는 세 개의 소스 신호(Y: 밝기, U/V: 색상)를 동기화해 합친(composite) 것이므로 이렇게 이름이 붙여졌습니다. 그리고 1개의 채널(라인)로 밝기와 색 신호를 모두 전송하기 때문에 이후에 나온 커넥터에 비해서는 화질이 떨어집니다. 컴포지트가 출력할 수 있는 영상의 해상도는 최대 480i(NTSC) 또는 576i(PAL) 수준인 SD(standard definition)급입니다. 아날로그 영상 커넥터들은 일반적으로 음성 신호는 포함하지 않기 때문에 그림처럼 별도의 음성 케이블을 추가로 사용해야 합니다. 대표적으로 흰색(좌)과 붉은색(우) 이렇게 2개의 커넥터로 스테레오 사운드 정보를 전달합니다.

S-비디오 (Separate Video)



가정용 및 일반 업무용 비디오에서 보다 나은 화질을 보여 주기 위해 밝기 신호(Y: brightness)와 색 신호(C: chrominance, color)를 분리하여 처리하는 방식의 아날로그 인터페이스 장치로 그림과 같이 4개의 핀을 사용하는 방식이 일반적으로 사용됩니다. 기존의 컴포지트 인터페이스는 1개의 단일 채널로 구성되어 있기 때문에 밝기와 색신호가 섞이거나 감쇄돼 화질이 열화될 수 있으나, S-비디오는 이 2가지 채널을 분리해 신호를 전달하므로 컴포지트 보다 우수한 화질을 보여줍니다. 하지만 여전히 출력 가능한 최대 해상도는 컴포지트와 동일한 SD급입니다.

컴포넌트 (Component Video)



기존의 아날로그 인터페이스인 콤포지트와 S-비디오가 각각 1개와 2개의 채널로 신호를 전달하는데 비해, 컴포넌트는 영상 정보를 3개의 채널로 전달합니다. 각 채널마다 별도의 케이블로 나눠 전달하기 때문에 각 정보간의 간섭이 줄어들어 영상 신호를 상당히 정확하게 전달하는 아날로그 인터페이스 중 하나입니다.

컴포넌트 케이블은 케이블마다 빨간색, 녹색, 파란색으로 표시되는데, YPbPr이라는 상대적 색공간을 활용하는 방식으로 신호를 전달합니다. 녹색 케이블은 영상의 밝기 신호(Y)를, 파란색 케이블은 영상의 파란색과 Y의 밝기 차이 신호(Pb)를, 빨간색 케이블은 빨간색과 Y의 밝기 차이 신호(Pr)를 전달합니다. 영상 표현에 필요한 RGB(빨강, 녹색, 파랑) 중 위에서 빠진 녹색 신호는 YPbPr 데이터를 사용해 추출이 가능하므로 별도로 출력하지 않아도 디스플레이에서 표현이 가능합니다.

컴포넌트 인터페이스는 SD급(480i) 영상부터 풀HD급(1080p) 영상까지 출력할 수 있기 때문에 최근까지도 빔 프로젝터, TV 등 다양한 AV 기기에서 많이 쓰이고 있습니다.

D-Sub (D-Subminiature) / VGA / RGB



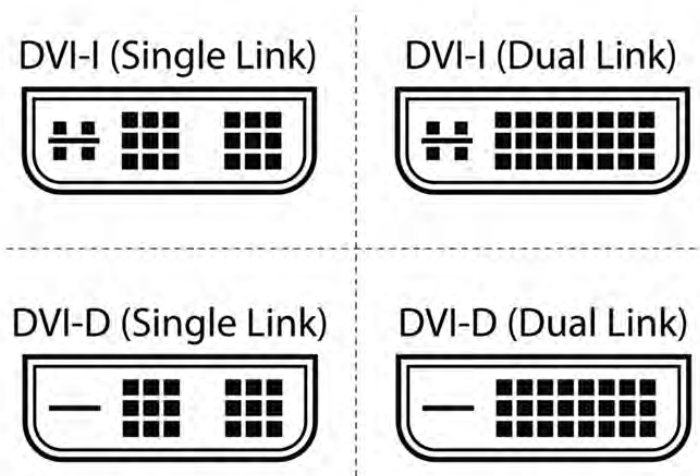
D-Sub(D-Subminiature) 또는 VGA(Video Graphics Array), RGB 케이블이라고 불리는 인터페이스로 특히 PC와 디스플레이 간의 아날로그 커넥터로 가장 많이 사용되는 인터페이스입니다. 이름의 'D'는 단자의 모습이 'D'와 유사해 붙여진 이름이며, 예전 관점에서는 상당히 작은 크기였기 때문에 '초소형'이라는 뜻의 '서브미니어처'라는 의미를 더해 'D-Sub'라는 이름으로 부르게 되었습니다. 일반적으로 쓰이는 영상 신호 전달용 D-Sub 인터페이스의 단자는 15개의 핀으로 구성돼 있는데, 각각의 핀이 색상 정보, 수직/수평 동기화 등 다양한 신호를 전달합니다. 이 때문에 컴포지트나 S-비디오는 물론, 컴포넌트에 비해서도 화질이 좋습니다. 해상도는 최대 2,048×1,536(QXGA)까지 지원합니다.

노트북이나 PC 대부분이 이 방식을 기본으로 지원해 왔기 때문에, 빔 프로젝터나 모니터 그리고 TV 등을 연결해 사용하는데 호환성이 좋아 높은 빈도로 사용되어 왔으나, 최근에는 더 높은 해상도에 대한 필요성과 단자의 소형화 및 음성신호 포함 추세에 따라 디지털 인터페이스인 HDMI나 디스플레이 포트로 대체되고 있습니다.

앞에서 소개한 콤포지트, S-비디오, 컴포넌트, D-Sub 외에도 아날로그 방식의 영상 커넥터는 여러 가지가 있으나 가장 대표적으로 사용되는 인터페이스를 중심으로 살펴보았습니다. 지금부터는 최근 탑재가 급속도로 높아지고 있는 디지털 방식의 인터페이스에 대해서 알아보겠습니다.

DVI (Digital Visual Interface)





LCD를 비롯한 평판 디스플레이 등 디지털 디스플레이에 최적화된 표준 영상 인터페이스입니다. 가정에서도 영상 기기들이 디지털화되면서 높은 품질의 디지털 신호를 처리해야 하는데, 기존의 아날로그 영상 인터페이스로는 한계가 드러나기 시작했습니다. 높은 해상도와 높은 화면 재생률에 대한 필요성, 그리고 아날로그가 노이즈에 취약한 점 등에 대한 해결이 필요했으며 이러한 배경에 의해 1999년 DVI가 등장했습니다.

아날로그 신호는 전달되는 과정에서 케이블의 소재나 전압의 변화 그리고 주변의 노이즈 등에 민감하게 반응해 화질이 저하되는 반면 디지털 방식은 이런 일이 적습니다. 특히 아날로그 방식과 비교해 필요한 대역폭이 적어 더 높은 품질의 신호를 전달할 수 있습니다.

DVI는 지원 형식에 따라 디지털 전용인 DVI-D(Digital)와 아날로그까지

호환되는 DVI-I(Digital + Analog)로 구분하며, 전송 속도에 따라서는 싱글링크와 듀얼링크로도 구분합니다. 싱글링크는 1920×1080(Full HD)까지 지원하며 듀얼링크는 2,560x 1,600(WQXGA)에 이르는 고해상도 영상을 화면 재생률 60Hz로 출력할 수 있습니다.

다만, DVI는 디지털 방식이기는 하나 D-Sub와 마찬가지로 영상 신호만 전달이 가능한 인터페이스이므로 음성 또한 중요한 AV(Audio & Visual)기기에는 잘 사용되지 않으며, 주로 PC와 모니터를 연결하는 용도로 많이 사용됩니다.

HDMI (High Definition Multimedia Interface)



DVI가 디지털 인터페이스임에도 불구하고 영상 신호만 전달하는 단점 때문에 AV 기기에 연결해 만족스러운 영상을 즐기기 위해서 HDMI가 등장하게 되었습니다. HDMI는 DVI를 AV 전자제품용으로 변경한 것으로, 2002년 12월에 HDMI 1.0의 사양을 결정하며 탄생했습니다. 히타치, 소니, 파나소닉 등 AV가전 업체들이 주축이 되어 공동 개발한 HDMI는 케이블 하나로 영상과

음성을 모두 출력할 수 있어 콘솔 게임기, 그래픽카드, 노트북, 스마트폰 등 다양한 기기에 사용되며, UHD급의 고화질과 음질 출력이 가능해 현재 AV를 위한 대표적인 인터페이스라고 할 수 있습니다. 단자의 크기에 따라 표준 HDMI, 미니 HDMI, 마이크로 HDMI 종류가 있으며, 규격의 버전이 높아질 수록 출력 가능한 성능도 높아집니다. 예를 들면 2017년에 확정된 최신 버전인 HDMI 2.1에서는 10K인 10240×4320 해상도에 100Hz의 재생률이 가능하며, 다이내믹 HDR 기술과 32채널 음향까지 지원하고 있습니다.

디스플레이포트 (DisplayPort)



위에서 소개한 HDMI는 AV가전 업체들이 주축이 돼 개발된 인터페이스이기 때문에 PC관련 업체들은 라이선스 비용을 지불하기에 부담이 되었습니다. 이에 따라 VESA(Video Electronics Standards Association, 비디오 전자공학 표준위원회)는 주로 컴퓨터 관련 디스플레이에 사용하는 용도로 '디스플레이 포트(약칭 DP)'라는 새로운 디지털 인터페이스를 2006년 5월에 제정합니다. DP는 디지털 방식으로 영상과 음성 신호를 전달한다는 점에서 HDMI와 유사한 인터페이스입니다. PC용 디스플레이에 특화된 인터페이스이기 때문에 다

중 모니터 출력에 관련된 기능이 뛰어나며 HDMI와 달리 별도의 라이선스 비용이 들지 않는다는 장점이 있습니다. HDMI와 DP의 형태를 비교해 보면 크기는 비슷하지만 DP에는 케이블을 뺄 때 버튼을 누르도록 해 실수로 케이블이 빠지는 경우를 방지한 점이 차이점입니다.

DP도 HDMI와 유사하게 버전이 올라감에 따라 출력 성능도 함께 상승합니다. 2016년에 확정된 최신 버전인 DP 1.4에서는 8K 해상도에 60Hz의 재생률과 32개의 오디오 채널 전송기술을 지원합니다. DP도 HDMI와 비슷하게 작은 기기에 적합하도록 미니DP 규격이 함께 존재합니다.

DP는 HDMI에 비해 디지털 인터페이스의 후발 주자이므로 아직 시장에서의 점유율은 HDMI에 비해 낮은 상황입니다. 하지만 상호 경쟁을 통해 인터페이스가 더욱 발전하는 것에 보완 관계가 될 것이라는 관측이 많습니다.



디스플레이는 시각적 정보를 전달해 줌으로써 보다 효과적으로 정보를 이해할 수 있도록 도울 뿐만 아니라 적절한 판단을 하는 데에도 중요한 역할을 합니다. 이러한 디스플레이의 장점 때문에 오래전부터 공항의 항공편 안내, 지하철의 역명 표기를 위한 장치에 디스플레이가 사용돼 왔고, 특히 최근에는 극장, 패스트푸드 점의 메뉴판이 디스플레이로 바뀌는 등 다양한 분야에서 디스플레이가 유용하게 사용되는 사례가 늘어나고 있습니다.

디스플레이 가운데 특히 개인 또는 가정용이 아닌 공동, 공용 또는 외부 공간에서 정보 전달 또는 광고를 위해 사용되는 디스플레이를 통칭해 PID(Public Information Display)라고 부릅니다. 오늘은 PID의 특징에 대해서 튜아보겠습니다.



PID(Public Information Display)란?

공공장소와 상업공간에 설치돼 정보, 광고, 엔터테인먼트 등의 미디어 서비스를 제공하는 콘텐츠, 플랫폼, 네트워크가 결합된 융복합 정보매체를 디지털 사이니지(Digital Signage)라고 부릅니다. 그리고 형태에 따라 비디오월, 옥외 사이니지, 전자칠판(IWB) 정도로 나눌 수 있으며, 이러한 제품에 주로 사용되는 디스플레이 패널이 바로 PID(Public Information Display)입니다.

전통적인 옥외광고 매체가 간판, 포스터 등의 아날로그 형태였다면, PID는 역동적인 콘텐츠를 표현할 수 있는 디지털 형태의 디스플레이 장치입니다.

PID는 영상 표현이 가능하기 때문에 정보를 보다 효과적으로 전달할 수 있다는 장점이 있어 기존의 아날로그 옥외광고 매체를 대체하고 있는 추세입니다.

다. 현재 공항, 지하철, 쇼핑몰, 교통상황시스템 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 마케팅 효과 극대화 뿐만 아니라 사용자의 편의도 상당히 높일 수 있습니다.



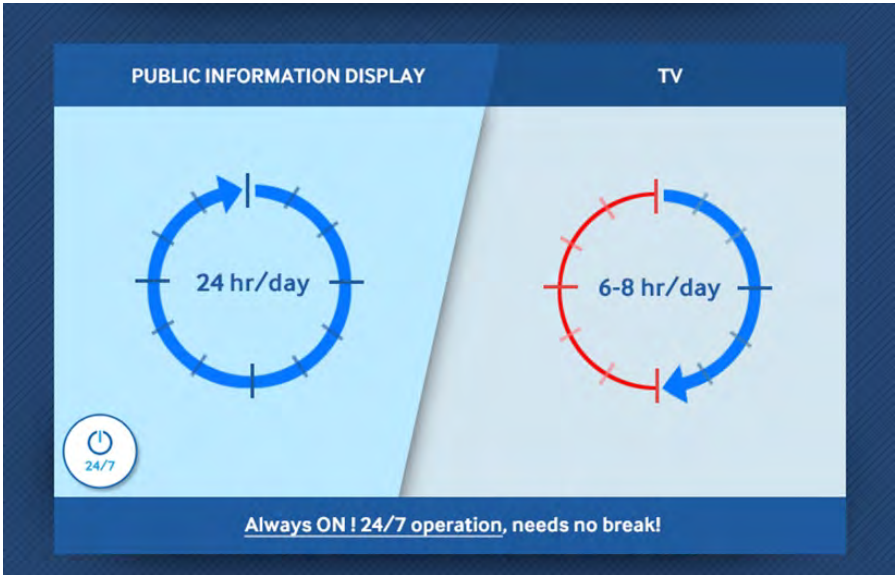
▲ 비디오월 (Videowall)



▲ 지하철 역의 Bar 사이니지

PID 는 TV 와 무엇이 다를까?

PID는 크기와 해상도 측면에서 보면 TV와 매우 흡사합니다. 따라서 TV용 패널을 그대로 디지털 사이니지에 사용하면 되는 것으로 생각하기 쉽습니다.



하지만 PID는 가정과 같이 안정적인 공간에서 사용하는 TV와는 달리, 옥외에서도 원활하게 사용할 수 있어야 하며, 동시에 365일 24시간 사용할 때에도 문제가 없어야 하는 등 더욱 가혹한 환경에서도 가동이 가능한 조건을 갖춰야 합니다.

PID 제품의 특징은?

PID가 갖춰야 할 가장 큰 특징은 우선 365일 24시간 가동이 가능한 내구성과 신뢰성입니다. 그리고 옥외용, 실내용, 비디오월 등 각 제품군에 따라 고휘도, 고내열성, 초슬림 베젤의 특성이 함께 고려됩니다.



우선 옥외용 PID는 직사광선이 밝게 내리쬘는 야외에서도 화면이 잘 보여야 하기 때문에, 휘도(밝기)가 상당히 높아야 합니다. 일반 TV는 대체로 휘도가 300니트(nits)에서 500니트 사이이므로 야외에 두고 시청할 경우에 화면이 잘 보이지 않습니다. 디스플레이의 화면 밝기보다 직사광선이 훨씬 밝기 때문에 TV의 빛은 희석되기 때문입니다. 따라서 태양빛 아래에서도 화면이 선명하게 보이도록 약 2,500~4,000니트의 휘도를 구현할 수 있도록 설계합니다. 이와는 달리 실내용 PID의 경우에는 휘도가 지나치게 높을 경우 눈부심 현상이 있으므로, 일반 TV보다는 높은 수준으로 설정합니다.



▲ 옥외용 PID

옥외용 PID가 높은 휘도를 위해서는 빛을 내뿜는 백라이트유닛(BLU)의 휘도를 상당히 높여야 하는데 이때 동반되는 문제가 바로 열입니다. 휘도와 열은 일종의 트레이드오프 관계라고 할 수 있습니다. 더 많은 빛을 내기 위해서는 더 많은 전력이 투입되기 때문에 열도 비례해 발생하게 됩니다. 따라서 PID는 TV보다 더욱 강화된 방열 구조 및 내구성을 갖추도록 설계해 열이 원만하게 방출되고 고열에도 문제없이 동작하도록 합니다.

직사광선에 노출될 수 있는 옥외용 PID의 특성상 열은 내부가 아닌 외부에서도 전달된다는 점 또한 고려되어야 합니다. 즉, 고휘도를 구현할 때 발생하는 내부의 열 방출을 원활하게 하는 동시에, 태양빛으로부터 전달되는 강한 열과 빛에도 견딜 수 있는 내구성도 갖춰야 하는 것입니다.



일반적인 LCD TV의 액정은 섭씨 약 75도까지는 견딜 수 있도록 제작됩니다. 일반적인 실내 시청 환경에서 그 이상의 열이 발생하는 것은 극히 드물기 때문입니다. 하지만 태양빛이 지속적으로 비치는 동시에, LCD 패널 자체에서 발생하는 열이 합쳐진다면 그 이상의 열이 발생할 수 있습니다. 이때 일반 TV의 액정 형태가 변하는 온도인 '상변이온도' 약 85도까지 넘어서게 되면 액정은 일반적인 환경일 때보다 늦게 움직 잔상을 일으키거나, 검게 그을린 듯 보이는 흑화현상을 일으켜 화질을 극도로 떨어뜨립니다. 여기에도 태양의 강한 빛은 TFT의 특성도 저하시켜 원활한 화면 구동을 방해합니다. 따라서 옥외용 PID는 약 110도까지 상변이가 발생하지 않는 열에 강한 재료인 'High-TNI(Temperature Nematic Isotropic) 액정'을 사용해 이를 해결하고, TFT도 더욱 보강된 설계를 합니다.



또 PID는 TV와는 달리 비디오월 등 여러 개의 패널을 이어 붙이는 방식으로 많이 사용됩니다. 따라서 패널과 패널 사이에 간격이 좁을수록 일체화된 디스플레이 느낌을 주기 때문에, 패널 테두리 즉, 베젤의 두께를 얇게 해야 상품성이 좋아집니다. 따라서 PID 패널과 이를 구성하는 TFT, 드라이버 IC의 초슬림 베젤 설계가 일반적인 TV의 베젤 축소보다 더욱 중요시됩니다. 현재 삼성디스플레이는 세계 최고 수준의 얇은 두께인 1.7mm를 개발하고 양산에 성공해, 비디오월이 마치 하나의 화면인 듯한 자연스러움을 연출, 콘텐츠 집중도를 높여줍니다.

PID 의 미래는?

최근에는 아파트 엘리베이터 안에도 공지사항을 전달하거나, 광고를 통해 마케팅을 하는 용도로 PID가 설치되는 경우가 늘어나는 등 PID의 활용처는 나날이 높아지고 있습니다. 지난 2016년에는 삼성전자에서 교통 안전을 위해 트럭 뒤에 PID를 설치해 사각지대를 해소하는 '삼성 세이프티 트럭'을 공개해 PID의 활용 영역을 넓히는 시도를 보여주기도 했습니다.

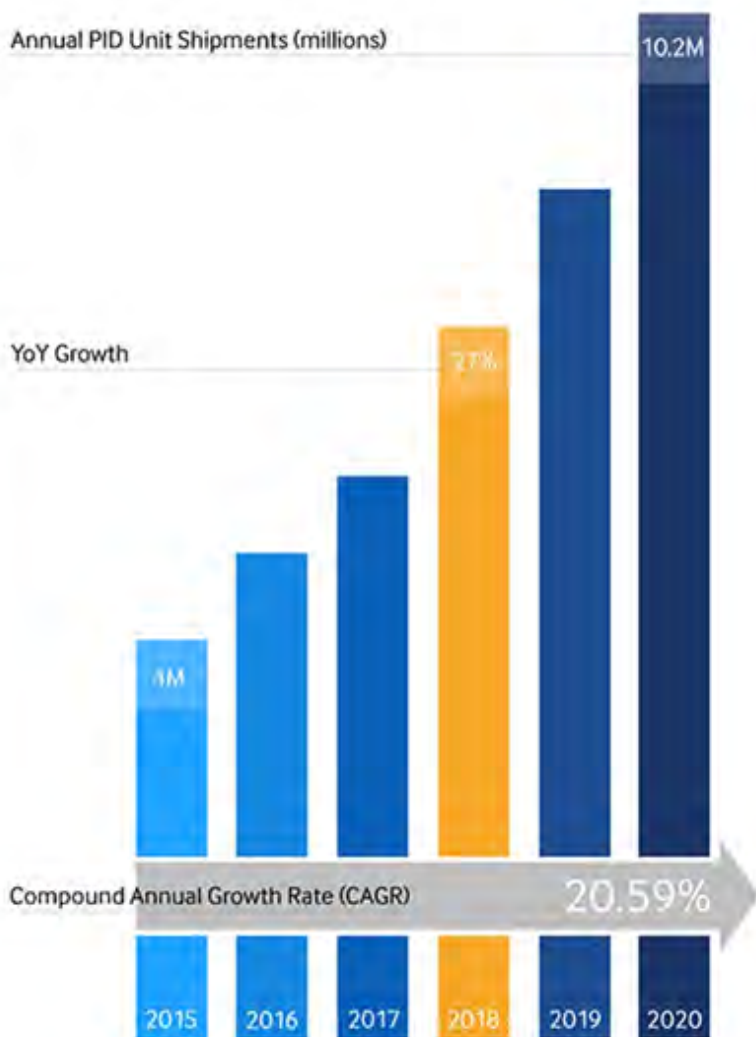
Video

Link : <https://youtu.be/6GNGfse9ZK8>

▲ 삼성 세이프티 트럭

글로벌 PID 시장은 2015년 약 400만 대가 출하됐으며, 2020년에는 1000만 대가 넘을 전망으로 연평균 성장률(CAGR) 20.59%의 상당히 높은 증가세를 보여줄 것으로 예상됩니다. 앞으로 PID는 우리가 정보를 더 가까이에서 더 친숙하게 확인할 수 있는 시대를 여는 디스플레이 제품이 될 것입니다. PID에 관한 더욱 다양한 내용은 삼성디스플레이 PID 홈페이지(<https://pid.samsungdisplay.com/ko>)를 방문하시면 확인할 수 있습니다.

PID Market Growth





자동차는 엔진 및 변속기 등으로 구성된 파워트레인과 전자 장치, 안전 장치, 내외장 부품 등으로 구성됩니다. 과거에는 기계 장치가 자동차 부품의 중심이었으나, 점차 전자 장치의 비중이 증가하고, 자율 주행 기술 등이 미래 자동차의 핵심 기술로 큰 관심을 받으며 앞다투어 신기술이 적용된 제품을 선보이고 있습니다.

자동차가 단순한 이동 수단에서 벗어나 사용자에게 가치 있는 시간을 제공해 주는 공간으로 변모하고 있는 만큼, 사용자에게 제공하는 정보, 엔터테인먼트의 수준도 그만큼 높아지고 있습니다. 차량에 설치되는 디스플레이의 종류와 수량도 점차 늘어나는 추세입니다. 오늘은 차량에 설치되는 다양한 디스플레이의 종류와 특징에 대해서 살펴보겠습니다.

자동차 계기판(클러스터)의 스타일 변신

운전자에게 필요한 정보를 제공해주는 가장 핵심적인 장치는 바로 계기판(Instrumental Cluster, 이하 클러스터)입니다. 차량의 속도, 엔진회전속도(RPM), 주행거리, 연료상태와 각 기능의 정상 작동 여부를 알려주는 정보가 계기판이라는 하나의 공간 안에서 모두 표시되기 때문에 '클러스터(cluster)'라고 불립니다.



▲ 하이브리드 계기판 (기계식으로 동작하는 아날로그 계기판 중앙에 작은 디스플레이가 장착)

계기판은 전통적으로 사용돼 온 '아날로그 계기판'과 최근 이를 디스플레이로 구현한 '디지털 계기판'이 주류를 이루고 있습니다. 속도계의 바늘이 실제로 움직이는 등 물리적인 움직임이 있는 것이 아날로그 방식이고, 디스플레이에서 그래픽으로 정보를 보여주는 것이 디지털 방식입니다. 디지털 계기판은

아날로그보다 디자인 자유도가 높고, 지도나 차량 정보 등을 계기판 화면에 보여줄 수 있는 등 활용성이 더욱 높아지는 장점이 있습니다. 하지만 디스플레이의 특성상 강한 햇빛에도 화면이 잘 보이도록 높은 시인성을 갖추도록 만들어야 합니다.



▲ 투명 OLED 계기판

또한 계기판을 핸들(스티어링 휠)의 틈 사이에 보도록 배치하지 않고, 차량 앞 유리(윈드 실드)에 볼 수 있게 하는 HUD(헤드업 디스플레이)가 있는데, 이를 대체하는 투명디스플레이도 연구하고 있습니다.

AVN(오디오/비디오/내비게이션) 그 이상을 꿈꾸다

운전의 지루함을 달래주는 대표적인 엔터테인먼트 장치 라디오. 1929년에 최초로 자동차용 라디오가 등장했는데, 자동차를 뜻하는 'Motor'와 당시 축음기로 유명한 'Victrola'를 합성한 'Motorola'가 상표명이었으며, 이 상표명은

나중에 회사명이 되기도 합니다.

라디오에서 시작된 차량용 엔터테인먼트 기기는 점차 카세트 테이프 플레이어, CDP, MP3플레이어 등으로 이어졌습니다. 현재는 블루투스 등으로 스마트폰과 연동해 실시간으로 음악 감상을 하거나, 안드로이드오토 또는 애플카플레이와 같은 연동 OS(Operating System, 운영체제)를 이용해 음악감상부터 실시간 내비게이션까지 폭넓게 확장되고 있습니다. 이 같은 AVN을 내장해 차량의 각종 기기의 작동상태를 표시하고 제어할 수 있는 디스플레이를 CID(Center Information Display)라고 부릅니다.

대부분의 AVN기기는 7인치 내지 8인치의 크기입니다. 하지만 전기차 기업인 테슬라에서 모델S에 17인치 디스플레이를 선보이며 대화면 CID(center information display)디스플레이를 도입하기 시작했습니다. 각종 컨트롤 버튼을 모두 디스플레이 패널에 담는 파격뿐만 아니라 디스플레이 사이즈 자체만으로도 첨단 제품이라는 이미지를 획득했습니다. 이 영향으로 볼보, 아우디 등 프리미엄 자동차 업체들도 CID의 크기를 비약적으로 늘리거나, 센터패시아(center fascia)에 2개 이상의 디스플레이를 장착하는 새로운 트렌드도 생겨났습니다.



▲ 테슬라 모델S의 17인치 CID (출처 : 테슬라 홈페이지)

지난 5월 SID(국제정보디스플레이학회) 전시회에서 삼성디스플레이는 플렉시블 디스플레이 기술을 활용해 차량용 CID를 선보인 바 있습니다. 롤러블 CID는 삼성디스플레이의 플렉시블 OLED 기술력이 집약된 제품으로, 롤링 정도에 따라 화면의 크기를 최소 9인치에서 11.8인치, 최대 14인치까지 3단계로 조절할 수 있고 터치만으로 내비게이션, 음악 감상, 웹서핑 등 다양한 기능을 간편하게 조작할 수 있습니다.



▲ 최소 9인치, 최대 14인치까지 크기를 조절할 수 있는 삼성디스플레이의 롤러블 CID 디스플레이

함께 전시됐던 12.4인치 S커브드 CID는 우아한 곡선미를 강조하는 자동차 디자인 경향에 맞춰 물결 형태로 제작됐으며 유려한 곡선형 디자인뿐만 아니라 1,200×1,920(182ppi) 해상도와 최대 밝기 800니트(nit)로 선명한 화질을 자랑했습니다.

Video

Link : <https://youtu.be/7VtkXiGZSRc>

▲ 삼성디스플레이의 차량용 S-Curved OLED와 Rollable OLED



▲ 우아한 곡선미를 강조한 삼성디스플레이의 12.4인치 S자형 커브드 CID 제품

이 밖에 핸들에 디스플레이를 장착하는 아이디어도 공개됐습니다. 사고 발생 시에 운전자가 2차 피해를 입지 않도록 설계된 6.22인치 언브레이커블 스티어링 휠 디스플레이는 깨지지 않는 플렉시블 OLED 기판에 플라스틱 소재의 차세대 커버 윈도우를 장착해, 완벽한 '언브레이커블 디스플레이'를 구현했습니다. 이 제품은 자동차 내장재의 안정성 기준에 맞춰 실시한 충돌테스트(속도 24.1km/h, 하중 6.8kg)에서도 손상 없이 정상적으로 작동했습니다.



▲ 깨지지 않는 플라스틱 소재의 차세대 커버 윈도우를 부착한 삼성디스플레이의 스티어링 휠 디스플레이

'버추얼 익스테리어 미러'로 사이드 미러 혁신

삼성디스플레이는 지난 10월 3일에 아우디가 최근 선보인 전기 스포츠 유틸리티 차량(SUV) e-트론(e-tron)에 7인치 OLED 디스플레이를 공급한다고

밝혔습니다. e-트론은 아우디가 처음으로 양산·판매하는 순수 전기차로, 혁신적인 '버추얼 익스테리어 미러(Virtual Exterior Mirrors)' 옵션을 제공해 출시 전부터 큰 화제를 모았습니다.



▲ 삼성디스플레이의 7인치 OLED가 사용된 '버추얼 익스테리어 미러'

삼성디스플레이가 공급하는 OLED 디스플레이는 차량 대시 보드 좌우에 각각 한 대씩 장착돼 카메라와 함께 기존의 사이드 미러 기능을 대신하며, 보다 넓은 시야를 제공해 사각지대를 감소시키고, 흐리거나 어두운 환경에서도 시인성을 높였으며, 연비와 소음이 개선되는 장점이 있습니다.

특히 버추얼 익스테리어 미러에 적용된 삼성디스플레이의 OLED는 소비전력이 적고, 얇고 가벼운 기구적 특성으로 운전자들에게 최적의 시각적 솔루션을 제공할 뿐만 아니라 뛰어난 색재현력과 완벽한 블랙 컬러 표현력, 빠른 응

답속도로 자연스럽고 선명한 영상을 보여줍니다. 특히 추운 지방에서 LCD는 액정이 얼어 화면이 꺼리는데, OLED는 응답속도의 변화가 없어 더욱 안전한 주행환경을 제공합니다.

차량용 디스플레이의 특징과 전망

차량에 사용되는 디스플레이는 대체로 실내 또는 일상적 공간과 달리 주행 중에도 사용된다는 점과 운전을 돕는 역할도 해야 하기 때문에 몇 가지 특징을 가집니다.

첫째는 고휘도 사양을 갖춰야 한다는 점입니다. 최근의 차량 대시 보드 디자인은 높이를 낮춰 운전자의 시야를 확보하는 추세인데, 대시 보드가 낮아지면서 AVN이나 CID 등이 대시 보드 위에 홀로 솟아오른 형태로 부착되면서 태양광의 영향을 받는 경우가 늘어나고 있기 때문입니다. 특히 디스플레이 화면이 차량 앞 유리에 비치지 않도록 하기 위해 LCF(light control film) 필름을 부착하는 경우가 일반적이는데, 이 경우 휘도가 일부 감소하므로 디스플레이 자체적인 휘도를 높게 설계해야 합니다.



둘째로는 저온과 고온에 모두 강해야 합니다. 이러한 특성은 앞서 톺아보기 28편에서 다뤘던 PID(public information display)의 노출 환경과도 비슷한데, 저온과 고온의 모든 영역에서 운행되는 차량 특성상 디스플레이의 작동이 지연되거나, 심지어 작동하지 않는 경우 치명적인 사고로 이어질 수 있기 때문입니다.

셋째로는 다소 미래 지향적인 특성으로 고해상도 사양을 갖춰야 하는 점입니다. 차량용 디스플레이는 그동안 시정거리가 다소 멀고 주행 시 잠깐만 쳐다 본다는 이유로 고해상도가 중요하지 않다고 여겨 졌으나, 스마트폰 해상도가 500ppi(pixel per inch)를 넘을 정도로 발전하면서 대중의 눈높이가 올라가고, 차량용 그래픽 성능의 향상과 디스플레이의 대형화가 진행되면서 그 필요성이 점차 증가하고 있습니다.



현재 주류 해상도는 100~150ppi 수준이나, 고급 차량을 중심으로 150~200ppi로 상향 되고 있으며, 이 비율은 2024년 20%를 넘어설 것으로 전망됩니다. 특히 심미적인 요소뿐 아니라 카메라를 활용한 사이드미러 대체 목적 등으로 사용될 경우, 기존의 거울 대비 동등 이상의 화질이 필수이기 때문에 고해상도는 앞으로도 점차 중요한 특성이 될 것입니다.

시장조사기관 IHS마켓에 따르면 차량용 디스플레이는 2000년 초반 연간 3,000만대 규모였으나 2020년 전후 연간 2억대를 넘어설 것으로 전망됩니다. 내비게이션의 보편화로 급성장한 차량용 디스플레이는, 앞으로 5G 통신네트워크 및 자율 주행 기술의 확산으로 더욱 급격한 패러다임 변화가 예상됩니다.



모바일과 TV를 불문하고 또렷하고 선명한 고해상도 디스플레이가 대세인 요즘, 영상을 더욱 실감나게 표현하는 3D(삼차원) 입체영상 기술은 과거 3D 안경부터 현재 VR에 이르기까지 지금도 꾸준히 발전하고 있습니다.

오늘은 대표적인 3D 디스플레이 기술들에 대해서 살펴보겠습니다.

양안시차를 이용한 2안 방식 (stereoscopic display)

3D 디스플레이는 일반적으로 양안시차를 활용해 입체 영상을 표시합니다. 영상 인식 정도에 따라, 2안 방식(stereoscopic display)과 3차원 방식(volumetric display)이 있는데 안경의 착용 여부, 시점 등에 따라 구분됩니다.

인간은 좌우 눈을 통해 서로 다른 방향에서 하나의 물체를 바라보면서 대상을 입체적으로 인식하게 됩니다. 이것을 '양안시차'라고 하며, 3D 디스플레이의 대부분은 이와 같은 양안시차를 이용해 입체 영상을 구현합니다. 양쪽 눈

에 서로 다른 각도에서 관찰된 영상이 입력되면 두뇌작용으로 공간감을 인식하게 되는데, 흔히 2대의 카메라를 활용하거나 1대의 카메라에 2개의 렌즈를 부착시켜 서로 다른 영상을 촬영합니다.



▲ 일반적인 3D TV의 경우 2안 방식을 사용하며 위 그림과 같이 양안시차로 인해 사물을 입체적으로 느끼게 된다.

현재 상용화된 2안 방식은 주로 셔터안경 또는 편광안경을 사용해 입체감을 느낄 수 있게 하는 방식입니다. 2개의 렌즈로 촬영된 영상이 다시 2개의 안경알을 통해 뇌에서 1개의 영상으로 합쳐지는 것이죠. 특히 셔터안경은 TV에서 좌/우 눈에 보여줄 영상을 프레임별로 번갈아 보여주고, 안경도 이에 맞게 안경 자체에 탑재된 셔터를 열고 닫는 방식으로 각각의 눈에 서로 다른 시

각정보를 전달합니다. 이를 통해 유발된 양안시차가 뇌에서 재구성되어 입체감을 느낄 수 있습니다.

편광안경은 셔터와 다르게 프레임별로 영상을 보여주는 것이 아니라, 하나의 화면을 여러 개의 라인으로 쪼개서 좌/우용 2개의 영상을 동시에 표현하되, TV화면에 편광필름을 붙여 시청자의 편광안경과 매칭해 양안시차를 이용하는 방식입니다. 참고로 최근 몇 년 사이에 다양한 제품이 등장한 VR(virtual reality) 제품들도 양안시차를 이용한 2안 방식의 원리를 이용한 3D 디스플레이입니다. VR 내부의 좌/우 디스플레이가 애초부터 서로 다른 영상을 보여주기 때문에 TV와 달리 안경이 필요 없습니다. VR에는 부드럽고 자연스러운 영상 표현을 위해 반응속도가 LCD보다 빠른 OLED가 디스플레이로 주로 사용되고 있습니다.

라이트 필드 디스플레이 (무안경 3D)



한편 안경이 필요 없는 무안경 3D 방식도 국내외 전시회 등에서 소개된 바 있습니다. 삼성디스플레이는 지난 SID 2017에서 '라이트 필드 디스플레이 (Light Field Display)'라는 무안경 방식의 입체영상 디스플레이를 소개해 인기를 끌었습니다. '라이트 필드' 기술은 보는 사람의 위치에 따라 조금씩 다르게 보이는 실물의 모습을 디스플레이에서 구현함으로써, 기존보다 완성도 높은 무안경 3차원 영상을 표현합니다.

라이트 필드 디스플레이는 RGB패널 위에 격벽(Barrier) 또는 렌티큘러 렌즈와 같은 소재를 융합해 패널에서부터 시청자의 양 눈에 서로 다른 영상 정보만 입력되게끔 하는 원리입니다.

삼성디스플레이가 소개한 '라이트 필드 디스플레이'는 30도의 넓은 시야각을 제공하며, 1.15도 간격으로 생성하는 26개의 시점을 통해 자연스러운 입체 영상을 재현합니다. 이 기술은 모바일, HMD(헤드 마운트 디스플레이), 차량용 디스플레이 등 다양한 분야에 응용될 것으로 예상됩니다.

Video

Link : <https://youtu.be/SmOjJM5zqYY>

▲ 삼성디스플레이 Light Field Display

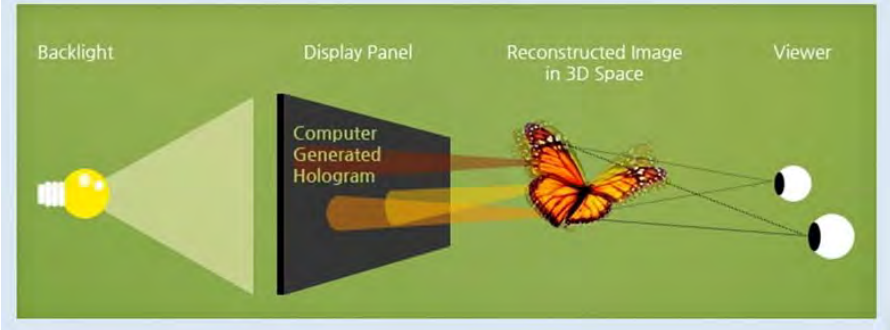
공간에 빛을 쏘는 3차원 홀로그램 방식 (volumetric display)

3차원 방식의 경우 아래와 같이 실제 공간에 빛을 쏘아 입체적인 빛의 흐름을 만드는 방식으로, 시청자들이 움직임과 관계없이 모든 시점에서 사물을 관찰할 수 있습니다. SF영화에 자주 등장하는 홀로그램이 이와 같은 방식입니다.

홀로그램은 빛의 간섭현상에 의해 입체 영상이 구현되는 것으로 아날로그와 디지털 방식이 있습니다. 삼성디스플레이는 SID 2016 전시회에서 '디지털 홀로그래픽 3D' 제품을 선보였습니다. 디지털 방식은 수학적 계산과 처리를 통

해 간섭 무늬를 만들고 데이터로 기록하여 3D 영상을 재생하는 것입니다.

디지털 홀로그래픽 디스플레이 기술 원리



디지털 홀로그래픽 디스플레이는 디스플레이를 통해 실시간 기록되는 이미지를 가간섭성이 있는 광원을 활용해 3차원 입체 영상으로 구현한 것입니다. 가간섭성이란 길다란 실 같은 빛의 성질을 의미합니다. 형광등, 백열등, LED 등은 이런 간섭성이 없어, 짧은 실 조각같은 광선이 사방으로 퍼져나갑니다.

홀로그램은 광선들이 서로 만나 '간섭'하는 원리를 통해 이미지를 형성합니다. 광선들이 '보강 간섭'하는 위치에서 밝은 빛으로 된 '점'이 생기고 이러한 '점'을 수천 수만 개씩 원하는 이미지 패턴으로 만들어 주면 공간에 떠있는 3차원 입체 이미지가 만들어지는 것인데요. 이런 '간섭'으로 이루어지는 빛의 점들이 디스플레이로 얘기하면 '픽셀'의 역할을 한다고 볼 수 있습니다.

※ 간섭: 두 개 이상의 빛의 파동이 한 점에서 만날 때 진폭이 서로 합해지거나 상쇄되는 현상. 보강 간섭과 상쇄 간섭이 있다.

※ 보강 간섭: 두 파동이 서로 만나 마루와 마루, 골과 골이 일치하여 원래

파동 진폭의 2배가 되는 것.

Video

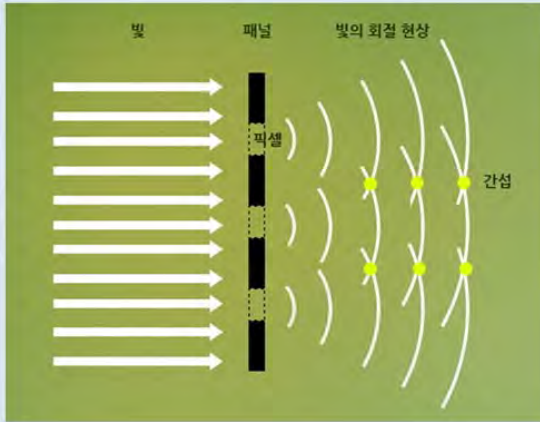
Link : https://youtu.be/qH4OrIGkN_8

▲ 삼성디스플레이 홀로그래픽 디스플레이

3차원 입체 영상을 구현하기 위해서는 패널에 특별한 패턴을 띄워, 백라이트에서 나오는 빛이 이 패턴을 통과하도록 하는데요. 패널에 띄우는 이 패턴은 구현하고자 하는 입체 이미지를 먼저 정하고 이를 수학적 원리로 역산하여 만들어진 것입니다.

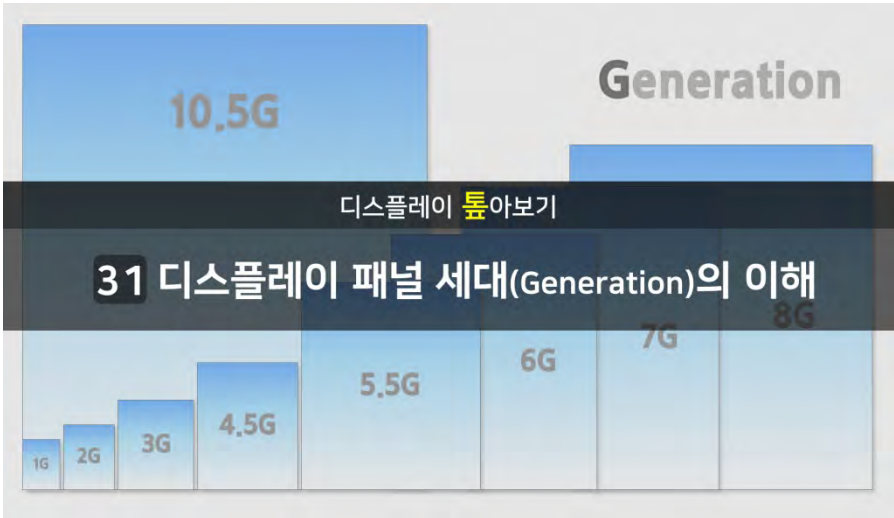
디스플레이는 각 픽셀 별로 통과한 백라이트 빛을 변조하여 수많은 광선으로 나누고 방향을 틀어주는 역할을 합니다. 빛이 '회절'하고 강도가 변하면서 특정 공간 상에 원하는 광선들이 만나 서로 간섭하게 만드는 것이지요.

빛의 회절 현상



빛이 픽셀을 통과하면서
회절 현상이 일어납니다.
회절된 빛이 서로 만나는 위치에
간섭 현상이 생겨
간섭 무늬가 발생하는 것입니다.

※ 빛의 회절 : 빛이 진행 도중 틈이나 장애물을 만나면 그 뒤에까지 돌아 들어가는 현상



'삼성디스플레이, 세계 최초 4.5세대 OLED 라인 가동'

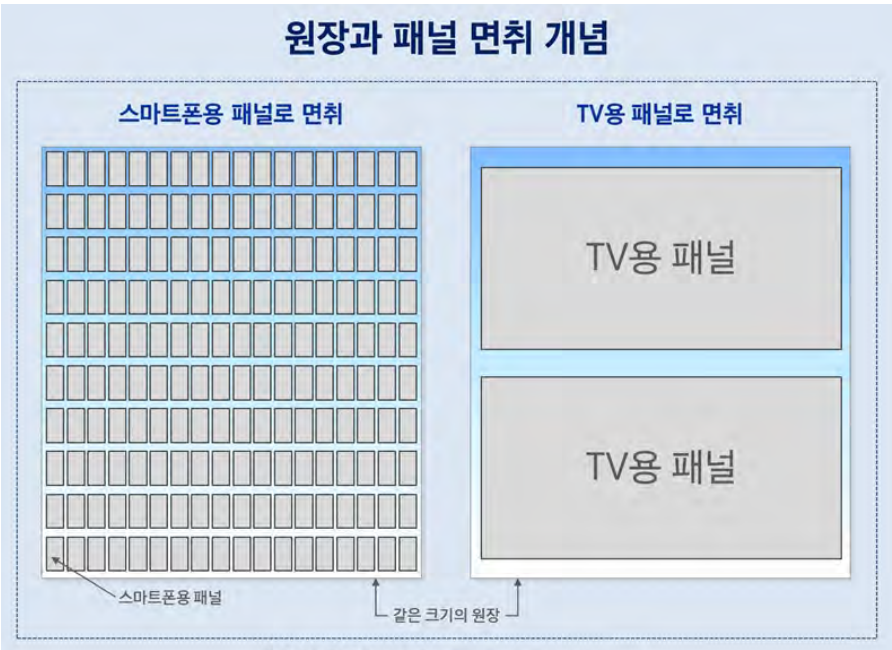
'삼성디스플레이, 세계 최대 8세대 LCD 라인 본격 출하'

삼성디스플레이가 세계 최초로 OLED를 양산한 사실과 8세대 LCD 라인 본격 양산을 다룬 기사들에 흔히 등장하는 제목들입니다. 이 기사들의 제목에서 '세대(generation)'란 무엇을 뜻하는 것일까요? 그리고 세대의 개념은 언제부터 시작됐으며, 현재는 몇 세대까지 존재할까요?

이번 시간에는 디스플레이 패널을 만들 때 그 기반이 되는 원장(또는 마더 글라스)의 세대 개념에 대해서 알아보겠습니다.

디스플레이 패널의 세대(Generation)란 무엇?

'세대'의 개념을 이해하려면 먼저 디스플레이 패널이 어떻게 만들어지는지 그 초기 단계를 알아야 합니다. OLED 또는 LCD는 일반적으로 제조의 기반이 되는 커다란 유리기판을 놓고 그 위에서 패널 제조를 시작합니다. 생산할 패널의 사이즈에 따라 하나의 유리기판에 55인치 TV크기의 공간을 여러 개 할당하기도 하고, 5인치 스마트폰용 공간을 수백 개 할당하기도 합니다.



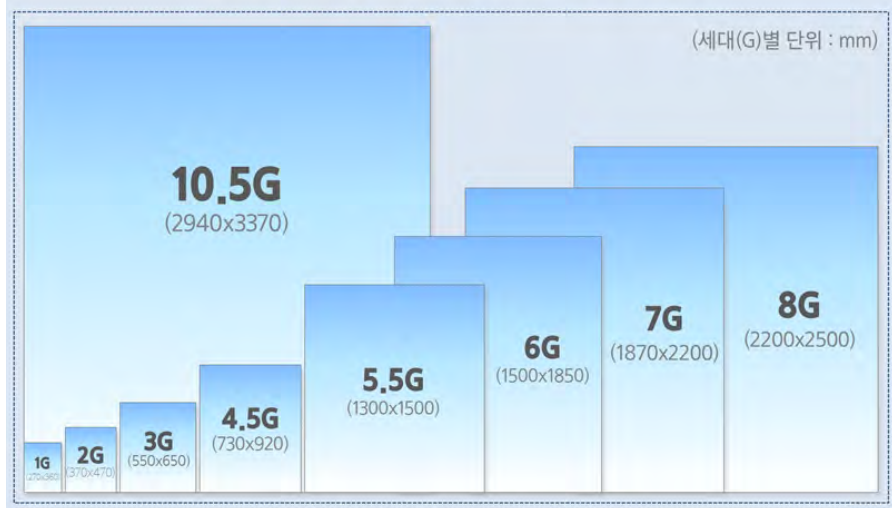
이렇게 패널 생산의 기반이 되는 큰 유리기판을 업계에서는 '원장' 또는 '마더 글라스(Mother Glass)'라고 부릅니다. 그리고 원장의 크기에 따라서 세대를 구분합니다. 그리고 세대를 뜻하는 영어 'Generation'의 이니셜을 사용해 해당 세대의 숫자 뒤에 'G'를 붙여서 표현합니다.

LCD가 처음 양산을 시작할 시점에는 기술적으로 커다란 원장을 바탕으로 생산이 어려웠습니다. 그래서 원장 자체의 크기가 작았고 대략 270×360 mm 정도의 크기를 가졌습니다. 그리고 이를 1세대 원장크기라고 부릅니다. 단, 여기서 오해하면 안 되는 점은 세대의 정의가 법이나 규정처럼 딱 정해진 것은 아니라는 것입니다. 예를 들어, A기업의 10.5세대와 B기업의 11세대가 실제 원장의 크기는 같은 경우가 있기도 합니다. 세대의 정의는 기업의 전략이나 여건에 따라서 비슷한 크기의 원장을 사용하면 통상 같은 세대라고 칭하며, 제조사가 공식적으로 자신들의 세대를 홈페이지 등을 통해서 밝히기도 합니다.

세대별 크기 비교

디스플레이 원장의 세대는 점점 커지는 방향으로 진화했습니다. 1G(세대)가 270x360mm에서 출발했고, 늘 맞아떨어지는 법칙은 아니지만 한 세대가 높아질 때 면적이 약 2배 가량 커지는 원리로 증가해 왔습니다. 현재 세계 최대 크기의 원장인 10.5G(일부업체는 11G로 표기)가 2940x3370mm 정도이므로 면적이 약 100배나 증가했습니다. 직접 그림으로 크기의 스케일을 비교해 봤습니다.

디스플레이 세대별 원장 크기 비교



원장의 크기가 점차 커진 이유는 도입 초기단계에 커다란 원장을 다룰 기술력이 충분치 않았던 점과 크기가 커질수록 대형 패널을 만들 때 생산성이 더 높다는 점 때문입니다. 생산성이 높다는 것은 어떤 의미인지 조금 더 자세히 들여다 보겠습니다.

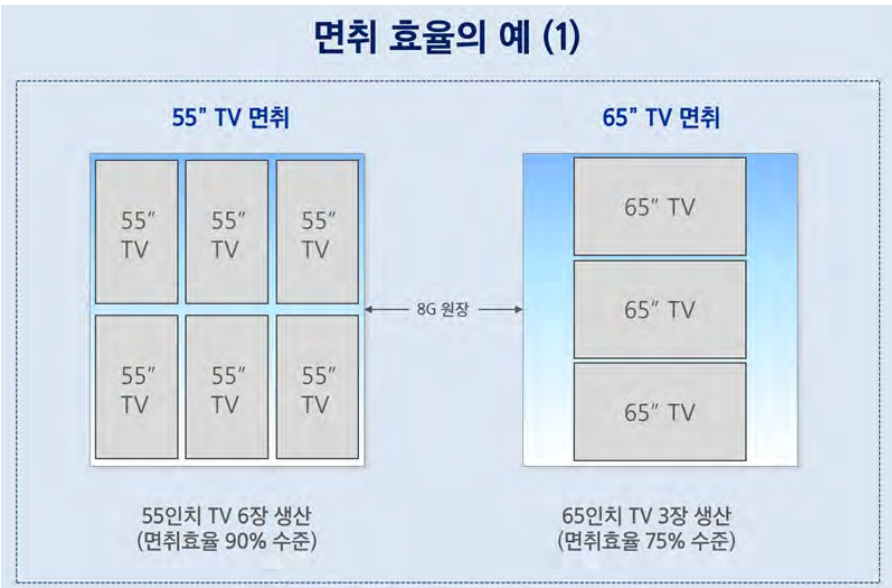
최적의 원장 크기는? '면취 효율'의 경제학

기본적으로 제조 공정에서 원장이 커질수록 한번에 더 많은 패널을 만들 수 있으므로, 같은 개수의 패널을 만들더라도 작은 원장 여러 개를 순차적으로 투입해 생산하는 것 보다, 큰 원장을 투입해 한번에 생산하는 것이 공정 시간 상 더 유리합니다.

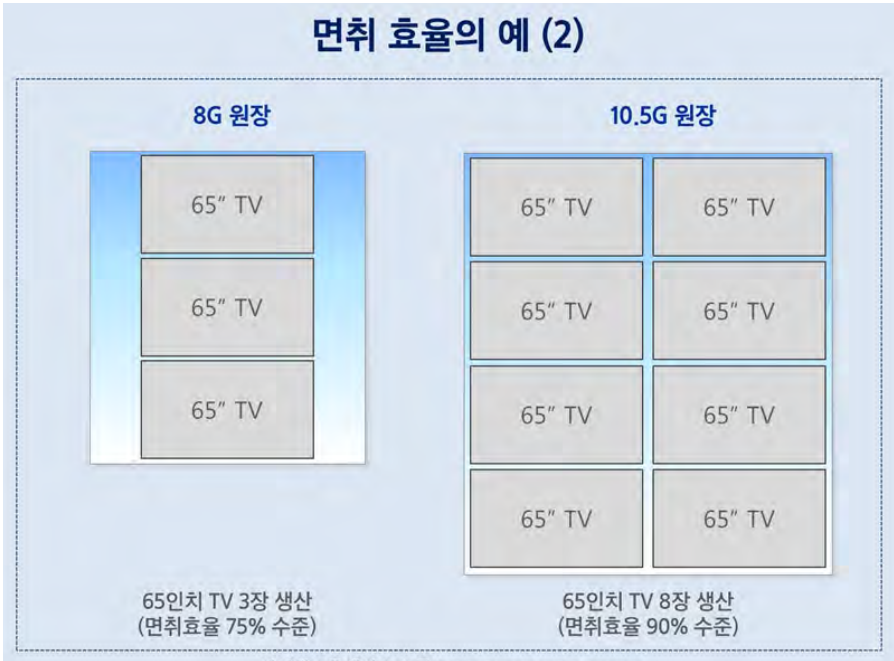
이와 더불어 TV나 모니터와 같은 대형 패널 제품을 만들 때 생산성은 더욱 중요시됩니다. 대형 TV와 대형 모니터에 대한 시장의 수요가 증가하면서, 패

널도 그에 발맞추어 대형 제품을 만들어야 했습니다. 하지만 만들려는 패널의 크기에 따라 원장을 효율적으로 활용할 수 있는지 여부가 달라집니다.

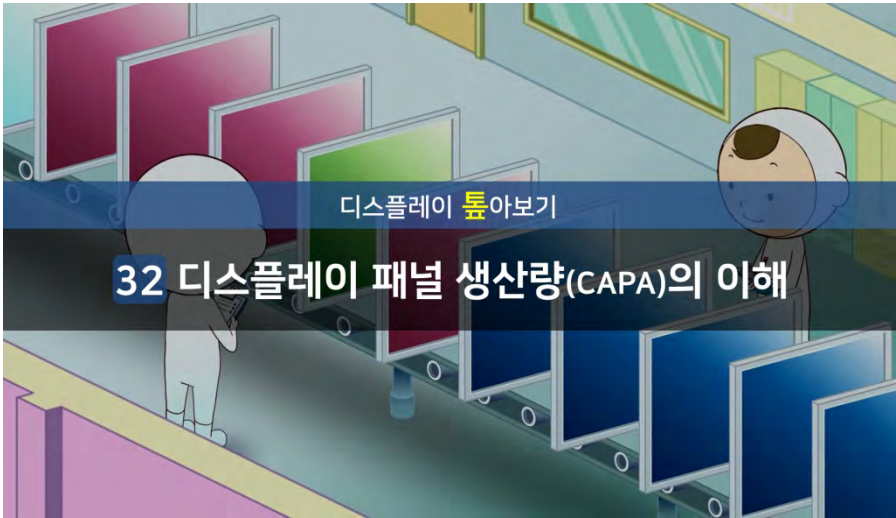
이론적으로 시뮬레이션 해 보면 8G 원장에서는 55인치 TV용 패널을 6개 생산할 수 있지만, 65인치 TV용 패널은 고작 3개 정도 만들 수 있습니다. 55인치를 생산할 경우에는 버려지는 부분이 적지만, 65인치의 경우에는 버려지는 부분이 훨씬 많습니다. 이럴 때 원장 전체 면적 중 실제 패널로 만들어지는 영역의 비율을 '면취 효율'이라고 합니다. 면적에서 패널로 취하는 정도의 효율성이라는 의미로, 면취 효율이 높을수록 원장을 알뜰하게 사용하는 것입니다. 그래서 일부 제조사는 하나의 원장에 TV/모니터 모델을 섞어서 버리는 면적을 최소화해 면취 효율을 최대한 높이기 위해 멀티 모델 글라스(MMG) 방식을 사용하기도 합니다.



그럼 8G 원장과 10.5G 원장을 비교해 보겠습니다. 10.5G에서는 같은 65인치 TV용 패널을 무려 8개나 만들 수 있습니다. 버려지는 부분도 8G 원장보다 적습니다.



면취 효율이 높을수록 생산성이 증가하기 때문에 패널 제조사 입장에서는 새로운 라인을 건설할 때 세대의 원장 크기를 결정함에 있어, 향후 소비자들이 선호하는 인치를 고려하지 않을 수 없습니다. 즉, 시장의 수요를 예측해 면취 효율이 최적화된 원장의 크기를 결정하고, 이를 공장을 지을 때 감안합니다.



디스플레이 패널 관련 기사 또는 리포트에 자주 등장하는 용어가 있습니다. 바로 캐파(CAPA)라고 불리는 단어입니다. 캐파는 디스플레이 패널 공장(라인)에서 생산량을 일컫는 업계 용어로 디스플레이 패널 생산 규모를 파악하기 위해서는 반드시 알아두어야 할 개념입니다.

CAPA(캐파)의 개념

CAPA는 영어 Capacity를 업계에서 줄여서 부르는 용어로, 디스플레이 패널 공장의 라인별 월간 생산하는 원장의 배수를 의미합니다. 원장이란 OLED 또는 LCD 패널을 만들 때 기반이 되는 커다란 패널을 의미합니다. 이 원장을 여러 개로 잘라서 TV 또는 스마트폰용 디스플레이 패널로 나누어 사용하는 것입니다. 따라서 공장의 라인이 한 달에 원장을 생산하는 양이 TV나 스마트폰용 패널의 생산량을 좌우합니다.

디스플레이 CAPA(캐파)란?

CAPA(Capacity)

- 사전적 의미 : 생산능력, 수용력, 능력 등
 - 디스플레이 업계에서의 의미 : 패널 생산능력
 - 정의 : 제조 라인별 월간 생산되는 원장의 매수(장수)
 - 단위 : 천(1,000)을 의미하는 K로 표기
- 공장(라인)의 패널 생산능력(생산량)을 가늠하는 기준



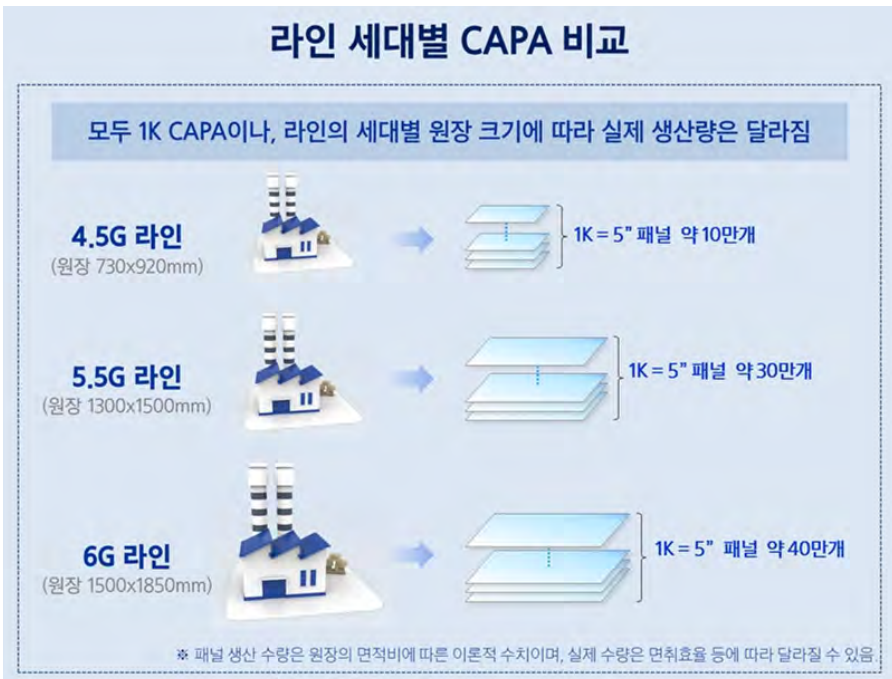
위 그림에서 보이는 것처럼, 공장의 1개 라인에서 한 달에 1,000매(장)의 원장을 생산할 수 있다면 1K라고 부릅니다. 만약 10,000매를 생산하면 10K라고 하고 한 달에 100,000매를 생산하면 100K의 CAPA라고 부릅니다.

이러한 개념을 가리켜 설비에 투자해 최대로 생산 가능한 수량이라는 의미에서 '총투자 CAPA'라고 합니다. 이와 달리 조금 더 현실적인 생산량 개념으로는 라인의 생산 수율, 가동률, 기타 다른 요인에 의한 생산력 하락을 감안한 실제 생산력을 나타내는 지표로 '실 CAPA'라는 개념을 업계에서는 사용하고 있습니다.

라인 세대별 CAPA의 차이

CAPA는 라인의 규모에 따라서 실제 생산량이 달라지는데, 조금 더 구체적으로 알아보겠습니다. 디스플레이 패널은 앞의 31편에서 소개한 것처럼 다양한 크기의 원장으로 만들 수 있습니다. 따라서 라인별로 만드는 원장의 크기가 서로 다른 경우가 많기 때문에 한 달에 같은 매수의 생산량을 갖더라도 실제의 총 생산량은 다를 수 있습니다.

극단적인 비교를 해보면, 1세대(G) 원장을 생산하는 라인과 10.5세대(G) 원장을 생산하는 라인이 각각 1K를 생산한다고 하더라도, 원장의 크기(면적)가 약 100배 차이 나므로 실제로 스마트폰용 패널을 만드는 패널의 개수도 이론적으로 약 100배의 차이가 발생합니다. 구체적인 예를 들어 보겠습니다.



4.5G 라인과 6G 라인은 세대의 명칭만 보면 큰 차이가 나지 않는 것처럼 느껴질 수 있지만, 실제로 생산하는 원장의 크기는 각각 730*920mm와 1500*1850mm로 약 4배 가량 차이가 생깁니다. 따라서 각각의 라인에서 1K를 생산한다고 하더라도, 4.5G의 1K와 6G의 1K는 실제로 생산량이 4배 정도 차이가 납니다.

거꾸로 생각해보면 4.5G라인에서 4K 정도 생산을 해야만 6G라인 1K와 비슷한 생산량을 갖출 수 있다는 의미이기도 합니다. 물론 이것은 이론적인 계산이고, 먼췌 효율까지 고려했을 때는 일반적으로 원장이 클수록 효율성이 높아지므로 생산성도 우수합니다.

CAPA 는 어떻게 결정될까?

그럼 CAPA는 어떻게 결정이 될까요? OLED 또는 LCD에는 각 공정별로 필요한 설비들이 존재합니다. 그리고 각 설비들 마다 각각의 처리 가능한 최대 생산능력(CAPA)이 있습니다. 만약 A, B라는 2개의 설비를 연속으로 사용해 패널을 생산하는 라인이 있다고 가정해 보겠습니다. A라는 설비가 한 달에 10K의 생산력을 갖추고 있고, 이어지는 공정에서 B라는 설비가 7K의 생산력을 갖는다면, 이 라인은 최종적으로 7K의 생산력을 갖게 됩니다. 다른 예로 A 설비 2대로 20K만큼 설치하고, B 설비 3대로 21K만큼 설비를 설치해 라인은 운영한다면 어떻게 될까요? 이렇게 되면 최종적인 CAPA는 20K가 됩니다.

단순히 A, B 설비를 이용하는 가상의 라인을 예로 들었지만, 실제 제조공정은 굉장히 다양하고 설비도 그만큼 많기 때문에 이를 안정적이고 효율적으로 운영하는 것이 무척 중요합니다.

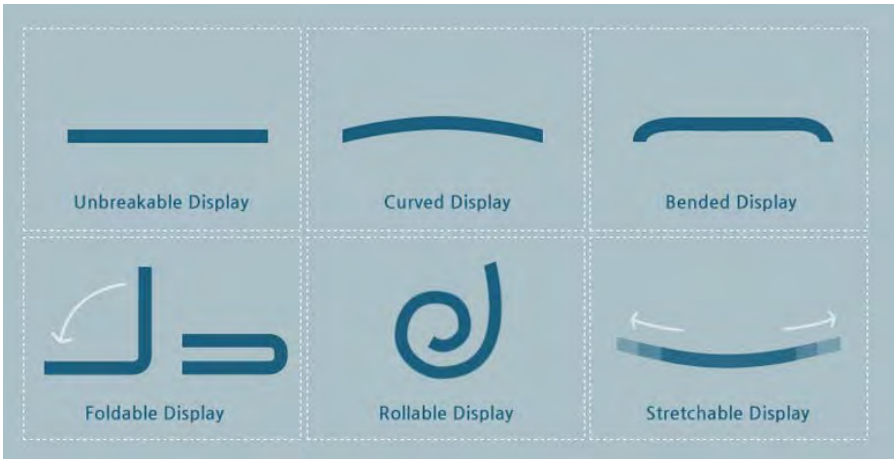
CAPA는 디스플레이 기업의 생산량을 가늠하는 중요한 요소입니다. CAPA가 어느 정도냐에 따라서 패널을 Set 업체에 공급할 수 있는 물량이 달라지고, 그만큼 매출과 수익에 영향을 미치기 때문입니다. 역으로 CAPA를 늘리기 위해서는 그만큼의 투자가 필요하고, 투자된 라인을 최대한 효율적으로 운영하고 손실을 최소화해야 합니다. 따라서 CAPA를 늘리기 위한 투자를 할 때에는 시장 상황을 보다 정확하게 예측하고 신중하게 결정해야 합니다.

오늘은 디스플레이 패널의 생산량을 의미하는 CAPA에 대해서 살펴보았습니다. 오늘 훑아보기를 통해 디스플레이 관련 기사 또는 리포트에서 언급하는 디스플레이 CAPA의 의미를 보다 구체적으로 이해하실 수 있게 되기를 기대합니다.



스마트폰, 태블릿 그리고 스마트워치와 같은 최신 전자 기기에서 디스플레이가 없는 제품은 더 이상 찾아보기 어렵습니다. 인간이 외부로부터 정보를 얻는 감각기관 중 시각이 차지하는 비중이 80%로 막대하기 때문에 디스플레이의 활용도는 앞으로도 더욱 확대될 것으로 예상됩니다. 미래에는 어떤 디스플레이 기술이 등장할까요? 오늘은 앞으로 상용화되거나 미래에 등장할 것으로 예상되는 디스플레이 기술의 종류와 특징에 대해서 살펴보겠습니다.

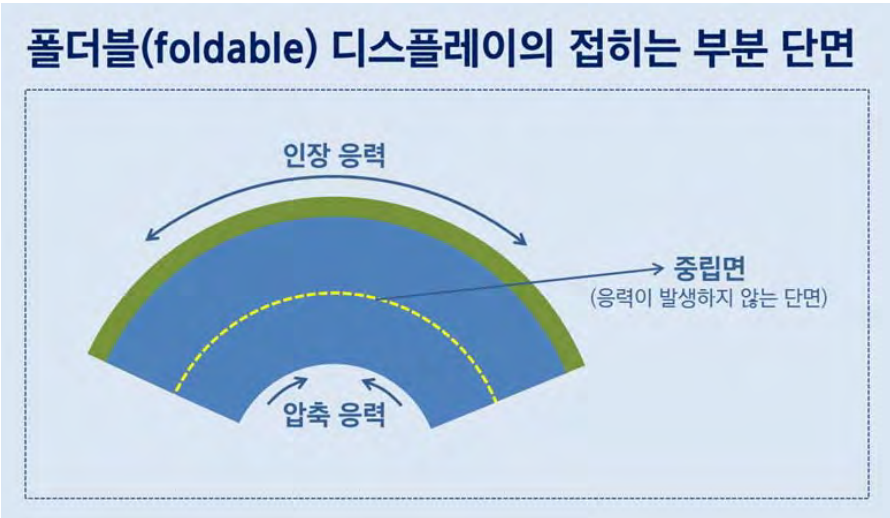
유연함으로 다채로운 모습을 보여주는 '플렉시블 OLED'



플렉시블 디스플레이는 현재 플렉시블 OLED 기술이 주류를 형성하고 있습니다. 먼저 가장 기본적인 특성을 구현한 예로 언브레이크블(unbreakable) 디스플레이가 있습니다. 플렉시블 OLED는 유리를 기판으로 사용하지 않기 때문에 원리적으로는 깨지지 않는 특성을 지닙니다. 그리고 디스플레이를 완만하게 구부리면 커브드(Curved) 디스플레이가 되고, 양쪽 끝만 살짝 구부리면 벤디드(Bended) 디스플레이를 만들 수도 있습니다. 갤럭시S8, S9, 노트9 등에 사용된 엣지(edge) 형태의 스마트폰 디스플레이가 이러한 벤디드 형태입니다. 여기까지가 상용화 된 단계이고, 앞으로 모습을 드러낼 형태는 업계에서 크게 3가지로 예상합니다.

먼저 지갑처럼 접을 수 있는 폴더블(foldable) 디스플레이입니다. 사용하지 않을 때는 접어서 작게 만들어 휴대성을 높이고, 사용할 때는 넓게 펼쳐서 대화면을 구현할 수 있는 것이 큰 장점입니다. 폴더블 디스플레이는 접히는 부분을 구현하는데 특히 기술적 난도가 높습니다. 어떤 물체나 완전히 접었다

펼치면 자국이 생기게 돼 원래의 모습으로 돌아오는 것이 거의 불가능한데, 폴더블의 경우에는 이러한 한계를 극복할 기술이 필요하기 때문입니다. 따라서 접히는 부분의 응력(인장/압축 강도)이 낮은 소재를 활용해 패널의 손상을 최소화 할 수 있는 연구가 필요합니다.



다음으로 일명 두루마리 디스플레이라고 불리는 롤러블(rollable) 디스플레이가 있습니다. 마치 신문을 돌돌 말았다가 펼쳐 보듯이 사용이 가능해 휴대성이나 공간활용성에서 유리한 특성을 갖고 있습니다. 삼성디스플레이는 지난 5월 차량용 CID(center information display)에 롤러블을 활용한 제품을 미국 전시회에 선보였습니다. 화면을 감아 올릴 경우 뒷공간을 활용할 수 있는 등 유용성이 높은 기술로 각광받고 있습니다. 만약 회의실의 빔 프로젝터를 대신해 롤스크린 형태의 롤러블 디스플레이를 설치하면 장비의 복잡성이 줄어들 수 있고, 가정이나 사무실에서 창문의 롤스크린 커튼을 롤러블로 바꿀 경우 시각적인 효과를 줄 수 있어 보다 다채로운 인테리어가 가능합니다.

Video

Link : http://news.samsungdisplay.com/wp-content/uploads/2018/10/rollable540.mp4?_=1

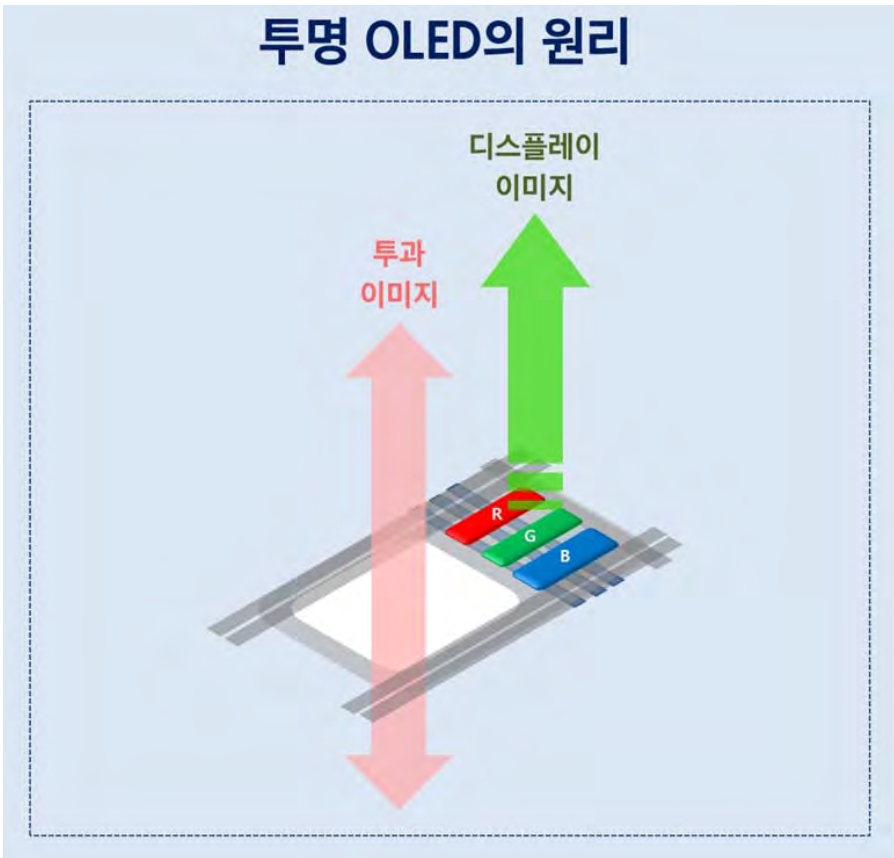
▲ 삼성디스플레이가 SID 2018 전시에서 공개한 차량용 롤러블 디스플레이

섬유처럼 잡아 당기거나 누르면 화면이 늘어나는 스트레처블(stretchable) 디스플레이도 있습니다. 신축성이 있는 소재를 디스플레이에 접목한 기술로 향후 웨어러블이나 패션용 소재처럼 다양한 분야에 활용될 수 있을 것으로 기대를 모으고 있습니다.

주변과 어울려 가치를 높이는 '투명 OLED'

투명 디스플레이도 각종 SF영화 등에서 자주 등장하는 미래디스플레이 형태입니다. 투명 디스플레이는 픽셀이 자체 발광하는 특성을 가진 OLED가 비자발광 방식인 LCD보다 기술 구현에 유리합니다. 자체 발광하므로 백라이트 유닛(BLU)과 같은 외부광원이 불필요하고, 빛이 통과하는 부분을 LCD보다 많이 확보해 디스플레이 뒷면의 사물을 보여줄 수 있기 때문입니다. 투명 OLED는 RGB픽셀 영역과 투과영역으로 구성되며 투과율을 높이기 위해서는

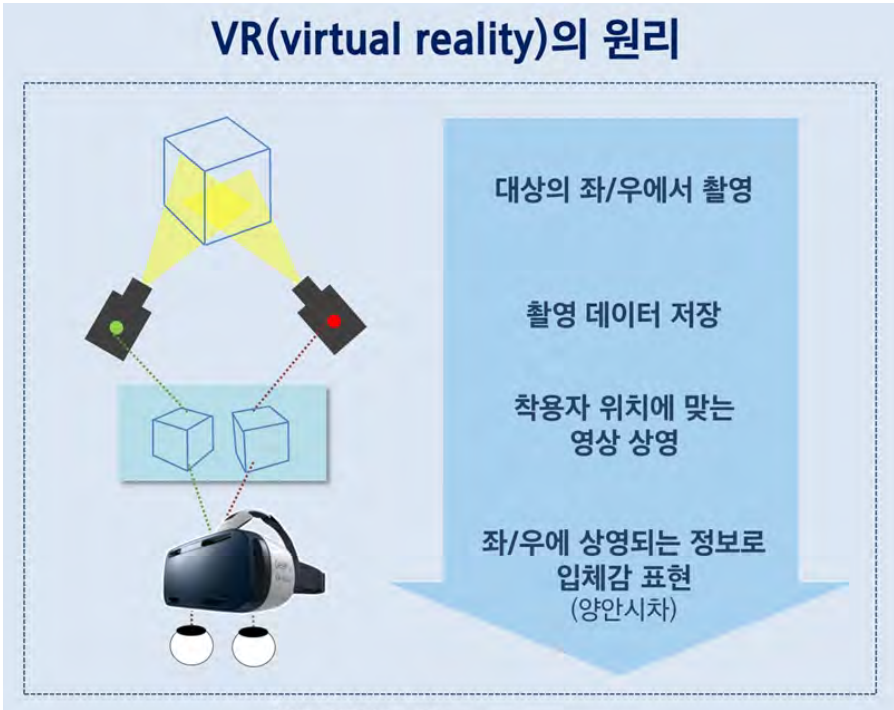
투과 영역을 넓히고, 투과도가 높은 기판 소재 사용, 회로 배선의 미세화가 기술 구현의 핵심요소입니다. 투명 디스플레이는 차량용 HUD 또는 창문형 디스플레이 그리고 매장의 쇼윈도우용 디스플레이 분야를 시작으로 도입되고 있습니다.



가상현실을 더 현실답게 '초고해상도 VR 패널'

고정된 화면 영역을 벗어나 새로운 체험을 가능하게 한 VR(가상현실)용 디스플레이 기술도 점차 발전할 것으로 예측됩니다. VR은 가상현실을 시각적으

로 구현한 기술로 촬영 대상을 좌우의 카메라 2대로 촬영 후 해당 영상을 VR 디스플레이에서 입체감 있게 표현하는 기술입니다. 지난해 개봉한 스티븐 스피버그 감독의 '레디 플레이어 원'은 VR을 활용한 가상현실이 광범위하게 확산된 가까운 미래의 모습을 보여줍니다.



기존의 VR 기술의 단점으로 꼽히는 어지럼증, 무거움을 해결하기 위해서는 디스플레이 패널의 빠른 응답속도와 가벼운 패널이 필요하며, 이런 특성에는 현재 OLED가 가장 적합합니다. 또한 더욱 실감나는 VR체험을 위해서는 지금보다 고해상도의 패널 개발이 필요하므로 작은 사이즈의 디스플레이에 PPI(pixel per inch)는 높게 만드는 기술이 필요합니다. 지난 SID 2018 전시회에서 삼성디스플레이는 2.43인치 OLED 디스플레이 2개로 제작된 VR 제품

을 공개했으며 해상도가 3,840×2,160에 달합니다. 이는 일반적인 프리미엄 스마트폰 해상도의 2배 정도로, 1인치당 픽셀수인 PPI가 1,200에 달해 모기장 현상(screen door effect, 해상도가 낮은 화면을 볼 때 픽셀이 보이는 현상) 없이 선명하고 생생한 VR 화면을 즐길 수 있습니다.

사람을 생각한 바이오 디스플레이 기술

디스플레이 기술의 사양을 개선하는 것도 기술의 발전이라고 볼 수 있지만, 건강을 고려하고 시각적 취약층을 배려하는 기술도 또 다른 한 축이라고 볼 수 있습니다. 몇 년 전 디스플레이의 '유해 블루라이트' 이슈가 제기되면서 눈 건강에 대한 일반인들의 관심이 크게 높아진 바 있습니다. '블루라이트(Blue Light)'란 가시광선에서 청색의 파장을 가진 범위의 빛 가운데 415~455나노미터(nm) 파장의 빛으로 일정시간 이상 눈에 비출 경우 망막 세포에 악영향을 주는 것으로 알려져 있습니다. 디스플레이에서 블루라이트의 유해성을 줄이는 방법으로 블루라이트 필터앱 또는 보호필름 등이 사용되고 있는데, 삼성 디스플레이는 색감은 유지하면서도 OLED 패널에서 원천적으로 블루라이트 발생이 최소화 되도록 하는 기술을 개발했습니다.

Video

Link : <https://youtu.be/kq3NiJUgOwM>

▲ 블루라이트가 줄어든 삼성디스플레이 OLED의 특징

삼성디스플레이가 개발한 색약 보정기술 '비전 에이드(Vision Aid)'도 사람을 위한 디스플레이 기술로 많은 관심을 받고 있습니다. '비전 에이드'는 자체 발광 유기물질을 사용해 적/녹/청의 강도를 자유롭게 조절할 수 있는 OLED의 특성 때문에 가능한 기술로, 색약자마다 색 감지력이 낮은 빛을 스스로 체크하고, 의도적으로 해당 빛을 강하게 보이도록 보정해 주는 기술입니다.

Video

Link : <https://youtu.be/cAmo0C1kpoE>

▲ 색약자를 위한 삼성디스플레이의 '비전 에이드(Vision Aid)' 기술

이제부터는 조금 큰 사이즈의 디스플레이를 중심으로 이야기를 풀어가겠습니다.

영화관의 스크린은 초대형 사이즈를 통해 영상을 실감나게 전달해 줍니다. 특히 아이맥스(IMAX) 영화관의 경우에는 강력한 몰입 경험으로 더욱 현실적으로 느끼게 됩니다. 이처럼 대형 디스플레이가 가져다 주는 몰입감은 중소형 디스플레이에서는 느끼기 어려운 특징으로 꼽힙니다.

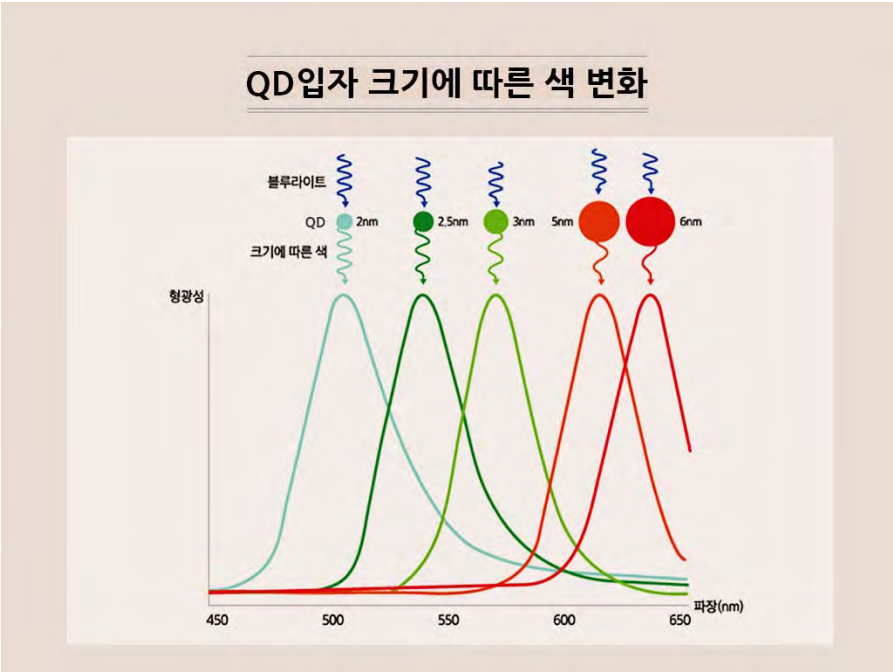
입자의 크기가 색을 결정한다 - 빛의 마법사 'QD(Quantum Dot)'



QD(Quantum Dot, 양자점물질)는 지름 수 나노미터(nm) 이하 크기의 초미세 반도체 입자를 말합니다. 1나노미터는 10억분의 1미터로, 머리카락 두께의 6만분의 1 정도의 크기를 갖는 단위입니다. QD는 무기물 소재로 2~10nm 크기의 중심체(Core)와 껍질(Shell)로 이루어지며 이를 고분자 코팅이 감싸고 있는 구조입니다.

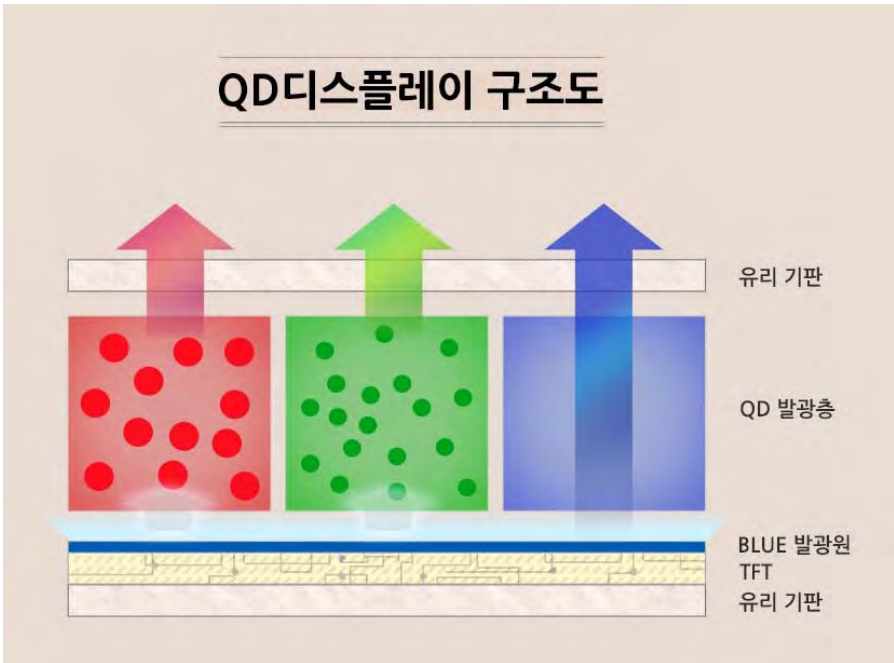
QD는 1970년대 에너지 위기 극복을 위해 태양전지를 연구하는 과정에서 벨 연구소의 루이스 부르스(Louis Brus) 박사와 러시아의 알렉세이 아키모프(Alexei Ekimov)박사에 의해 처음 발견되었습니다. QD는 다양하고 순도 높은 빛을 발광한다는 점과 화학적 특성이 우수하다는 점에서 디스플레이, 태양전

지, 바이오 센서, 양자 컴퓨터 등 다양한 분야에 사용될 것으로 전망되고 있으며, 이 중에서 QD를 형광 물질 혹은 발광 물질로 사용해 디스플레이의 특성을 향상시키거나 디스플레이 자체로 활용하는 것을 QD디스플레이라고 합니다.



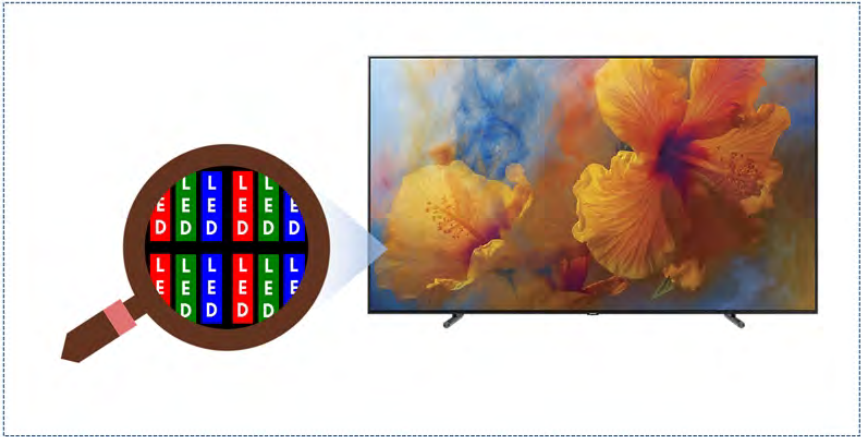
QD가 독특한 점은 동일한 입자임에도 불구하고, 빛을 비추거나 전류를 공급했을 때 입자의 크기에 따라 발광하는 색이 달라진다는 점입니다. 입자의 크기가 작으면 짧은 파장의 빛이 발생해 파란색(Blue)을 띄고, 크기가 클수록 긴 파장의 빛을 발생시키면서 빨간색(Red)을 발광하므로 다양한 색을 입자의 크기만 조절해 구현할 수 있습니다.

QD의 이러한 특성 때문에 최근 이를 디스플레이에 활용하려는 노력이 이어지고 있습니다. QD는 크게 2가지 방식으로 디스플레이에 적용됩니다. 빛을 받아서 다시 원하는 색의 빛을 내는 광발광(PL, Photoluminescence)방식과 전류를 받아서 스스로 빛을 내는 전계발광(EL, Electroluminescence)방식입니다.



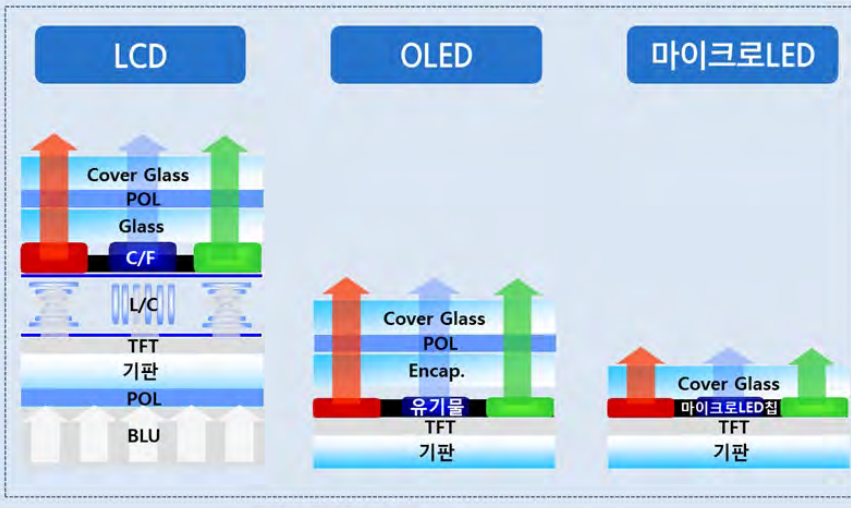
업계에서는 파란색(Blue) 자체 발광원을 기반으로 빨간색(Red)과 녹색(Green)의 QD 자체 발광층을 구현하는 QD디스플레이를 연구개발 중입니다. 높은 에너지를 가진 단파장의 빛(Blue)에서 발산된 빛이 장파장(Red, Green)의 빛도 낼 수 있기 때문에 Blue를 발광원으로 사용하며, 발광원의 빛이 QD 발광층(Red, Green)에 도달하면, QD 입자와 만나 재 발광하는 방식입니다. QD디스플레이는 기존 디스플레이보다 높은 색재현력과 뛰어난 시야각을 구현할 수 있어, 차세대 고화질 디스플레이로 주목받고 있습니다.

마이크로LED 디스플레이



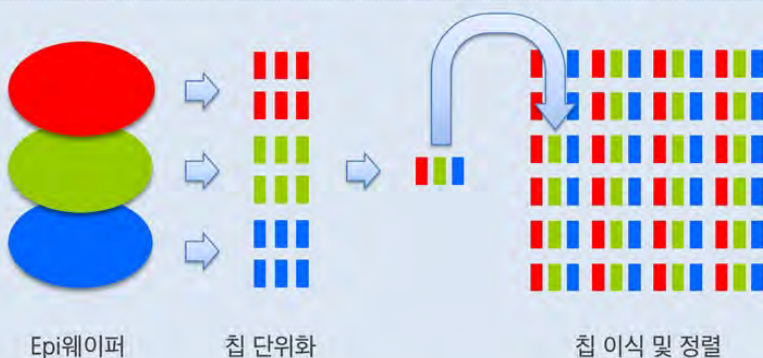
'마이크로 LED(Micro LED) 디스플레이'란 초소형 LED를 픽셀로 활용해 디스플레이 패널을 제작하는 기술입니다. 마이크로 LED 디스플레이는 OLED와 유사하게 RGB 서브 픽셀이 자체 발광하는 기술이기 때문에 시야각이 우수하고 발광 효율이 좋으며 선명한 색을 얻을 수 있습니다. LCD와 달리 픽셀을 완전히 끌 수 있기 때문에 무한대의 명암비 구현이 가능하고, 응답속도 또한 무척 빠릅니다.

LCD, OLED, 마이크로LED 디스플레이 구조 비교



LCD, OLED와 단면 구조를 비교해 보면 이론적으로는 보다 단순한 구조를 가지고 있습니다. 아직은 미래 기술이기 때문에 실제로 제품이 양산된다면 몇 가지가 보강되는 구조로 변화될 가능성도 있습니다.

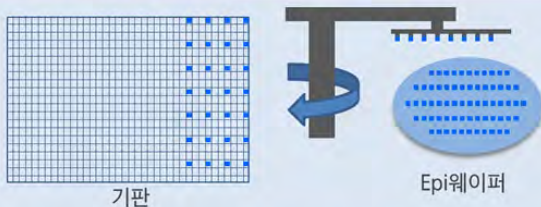
마이크로LED 디스플레이 제조법 (개념)



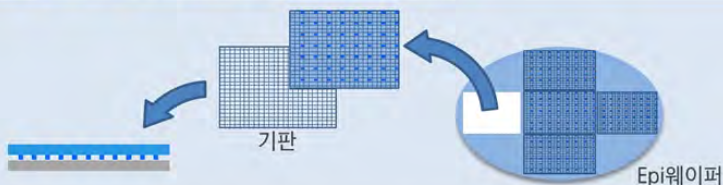
마이크로 LED는 'Epi웨이퍼'라는 소재를 가공해서 생산합니다. 먼저 웨이퍼를 칩 단위로 잘게 나눈 다음 전기 회로 기판 위에 옮겨 심는 방식입니다.

마이크로LED 디스플레이 제조법 (이식)

인쇄 이식법 - 단위 칩을 물리적으로 이송해 부착



직접 이식법 - 웨이퍼 자체를 통으로 떼어내 부착



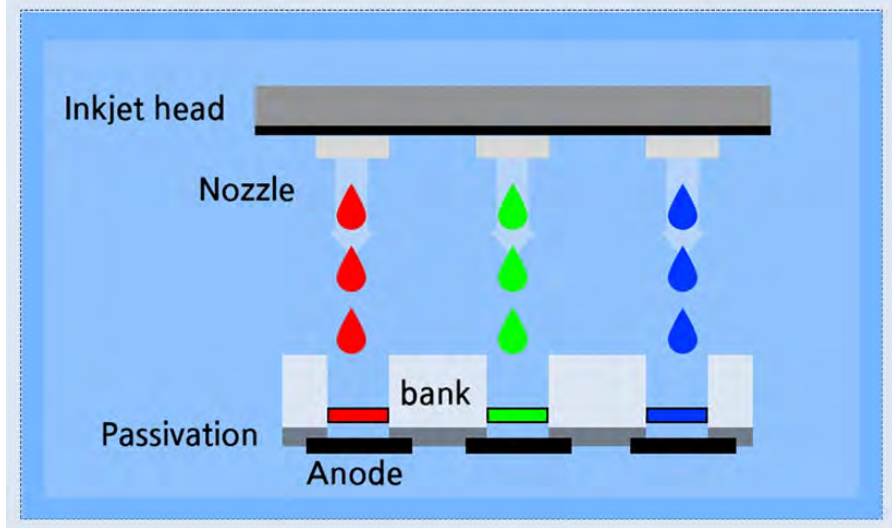
마이크로 LED의 칩 크기가 무척 작기 때문에 정밀하게 이식해야 불량을 줄일 수 있으므로 이식 공정은 매우 중요합니다. 이식 방법은 현재 업계에서 크게 2가지가 언급되고 있습니다. 인쇄 이식법은 웨이퍼에서 같은 색상의 칩을 단위별로 옮기는 방식이며, 직접 이식법은 모네키판에 버를 심어 통채로 눈에 심는 것처럼 웨이퍼 자체를 떼어내서 회로 기판에 붙이는 방식입니다.

하지만 마이크로 LED에게는 아직 기술적 난도가 높은 도전 과제들이 남아 있습니다. 우선 각각의 서브 픽셀을 독립적으로 제어할 수 있는 매우 작고 복잡한 회로 기판이 필요합니다. 그리고 더욱 중요한 부분으로 오류가 없이 정상 작동하는 마이크로 LED 칩을 기판에 이식하는 기술입니다. LCD나 OLED와 달리 물리적으로 픽셀을 옮겨 심는 방식이기 때문에 매우 높은 정밀도가 필요합니다. 그리고 기술 등장 초기 시점이므로 업계에서는 생산 비용이 상당히 높을 것으로 관측하고 있어 생산 효율을 높일 수 있는 연구가 더욱 필요합니다.

디스플레이를 출력하다 - '잉크젯 프린팅 OLED'

잉크젯 프린팅 기술은 종이에 잉크를 뿌려 인쇄하는 것처럼 수십 피코리터(1조분의 1리터) 이하의 OLED 잉크를 분사해 디스플레이를 양산하는 방식입니다. 진공상태에서 유기물을 기화시키는 증착방식과 달리 잉크젯 프린팅 기술을 사용하면 상압에서도 제도가 가능하며, 기판 외부에 떨어지는 잉크가 적어 재료 사용 효율을 높일 수 있는 장점이 있습니다.

잉크젯 프린팅 OLED의 Color Patterning 개념



잉크젯 프린팅을 위해서는 OLED 재료를 용매에 녹여 잉크의 형태로 변경해야 합니다. OLED 재료가 녹아있는 잉크는 잉크젯 헤드의 노즐을 통해 기판의 격벽 사이로 인쇄됩니다. 이후 건조 공정을 통해 용매를 제거하면 OLED 재료의 인쇄가 완료됩니다. 잉크젯 프린팅 기술은 여러 디스플레이 공정에 적용할 가능성이 있는데, 특히 기대가 되는 분야로 대면적 OLED가 있습니다. 대면적 디스플레이 패널을 제작하기 위해서는 원장 기판의 크기가 8세대 이상이 되어야 하는데 잉크젯 방식은 진공 증착 설비에 비해 대면적 설비를 제작하는 것이 상대적으로 쉽기 때문입니다.

잉크젯 프린팅 방식은 아직 재료와 제조 기술에 대한 연구 개발이 더욱 필요한 단계에 있습니다. 디스플레이 업계에서는 향후 이 문제를 극복하면 인쇄 기술을 통해 OLED 디스플레이를 제작하는 시대가 열릴 것으로 기대하고 있습니다.