

기술 특 집

대형 LCD TV 선도하는 Super-IPS(S-IPS) 기술

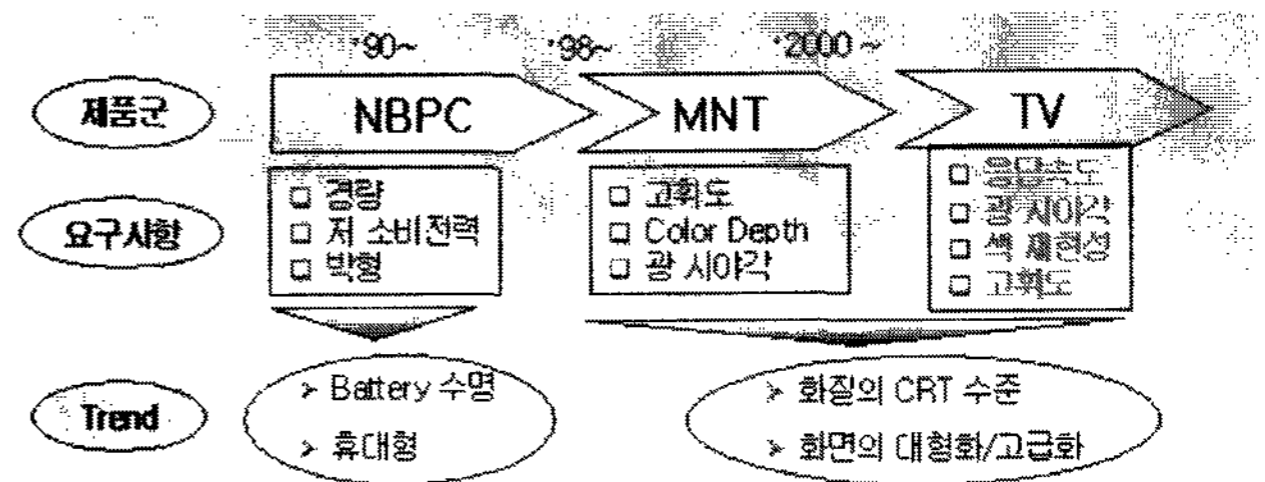
김 경 진 (LG. Philips LCD(주) 선행기술팀)

I. 들어가는 글

TFT LCD는 이미 독자적인 영역을 구축한 노트북PC를 기반으로 하여, 정보 display의 최대 시장이라 할 수 있는 Desktop Monitor의 시장 진입에 성공하였으며, 향후 무한한 TV 시장의 주도적 역할을 준비하고 있는 단계이다. 일본에서는 지상파 디지털 방송이 2003년 12월부터 시작되었으며, 미국에서도 TV에 25인치 이상은 2006년도까지는 지상파 디지털 튜너를 탑재하는 것이 의무화 되어, 하이비전 방송에 대응한 고화질 재생과 소비전력, 수명에 우위인 LCD TV가 급속하게 시장을 확대하고 있다.

평판 디스플레이(FPD) TV 시장의 급격한 성장을 견인하는 것은 압도적으로 저렴한 가격의 FPD TV 및 사용자의 기호에 맞춘 다양한 TV가 될 것이다. 그러나, 사용자의 기호에 맞춘 TV를 가능하게 하는 것은 고화질 요구에 대응하는 패널 기술의 개발이 필수적이다. LCD TV는 CRT의 보완적 입장에서 탈피하여 독립적인 시장 형성 또는 더 나아가 대체하기 위해 진행되고 있다. 이를 위해 LCD가 가지고 있는 장점인 경량 박형 이외에도 화질이 CRT 수준에 접근 되어야 한다. 이러한 개선 노력은 휘도 및 색 재현을 개선, 시야각 개선 그리고 응답 속도 개선이 동시에 확보될 수 있는 액정 기술이 [그림 1]에서와 같이 요구되고 있다.

이미 TV 시장에서는 여러 type의 디스플레이가 치열하게 경쟁하고 있다. 여전히 CRT TV가 좋은 화질과 값싼 장점으로 경쟁력을 유지하고 있지만, HDTV 대응에는 정세도, 소비전력, 무게 등의 약점으로 그 한계가 예상된다. 한편, PDP TV는 성능 측면에서 많은 장점을 가지고 있지만, 밝은 환경에서 콘트라스트 감소 및 소비전력 등의 단점을 해결해야 할 과제가 있다. 최근 몇 년간 LCD TV는 색 재현성, 시야각, 동영상 등의 성능이 크게 향상되어 TV 시장에 무난하게 진입하고 있으며, LCD TV 우위 확보를 위해서는 시야각 개선, 동영상 화질 개선 및 비용 절감을 위한 공정 개선 등의 이슈가 남아 있다. 현재, 광시야각 LCD 기술에는 TN 모드의 Film 보상법, In-Plan Switching (IPS), Multi-domain Vertical Alignment(MVA) 모드



[그림 1] 주요 LCD 제품군의 개발 trend 및 요구사항

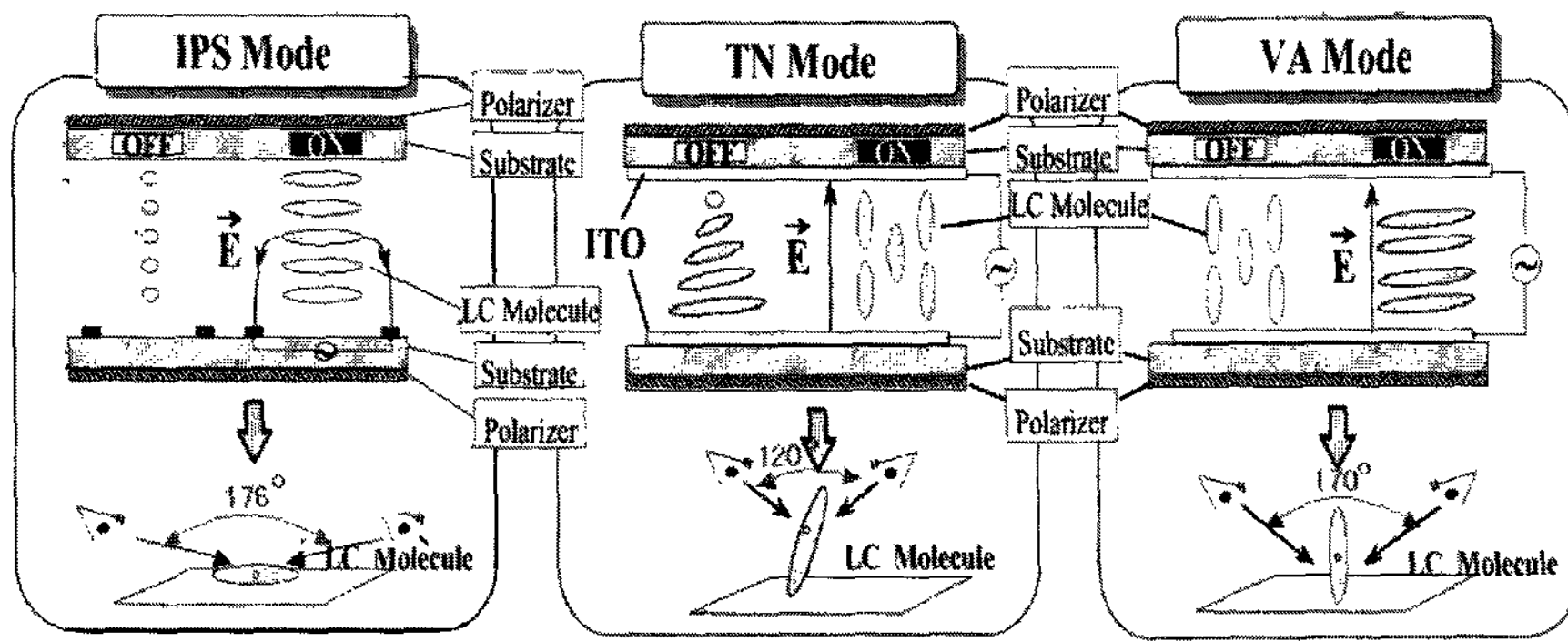
등이 제시되고 있다. 이들 기술들은 각기 장단점을 가지고 있어, 향후 어떠한 방법이 주도할 것인지는 그 성능 및 제품의 가격 경쟁력에 의해 주로 좌우될 것이다.

II. S-IPS 기술

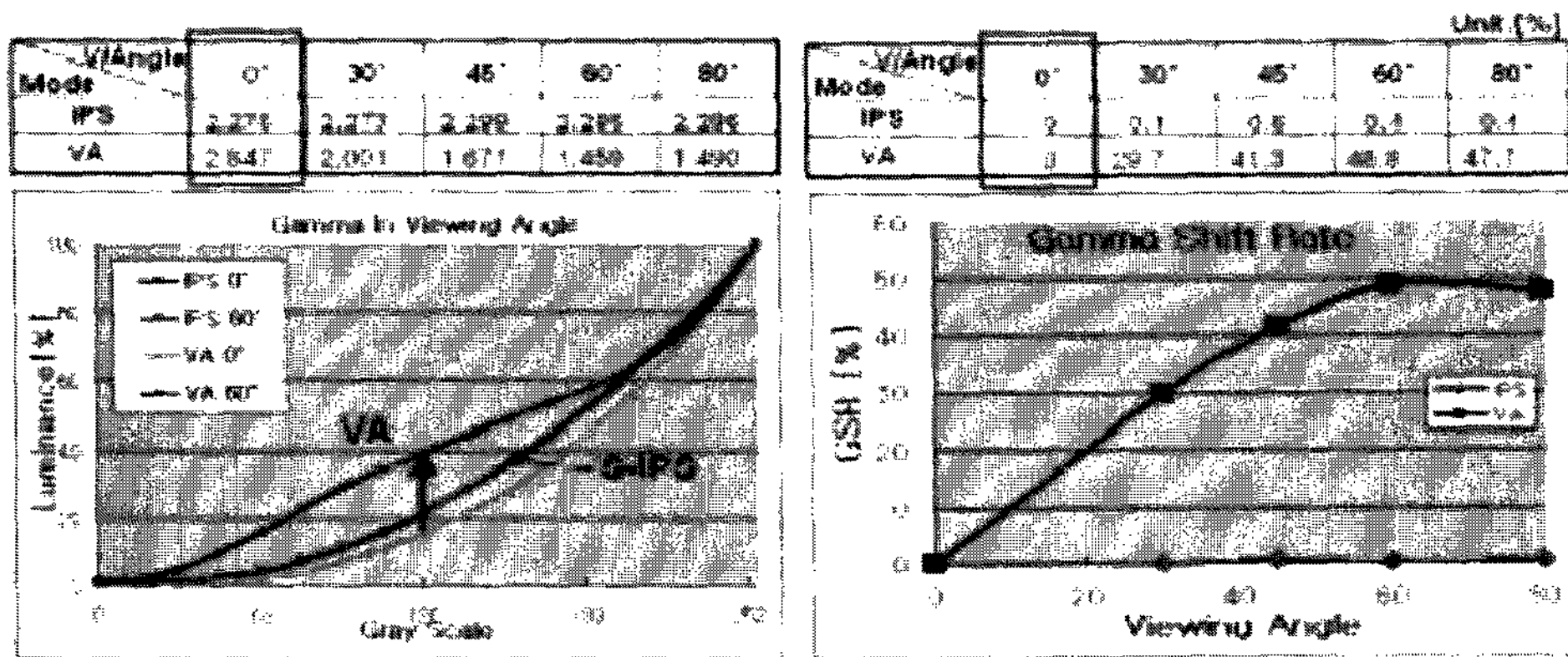
TV용 디스플레이에 요구되는 특성은 PC와는 크게 다르다. PC 용도에서는 충실한 화상재현을 기본으로 하고 있는 반면, TV에 대한 요구는 우수한 영상 실현에 있다. 구체적으로 화면 표시를 좋게 하기 위한 감마특성, 충실한 색 재현성, 고휘도, 높은 콘트라스트, 검정색 표현 능력 그리고 우수한 동영상 특성이 요구된다. LCD 패널은 대형 FPD TV용으로 고화질, 낮은 비전력, 수명이 오래가는 이점이 인정되어 30" 이상의 분야까지 적용되기 시작하였다. 특히, IPS 방식은 종래부터 액정의 약점이었던 시각특성, 응답특성 및 동화 특성 등의 급속한 개선이 이루어지고 있다.^{1),2)} 여기서는 대형 TV 용도를 목적으로 한 IPS LCD 모드기술의 최근 개선 상황에 관하여 소개하고자 한다.

1. 시야각 개선(True wide viewing angle)

현재 실용화되어 있는 LCD 기술을 [그림 2]에서 비교하였다. LCD TV용 광시야각 액정으로서로는 주로 IPS와 VA 액정 모드가 있다. IPS는 액정분자가 평면 내에서 전환하는

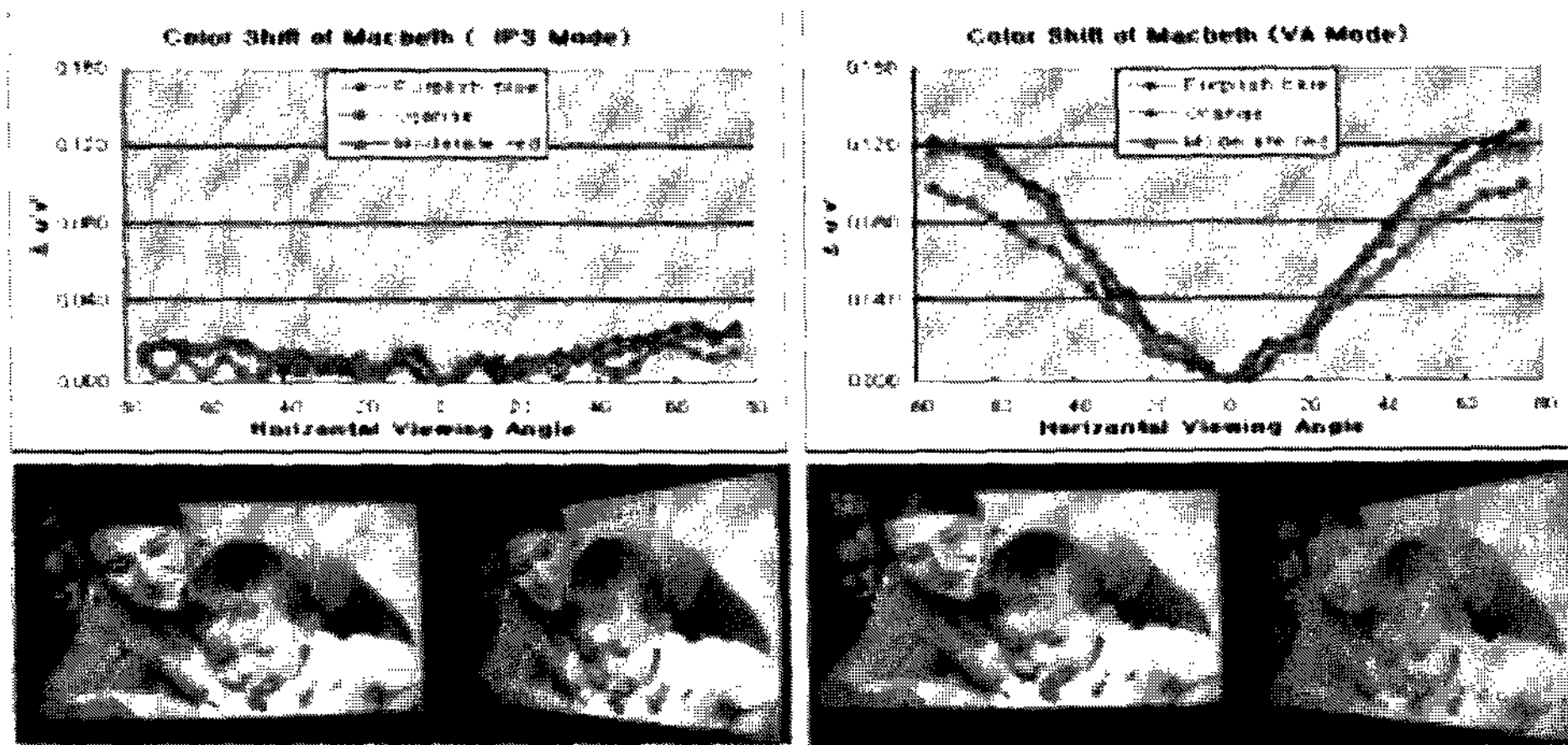


[그림 2] LCD 기술 비교



(a) Gamma value

(b) GSR value



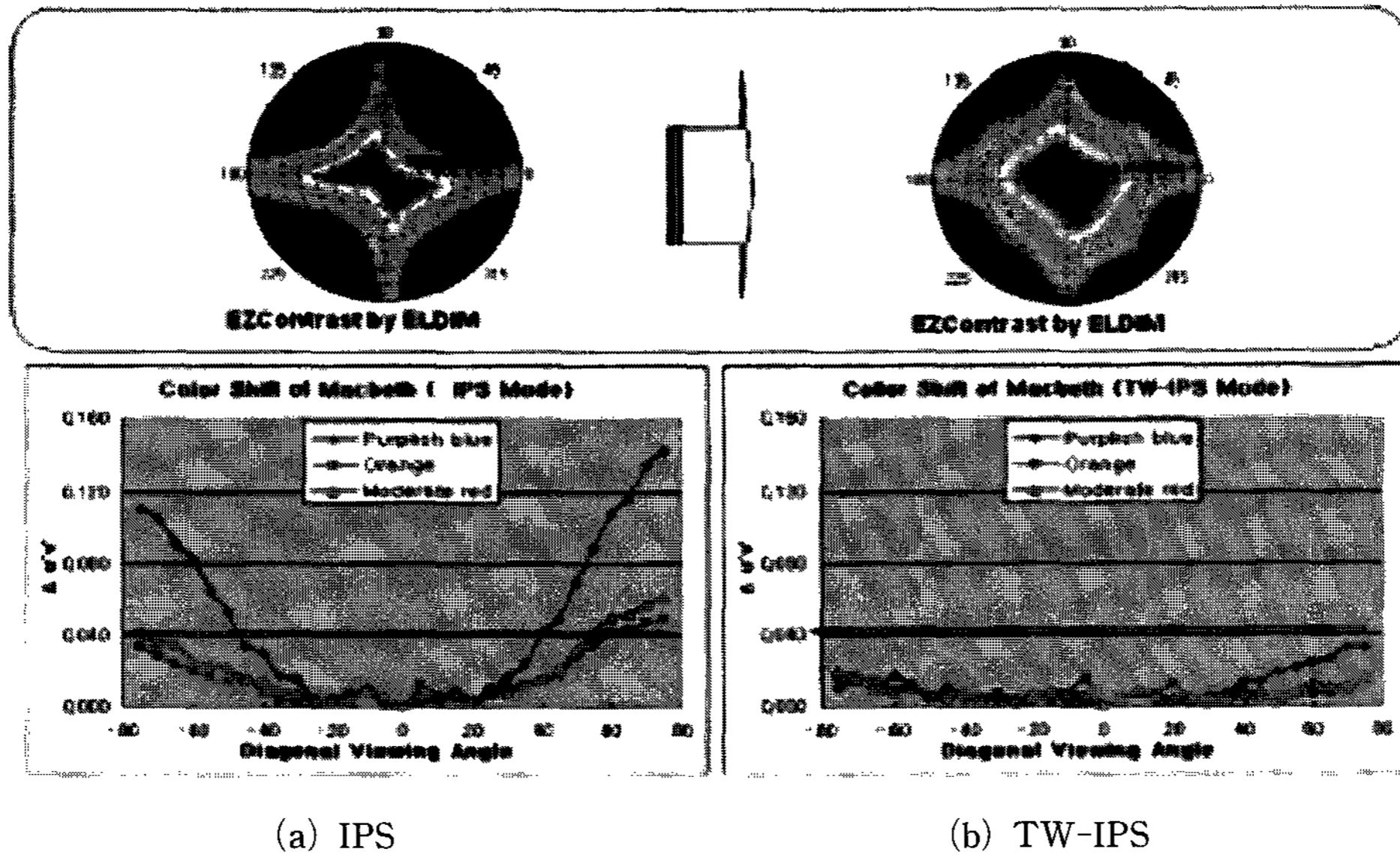
(c) IPS

(d) VA

[그림 3] (a) IPS, VA 감마 특성 비교 (b) IPS, VA의 GSR 비교 (c) IPS color 변화; 상하, 좌우 각시야각 방향 (d) VA color 변화; 상하, 좌우 시야각 방향

‘횡전계방식’으로 수평 방향으로 전계를 가해주므로 양호한 시야각 특성을 얻을 수 있다. 반면 VA LCD는 액정분자를 수직으로 배열시키는 방식으로, 정면 콘트라스트가 높은 것이 특징이지만 시야각 특성에 근본적인 한계가 있다. 화소분할에 의한 멀티도메인 적용, 광학보상필름의 채택, 또는 구동회로 보정에 의해 시야각 특성이 개선되고 있지만, IPS LCD와 비교하면 VA LCD 시야각 특성은 떨어진다.^[3]

[그림 3](a)에는 TV 용도로서 가장 중요한 특성인 감마 특성(계조와 휘도 특성의 설정치)의 시야각 의존성을 나타내었다. VA모드 감마 특성의 시야각 의존성은 계조 전영역에 걸쳐 보상하는 것이 어려우므로, 시각에 의해 빛샘 영향과 같이 화상이 뿌옇게 뜨게 된다. 이에 비해 IPS는 감마특성의 시야각 의존성이 매우 작고, 모든 방향에서 보더라도 자연스런 계조를 실현할 수 있다. [그림 3](b)에서는 감마



[그림 4] IPS, TW-IPS의 시야각 특성 비교(전범위 시야각 방향)

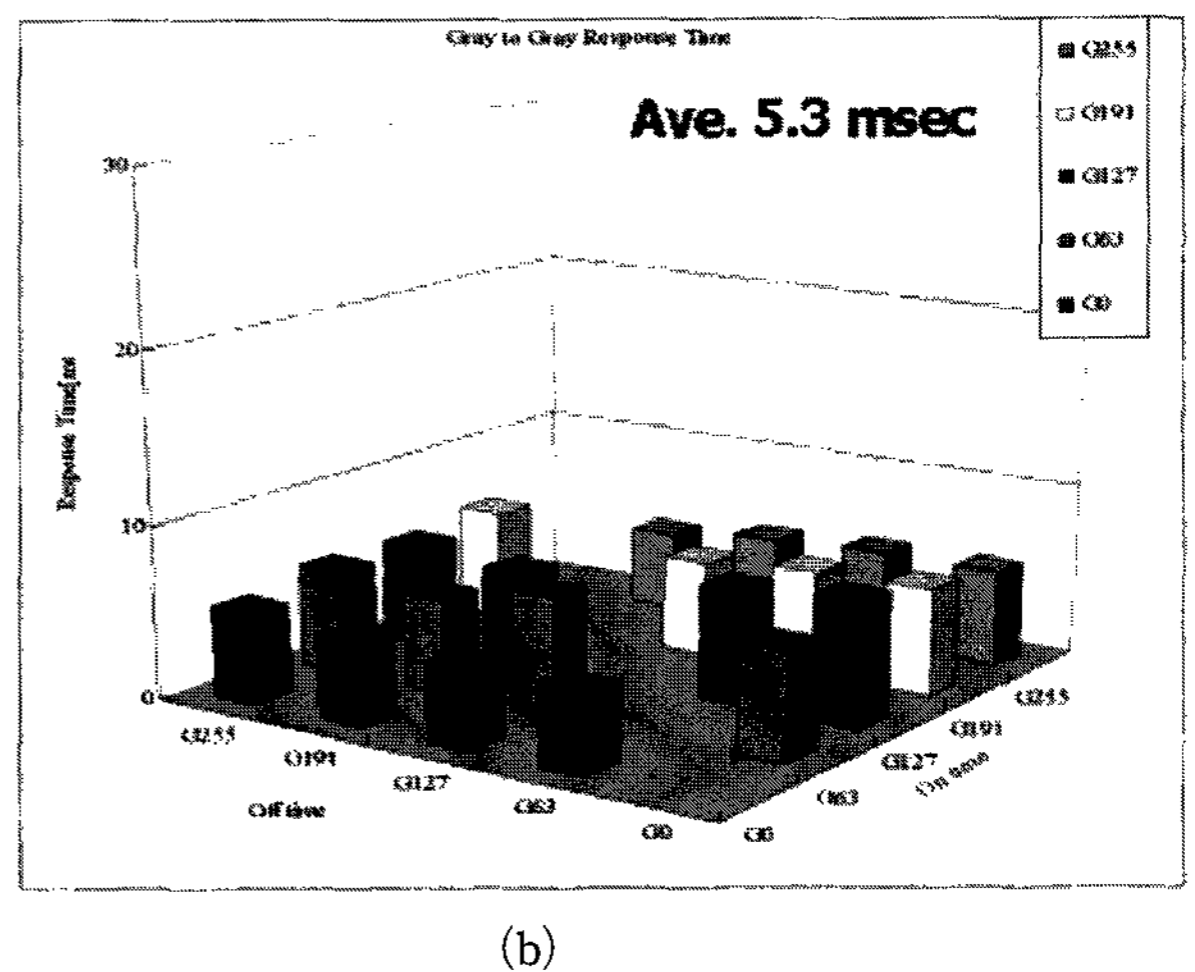
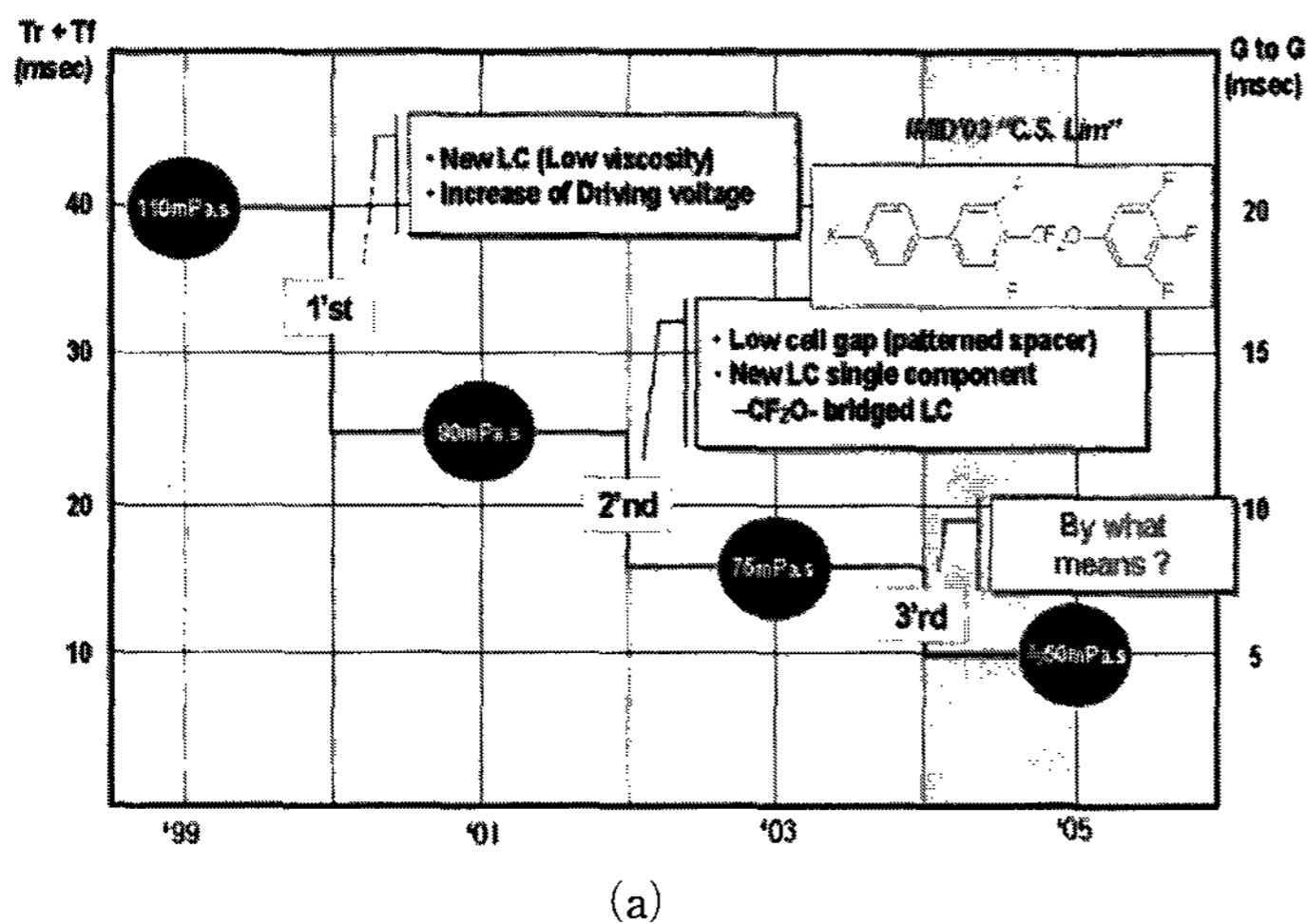
특성의 시야각 의존성을 평가하기 위해, 0도와 특정 방향과의 휘도 변화량을 감마 특성 Shift비인 GSR(gamma shift ratio)로 정의하였다. VA 모드에서는 45도 시야각도에서 40% 이상 변하는 반면, IPS 모드에서는 GSR이 매우 작은 값으로 어느 시야각에서도 감마 특성이 변화하지 않고, 자연스러운 화상을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

TV용도에서는 표시색의 재현성도 중요하다. LCD의 경우는 인가전압, 시야각에 의한 표시색의 변화를 억제하는 것이 과제이다. 특히, 인물을 표시한 경우, 표시색은 표정에 대한 영향이 크다. 이 관점에서, [그림 3](c, d)과 같이 샘플링하여 그 색도변화의 시야각 의존성을 표현하기 위해서 정면(0도)에 대한 색도의 변화량($\Delta u', v'$)을 ± 45 도로 실측하여 나타내었다. IPS의 경우는 표시색 Shift 값이 목표값 $\Delta u', v' = 0.02$ 이하를 유지하고 있어, 시야각에서 자연스러운 색을 재현할 수 있다는 것을 알 수 있다. 반면 VA는 $\Delta u', v' = 0.1$ 이상으로 큰 색변화를 일으킨다는 결과를 얻었다.

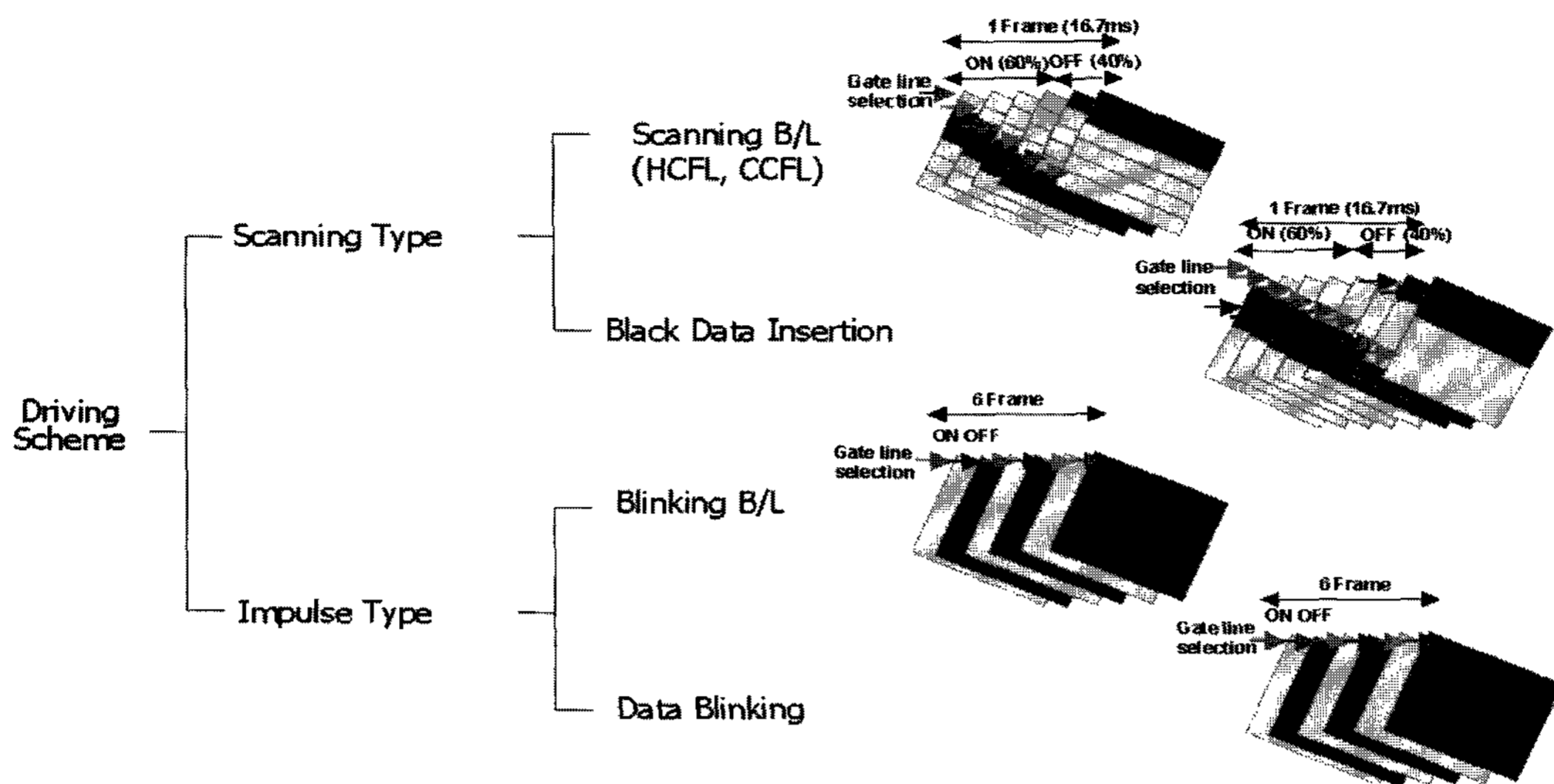
그러나 기존 IPS의 경우에도 대각성 방향의 표시 색의 변화가 특정 칼라에서 크게 나타남을 [그림 4](a)에서 알 수 있다. 따라서 IPS 모드에 보상필름을 적용하여 [그림 4](b) 나타내었듯이 전범위에 균일한 콘트라스트를 재현하고, 전범위의 각도에서도 표시 색 변화를 최소화할 수 있는 TW(True wide)-IPS를 구현할 수 있었다.^[4]

2. 동화 특성 개선

LCD TV에서의 동화 흐려짐(Blurring)을 개선하기 위해서는 액정 자체의 응답속도 개선과 백라이트에서 나오는 지속적인 광을 유지하는 홀드 모드 표시방식을 개선할 필요가 있다. 액정 응답특성 개선을 위해서는 액정의 점도를 낮추는 액정 단물질의 개발이 크게 기여하고 있다. [그림 5](a)에서는 IPS 응답속도 개선 내용을 나타내었다. 첫 단계로는 점도가 낮은 액정 사용 및 구동전압 개선으로 on/off



[그림 5] (a) IPS 응답속도 개선을 위한 액정 개발 이력, (b) IPS용 신개념 액정 적용한 Gray-to-gray 응답속도 특성



[그림 6] 대표적인 유사 Impulsive driving 기술

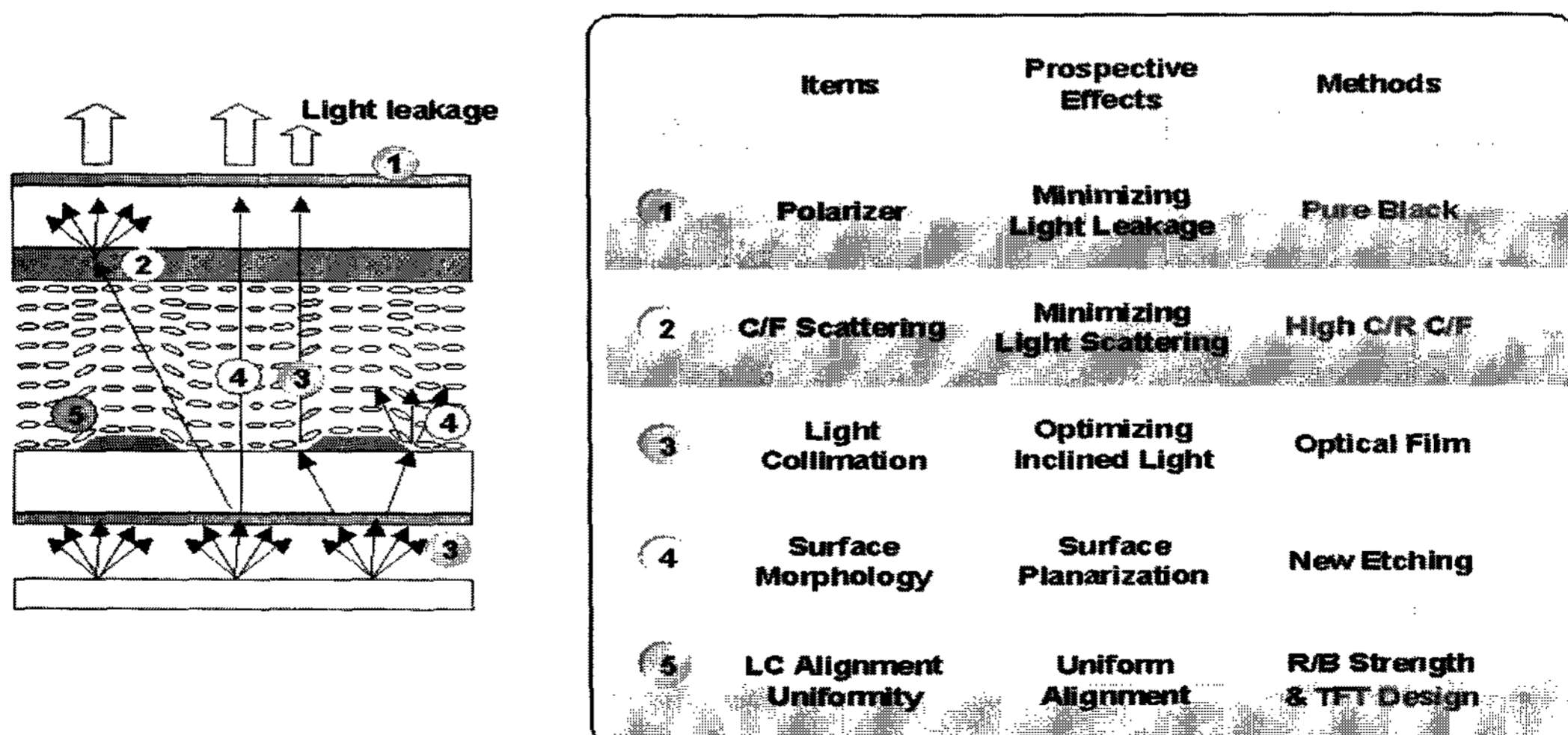
응답속도 16 ms를 달성하였다. 더욱이 오버드라이브(ODC) 구동을 적용함으로써, 중간 계조를 포함하는 모든 영역에서 8ms대의 응답시간을 실현할 수 있었다. 향후 동영상 응답속도 개선을 위해 적용 가능한 Black data Insertion, B/L scanning, 120 Hz 구동 등의 기술을 적용할 경우에는 gray to gray 응답속도가 적어도 5 ms 요구된다. [그림 5] (b)에서는 액정의 점도와 탄성계수, 구동 전압을 고려하여 5 ms 응답속도 실현 가능성을 확인하였다^[1].

LCD의 Gray to gray 응답속도 5 ms 개선에도 불구하고, 인간의 망막 잔상에 의한 blurring 이 보이는 것은 잘 알려져 있다. 이는 액정 표시가 홀드 모드로 인한 것으로, 표시를 Impulse 모드를 적용하면 동영상을 개선 할 수 있다. [그림 6]에는 유사 Impulse 구동을 실현하기 위한 방법을 소개하고 있다. 이에는 (1) 표시 Data로 블랙 레벨을 기입하는 방법 ; 백라이트를 순차적으로 점멸하는 방법과 흑 표시 data를 기입하는 방법 (2) 백라이트를 점멸하는 방법 등이 있다. 또한, 블랙 표시 data 기입과 동기시켜 백라이트

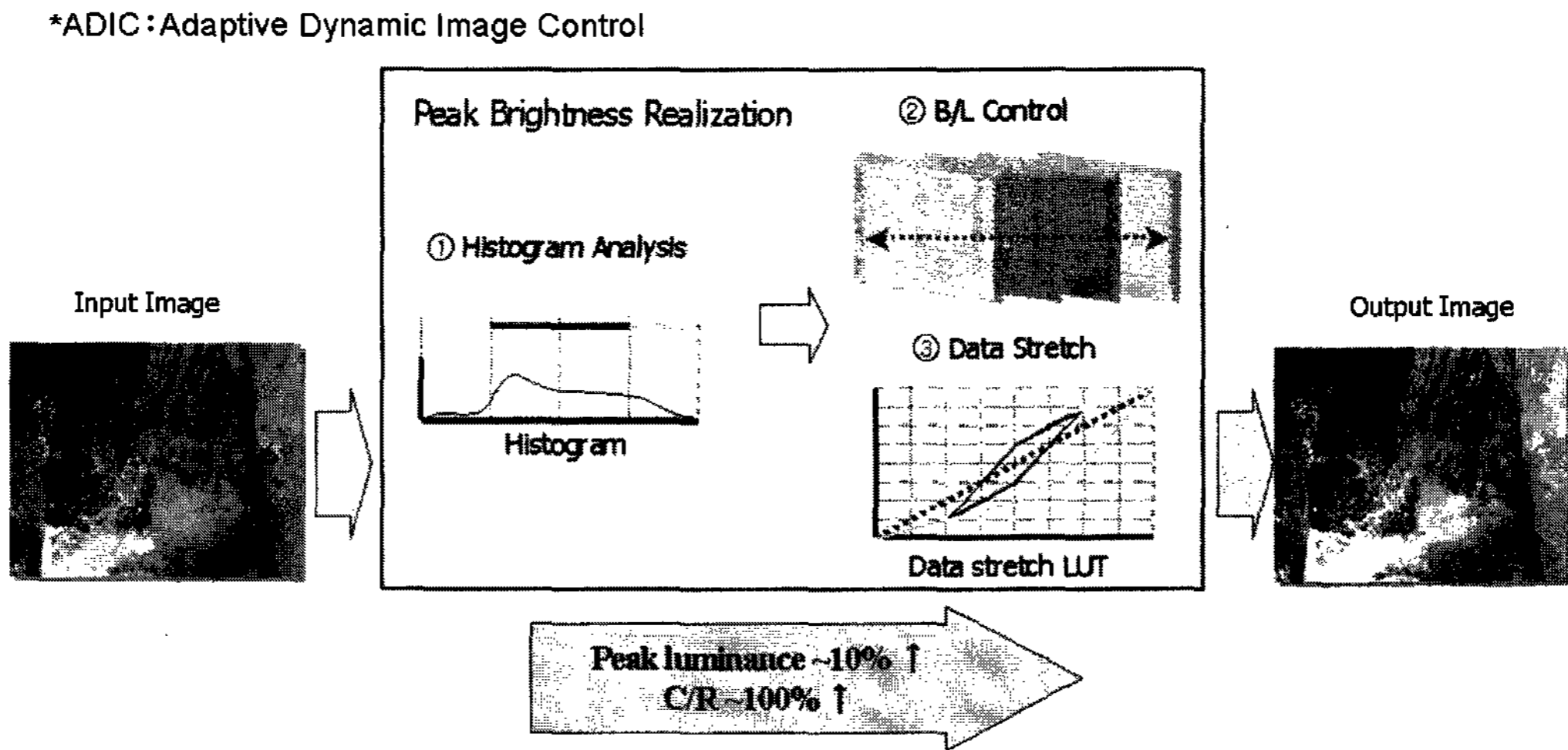
를 점멸하는 방법이 있는데, 이는 백라이트의 소비전력을 일정하게 하면서 피크 휘도를 올릴 수 있어 White 휘도를 저하시키지 않고 Impulse 구동을 실현할 수 있다.^[5] 또한 프레임 주파수를 2배, 3배 빠르게 하므로 개선할 수 있다.^[3] 이 방식은 TFT 충전 정도가 느려 표시 균일도 저하 발생 등 구동 방법 및 TFT 설계 기술로 개선하고 있다. 향후, 동화 흐려짐(Blurring) 개선 방법은 이들 방식을 중심으로 동영상 개선 정도 및 cost 상승 영향 등을 고려하여 점차 표준화되어 갈 것이다.

3. 고품위 LCD TV 구현

고품위 TV 화질을 구현하기 위해서는 다이나믹 동영상 표현이 중요하다. 밝은 환경에서의 CRT 또는 PDP TV는 콘트라스트가 급격히 감소되는 현상이 나타나며, LCD TV에 비해 불리하다. 그러나 어두운 환경에서의 LCD TV는 대략 콘트라스트 800 : 1~1000 : 1 수준으로 역동적인 동화



[그림 7] IPS 모드에서 CR 개선에 관련된 인자



[그림 8] ADIC(adaptive Dynamic Image Control) 기술 개념

상 표현을 위해서는 CRT 수준의 개선이 요구된다. [그림 7]에서는 IPS 콘트라스트 개선에 관련된 여러 인자를 나타내었다. 칼라 필터 안료 입자의 감소 및 분산성 개선으로 빛의 산란을 최소화 하고, 편광판 및 광학 필름 최적화를 통한 빛샘 감소 그리고 표면 단차 개선으로 인한 빛샘 감소로 600 : 1를 확보하였으며^[6], 배향 균일성 개선을 통해 800 : 1~1000 : 1 확보가 가능하다.

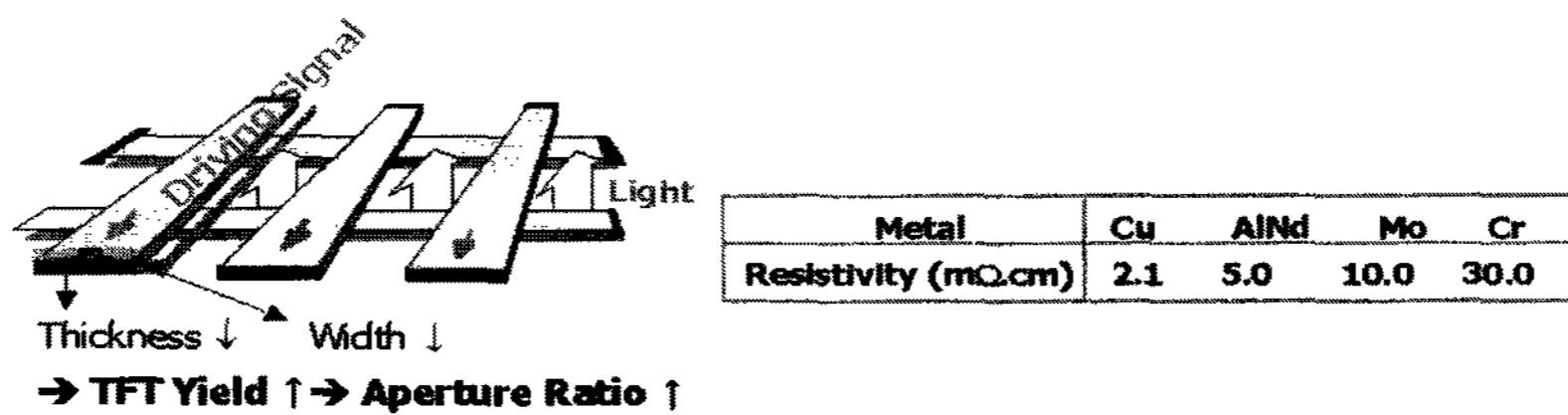
일반적으로 LCD TV의 콘트라스트는 800 : 1~1000 : 1 수준이지만, 홀드 방식으로는 역동적인 동영상을 표현하기에는 부족하다. 특히, IPS 모드는 VA 모드 대비 패널 자체의 콘트라스트가 다소 불리지만, [그림 8]의 ADIC 기술 도입으로 콘트라스트를 100% 개선된 1600 : 1 이상의 다이내믹 콘트라스트를 확보 할 수 있다.^[7] 이 기술은 영상신호 평균 레벨을 검출하여, 화상의 명암에 따라 백라이트 휘도를 변화시켜, 화상의 명암을 강조한다. 원본 화상의 평균 휘도가 밝

을 경우에는 블랙 부분을 더욱 확대시키고, 백라이트도 더욱 밝게 한다. 원본 화상의 평균 휘도가 낮은 경우에는 밝은 부분을 확대함과 동시에 백라이트 휘도를 낮춘다. 그렇게 하면 Peak 밝기에는 그다지 변화가 없지만, 블랙이 낮아져 더욱 선명한 화면이 되며, 백라이트 휘도도 떨어져 소비전력도 저감할 수 있게 된다.

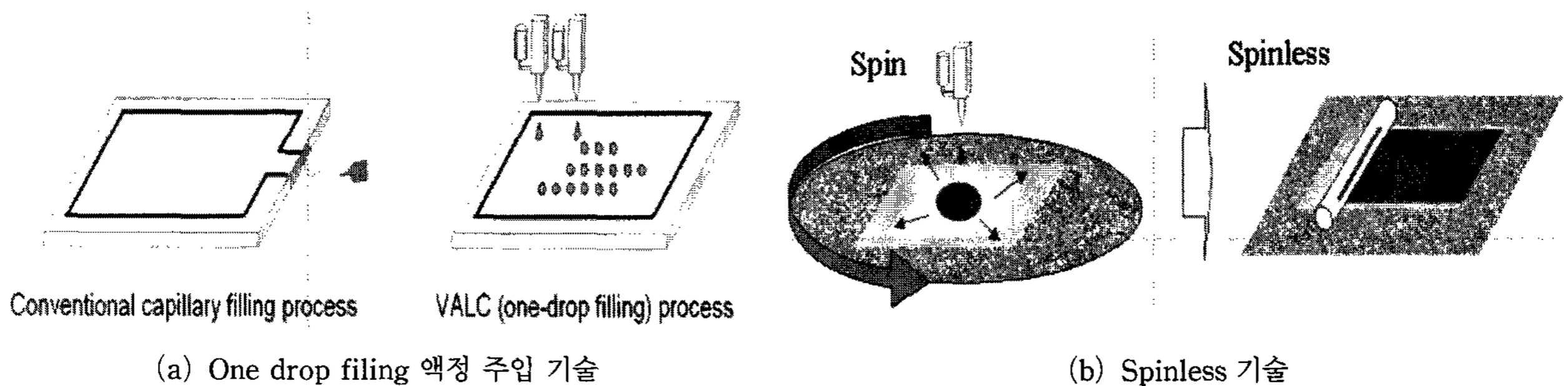
Ⅲ. 코스트 저감 기술

1. 대형 TFT-LCD 제조 기술

LCD TV의 확고한 시장 확대를 위해 코스트 저감이 불가피하다. 특히, 대형 기판의 채용으로 혁신적인 재료비 절감 및 생산성 향상을 위한 신공정 개발과 부품 개발이 진행

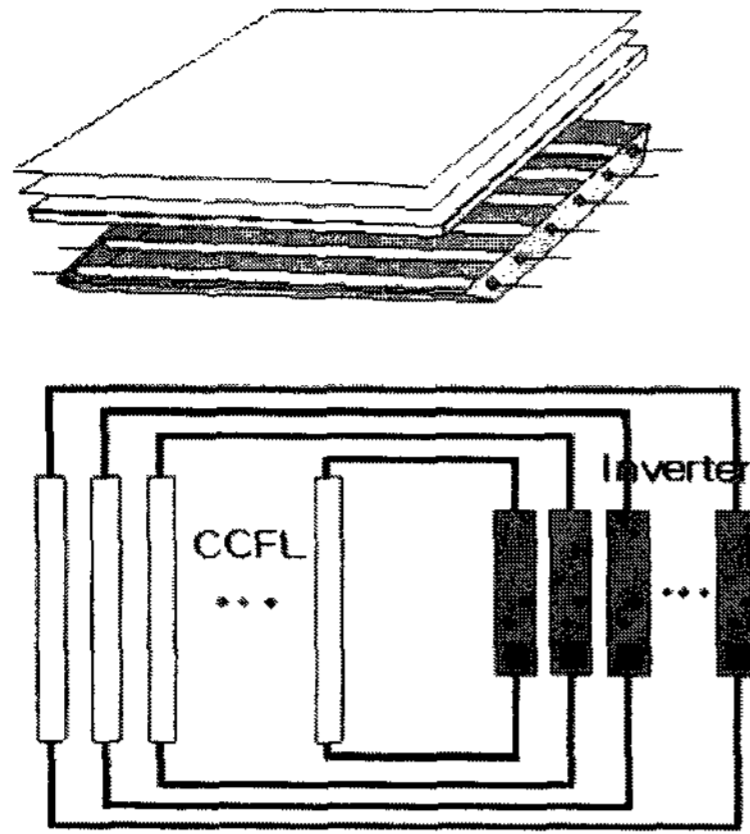


[그림 9] 대형 LCD TV에 적합한 Cu 배선 전극



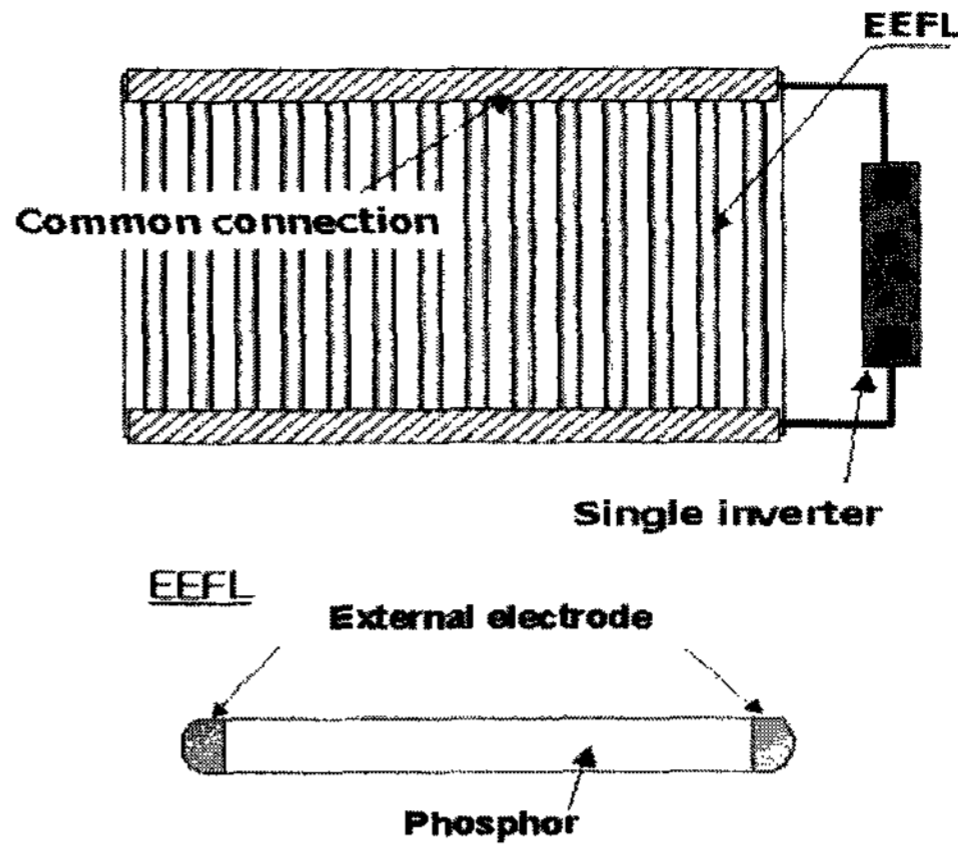
[그림 10] 대형 LCD TV을 위한 주요 생산 기술

CCFL director B/L



•CCFL : Cold Cathode Fluorescent Lamp

EEFL director B/L



•EEFL : External Electrode Fluorescent Lamp

[그림 11] 대형 LCD TV을 위한 백라이트 기술 비교

되어 왔다. 패널의 사이즈가 증대하므로 전체 화면의 균일한 화질 확보가 쉽지않다. 이를 위해 저 저항 배선(게이트, 테이타 라인)의 적용으로 TFT 충전 성능의 개선이 요구되고 있다. [그림 9]에서는 Cu 배선을 적용하므로 패널 개구율 증대는 물론 화질의 균일성도 개선 할 수 있다. 특히, 동영상 개선을 위한 프레임 주파수가 120 Hz로 증대될 경우, Cu 배선 활용이 클 것으로 기대되고 있다.

패널 사이즈 증대로 인한 액정 주입 공정의 혁신이 요구 되어 왔으며, [그림 10](a)의 액정 적하 방식의 적용은 종래의 진공주입 대비 주입시간, 액정 loss량 그리고 주입 얼룩 등에 유리하여, 그 생산성이 대폭 향상되고 있다. 또한, [그림 10](b)의 spinless 공정 개발은 기존의 spin 공정 대비 약70% PR 재료를 절약할 수 있으며, 공장의 크린룸 공간도 줄일 수 있는 장점이 있다.

2. 주요 부품 기술

LCD의 대형화 및 저가격화가 진행됨에 따라, LCD 모듈 원가의 50% 이상을 차지하는 백라이트 유니트 개선에 노력이 집중되고 있다. 특히, 기존 광원의 개선으로 원가 절감에 기여하고 있다[그림 11]. 냉음극 형광램프(CCFL)의 대형 LCD TV 적용을 위해서는 고휘도 및 균일성 확보를 위해 개별 인버터로 구동해야 하므로 원가상승의 문제점이 있다. 이는 외부전극 형광램프(EEFL) 적용으로 줄일 수 있다. EEFL 기술은 램프의 유리관이 콘덴스 역할을 하여 부특성 플라즈마의 전류를 제어 할 수 있기 때문에 다수의 램프를 동시에 병렬구동 할 수 있어 한 개의 인버터 만으로 구동 할 수 있다. 따라서 개별 인버터로 구동해야 하는 CCFL 대비 원가 절감에 있어서 크게 유리하다. 또한, EEFL은 내부의 금속전극을 사용하지 않고도 낮은 전류구동을 하기 때문에 수명이 긴 램프의 제작이 가능하고, 조립 공정이 단순하여 기구의 신뢰성 및 양산성이 높은 장점을 가지고 있다. 그의

대형 액정 TV의 색 재현율 및 동영상 개선을 위한 새로운 광원의 기술 개발은 물론 여러 개의 시트를 일체화하는 다기능 시트 개발 등도 활발히 진행되고 있어, 액정 TV의 가격 경쟁력 확보에 한발 더 다가서게 될 것이다.

IV. 맺 음 말

IPS 기술을 중심으로 하여 주로 TV 용도에 대한 최신 개선 상황에 관하여 고찰하였다. IPS가 본래 가지고 있는 중간조 영역을 포함한 광시야각 특성, 고색 재현성, 고투과율 기술 그리고 동화성능 개선 기술들을 개발해 왔다. 이후, IPS는 대형 TV 용도로서 최고의 화질, 성능을 실현할 수 있는 기술로서 보다 넓게 활용될 것으로 기대된다. 특히, 기술적인 측면에서 LCD TV의 동화 품질은 패널 응답 특성 향상 및 동화 흐려짐(Burring) 현상을 개선하는 여러 신기술들이 개발되어 PDP 동등 수준까지는 확보되어 왔다. 앞으로는 이들 기술의 적용에 따른 비용 상승 이슈가 남아 있지만, 조만간 원가 감소 기술을 통한 가격 경쟁력 확보를 통해 FPD TV 시장에서 IPS LCD TV의 활약을 기대해본다.

참 고 문 헌

[1] S.D. Yeo et al., Proc., SID'05 Digest, 1738(2005).
 [2] K. Ono et al., Proc., SID'05 Digest, 1848(2005).
 [3] J. Nakamura, Proc., Asia Display/IMID'04, (2004).
 [4] J.H. Kim et al., Proc., IMID'03. 27, 664(2003).
 [5] T. Furuhashi et al., Proc., SID'02 Digest, 1247(2002).
 [6] J.H. Kim et al., Proc., SID'04 Digest, 115(2004).
 [7] K.D. Kim et al., Proc., SID'04 Digest, 1548(2004)

저 자 소개



김 경 진(金慶鎭)

1989년 건국대학교 화학과 학사, 1991년 건국대학교 물리화학 석사, 1991년 LG전자, 전자관연구소 근무, 1993년 LG.Philips LCD 안양연구소 근무, 2000년~현재 : LG. Philips LCD 구미 개발 센터, 선형기술 책임연구원 근무.