

LCD의 대형화 기술

오창호 <LG, Philips LCD부 개발센터 TV개발 책임연구원>

1. 서론

미국, 일본 및 유럽을 중심으로 오랫동안 검토가 진행되어 왔던 HDTV(High Definition TV)가 2005년을 본격적인 상용화의 원년으로 하여 각국에서 많은 활동이 이루어지고 있다. HDTV 보급에 있어서, 핵심적인 부분을 차지하고 있는 Display는 지난 백 여년간 그명맥을 유지하여 오던 CRT(Cathode Ray Tube)가 Display의 Size 및 해상도면에서 그 한계를 드러냄에 따라 그 퇴조를 선언하고, 대체 Device의 출현을 기대하고 있다. 특히 기술 개발의 중심이 되고 있는 플라즈마 디스플레이(PDP, Plasma Display) 및 LCD(Liquid Crystal Display)는 평판 디스플레이로서의 장점으로 차별화되어 그 발전가능성에 많은 관심을 받고 있으며, 그로 인한 약진이 두각을 나타내고 있다.

PDP에 있어서 현재 기술 개발에 중심이 되고 있는 부분으로 화질 향상, 고해상도화, 신뢰성의 개선, 생산성 향상과 더불어 Size의 한계에 대한 도전이 계속적으로 되고 있으며, 지난해를 기점으로 본격적인 상용화를 시작, 한국, 일본을 중심으로 지속적인 많은 투자가 이루어지고 있다. LCD의 경우는 95년 본격적인 상용화가 이루어진 이후, Notebook PC용 Display에서 Desktop PC용 Monitor를 거쳐, 지금은 대형 LCD TV의 시대를 맞이하고 있다. 특히

최근의 한국 기업을 중심으로 LCD TV의 Size에 대한 도전이 경쟁적으로 이루어져, HDTV급의 대각 50"인치 급의 초대형 LCD TV의 가능성을 증명하였다. 이러한 기술적인 상황과 맞물려 한국, 일본, 대만에서의 LCD에의 초대형 투자가 계속적으로 이루어지고 있으며, Glass의 Size가 2[m] 보다 큰 8세대 Line의 등장도 현실화 될 것으로 예상된다. 수요공급 측면에서는 과잉공급(Oversupply)이 예상되어 LCD제품의 생산구조가 기존 Notebook, Desktop PC용 Monitor에서 단위 Glass 면적 사용량이 크고 새로운 시장으로 부각되어지고 있는 LCD TV의 변경을 Drive하고 있다.

그림 1에 자사의 LCD TV 제품에 대한 개발/생산 이력을 표시하였다. 2002년 15", 17" Wide, 20" 등의 소형모델을 시작으로 LCD TV용 Module 생산을 하였다. 또한, 약 1년여의 활동을 통하여, 당시 세계최초로 30" Wide XGA model을 성공적으로 개발, 대형 TV에서의 LCD TV와 PDP TV와의 경계선을 40"급 이상으로 상향 조정하게 하는 성과를 거두기도 하였다. 계속해서 2003년 말에는 세계최초로 HDTV급 52" LCD TV를 개발, 50" 이상의 LCD TV가 기술적으로 실현 가능함을 증명하였다 [1].

과연 LCD TV에 있어서 Size의 한계는?

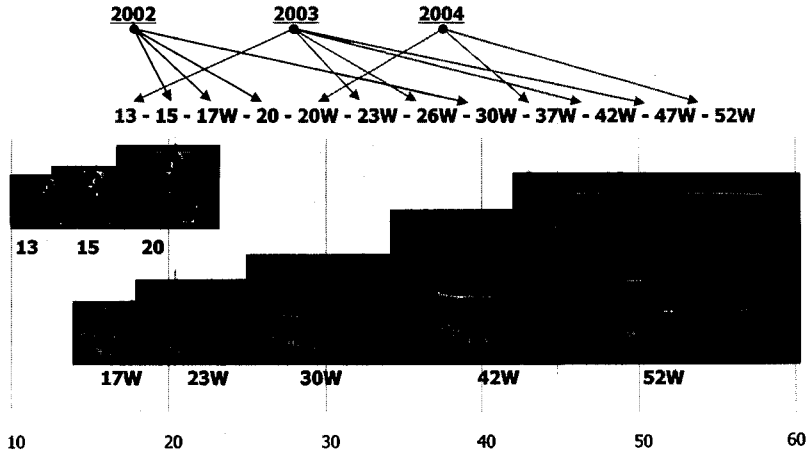


그림 1. LCD TV 제품의 개발/생산 이력

2. 52" LCD TV에 적용된 핵심기술

표 1에 LCD TV에서 요구되어지는 Display 사양 (Specification)를, 표 2에는 세계 최초로 자사가 개발한 52" LCD TV의 사양(Specification)을 나타내었다. 52" LCD TV는 세계 최초로 자사의 제5세대 생산 Line(Glass Size : 1000 × 1200mm)에서 개발되었다. LCD TV로서 요구되는 주요 성능으로 전방위 시야각에서도 화상의 특성이 변화되지 않는 광시야각 특성(170도 이상), 동화상을 표현하기 위

한 고속 응답 특성(16msec 이하), 밝은 화면 (500nit 이상), 고색재현성(NTSC 72% 이상) 및 고Contrast(500 : 1 이상) 특성이 있다. 52" LCD TV는 이러한 특성면에서 가장 우수한 성능을 실현할 수있는 Super IPS(In Plane Switching) Mode를 기본기술로 하여, 대각선 시야각 개선을 위한 TW (True Wide) IPS기술, 고속응답 대응을 위해 저점도의 액정(Liquid Crystal)을 기본으로 ODC (Over Driving Circuit) 기술을 적용하였으며, 대형 Panel제작을 위하여 필수적인 기술인

표 1. LCD TV에 요구되는 사양

| Factor | Requirement |
|--------------------------------|---------------|
| Viewing Angle | > 170° |
| Motion Picture (Response Time) | < 16 msec |
| Brightness | > 500 nit |
| Color Saturation | > 72% of NTSC |
| Contrast Ratio | > 500:1 |

표 2. 42" 와 52" LCD TV의 사양

| Spec. | LC420W01-A4 | LC520W01-A4 | Remark |
|-------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Screen Size | 42" (913.2 × 548.352 mm) | 52" (1152 × 648 mm) | |
| Aspect Ratio | 15 : 9 | 16 : 9 | |
| Resolution (HxV) | 1280 × RGB × 768 | 1920 × RGB × 1080 | Full High Definition TV |
| No of Pixel | 2.9M Sub-pixels | 6.2M Sub-pixels | |
| Brightness | 500nit | 500nit | Direct B/L |
| Contrast Ratio | 600:1 | 600:1 | typ. |
| Color Saturation | 72% | 72% | EBU 100 % |
| Viewing Angle | 176 / 176 | 176 / 176 | Super IPS Mode |
| Response Time | ≤ 12 ms (any gray) | ≤ 12 ms (any gray) | Fast LC & ODC |
| Color Temperature | 9300 K | 9300 K | |
| power Consumption | 300W | 350W | |
| LCM Size | 994(W) × 641(H) × 55.8(t) | 1,228(W) × 743(H) × 56.2(t) | |
| Weight | 16 Kg | 22 Kg | |

Stiching-free 기술 및 VALC(Vacuum Alignment with Liquid Crystal, 일명ODF 기술 : One Drop Filling)이 적용되었다.

2.1 Super-IPS(S-IPS) Technology

LCD에 있어서 광시야각을 구현할 수 있는 기술로는 Cell Gap내의 액정거동 방식에 따라 횡전계에 의한 액정구동 방식인 IPS(In Plane Switching) Mode와 종방향에 전계에 의한 VA(Vertical Alignment) Mode로 구분된다.

52"에서 자사는 VA Mode대비 좋은 특성과 성능을 가지고 있는 Super IPS mode를 표준으로 하여 개발을 진행하였다. 그림 2에 두 Mode의 특성 비교를 레이더차트에 나타내었다. Mode의 기본특성에 기인하여 Contrast Ratio 면에 있어서는 개선할 여지가 있으나(2), 나머지 특성면에서는 우수함을 나타

낸다. 특히 시야각에 따른 화질의 변화에 있어서, 색변화(Color Shift) 특성, 반치각(Half Contrast) 특성 및 색온도(CCT) 특성등의 면에서, Super IPS Mode가 기존의 CRT와 동등수준의 성능을 나타냄을 알 수 있다. 또한, 고속 응답 특성에서도 자사에서 저점도 액정을 사용하여 세계최초로 on-off 특성 16(msec)을 달성하여, VA mode 대비의 우월한 특성을 유지하고 있다.

2.2 True Wide IPS(TW IPS) Technology

Mode의 특성상반드시 보상필름을 사용하여야 하는 VA Mode와는 달리 IPS Mode는 보상필름을 적용하지 않아도, 상하좌우 방향에서의 시야각 특성에 있어서는 보상필름을 적용한 VA Mode 대비하여 우수한 특성을 나타내고 있다. 그러나, 보상필름을 사용하지 않은 이유로 화면의 대각선 방향에서는 편광판

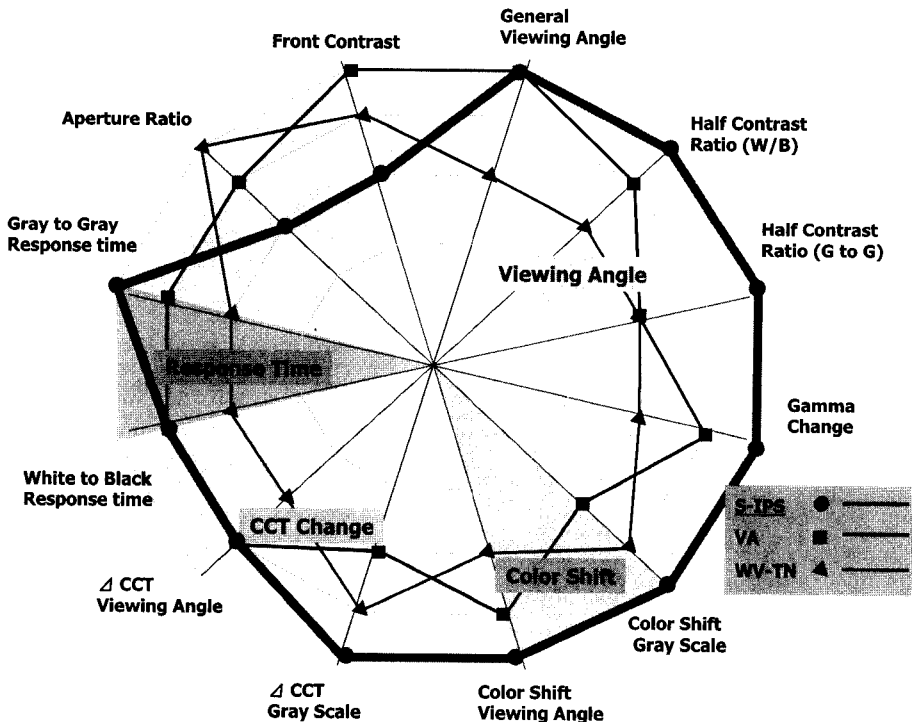


그림 2. Super IPS, VA 및 WV-TN mode의 비교

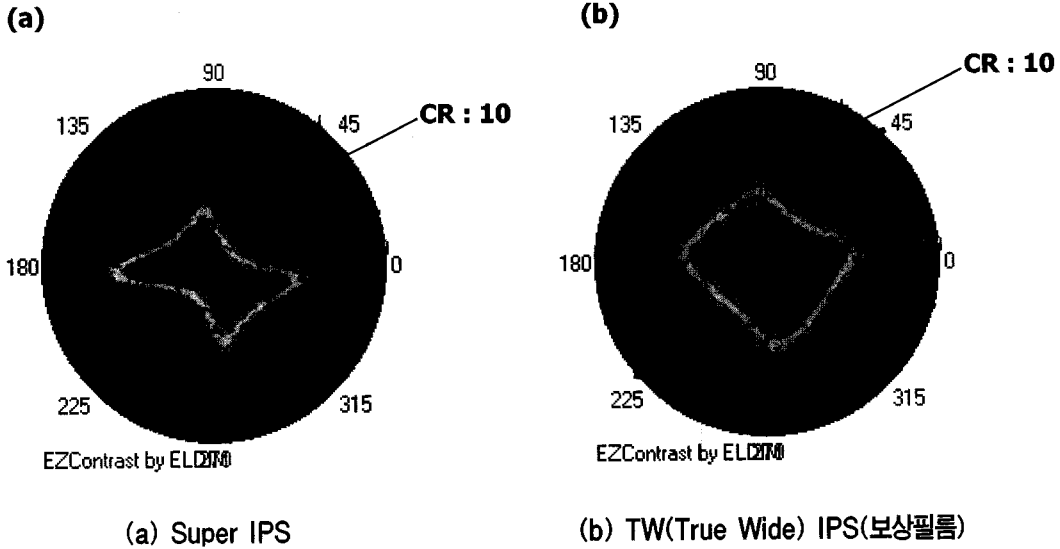


그림 3. 시야각에 따른 Contrast 특성

흡수축의 Cross 상태가 이루어지지 않게 되고, 이로 인하여 완벽한 Black 상태가 형성되지 않게 된다. 이와 같은 특성은 VA와 마찬가지로 IPS에서도 보상필름을 적용함으로써 개선할 수 있게 된다. 그림 3에 기존의 Super IPS와 Super IPS에 보상 필름을 적용하여(TW IPS : True Wide IPS) 시야각에 따른 Contrast Ratio를 측정된 결과를 나타내었다. 기존의 좋은 특성을 나타내는 상하좌우 방향 뿐만 아니라 대각선 방향에서도 시야각 특성이 향상된 것을 알 수 있으며, 10 : 1 기준의 Contrast Ratio에서 뿐만 아니라 100 : 1 기준의 Contrast Ratio 특성을 비교하여도 VA의 125도 대비 TW IPS는 160이상의 특성을 나타냄으로서 명실 상부한 시야각 Free의 특성을 달성하였다[3].

2.3 고속응답 특성(Fast Response Time)

LCD에 있어서 고속응답 특성을 달성하기 위하여 크게 두가지 접근방법이 있다. 첫번째로 액정(Liquid Crystal)과 관련된재료와 Cell Parameter를 조정하는 방법이 있다. 액정의 응답속도는

Rising Time(T_r)과 Falling Time(T_f)로 구성되는데, 그 각각은 다음과 같은 식에 의하여 규정된다.

$$T_r = \frac{\gamma_1}{\epsilon_0 \Delta \epsilon} \frac{V_1}{\frac{V^2}{l^2} - \frac{\pi^2 K_2}{d^2}} \quad T_f = \frac{\gamma_1 d^2}{K_2 \pi^2} \quad (1)$$

여기서, 응답속도를 줄이기 위하여 중요한 접근 가능한 방법으로 액정의 회전점도(1, Rotational Viscosity)을 줄이는 방법과 액정 Cell의 Cell Gap (d)를 줄이는 방법이 고려될 수 있다. 이러한 액정의 신재료 및 Cell Parameter 조정을 통하여 On/Off 응답속도 12[msec]를 달성 할 수 있었다[4].

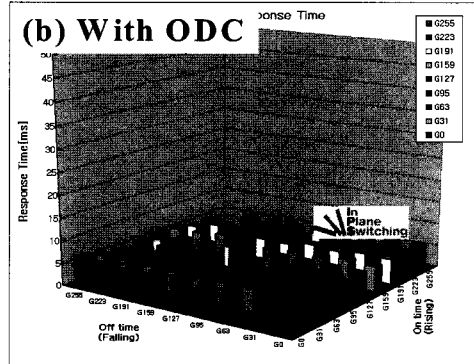
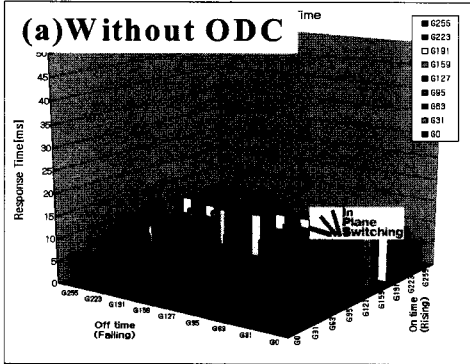
두번째 방법으로, 구동회로 기술이 있다. ODC (Over Driving Circuit) 기술로 일컬어지는 기술로서 액정의 특성상 고전압에서의 응답특성이 빠른 사실을 이용하여, 실제전압을 가하기 전, 전 Frame에서 실제의 전압보다 고전압의 전압을 가함으로써 액정을 거동특성을 향상시키는 기술로서, 이러한 ODC 기술의 적용에 의하여, 중간계조(Intermediate

▷ White to Black Response Time = 12.0 (ms)
▷ Gray to Gray Response time = Ave. = 9.3 (ms)

| | | Rising Time | | | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | G255 | G223 | G159 | G95 | G53 | G1 | 0 | |
| Falling Time | G255 | 9.0 | 4.8 | 4.8 | 4.7 | 5.0 | 5.3 | 5.5 | 5.6 |
| | G223 | 11.0 | 10.2 | 10.0 | 8.4 | 9.8 | 9.4 | 9.9 | 10.3 |
| | G159 | 11.4 | 10.6 | 11.0 | 11.1 | 11.0 | 12.0 | 12.1 | 12.9 |
| | G95 | 10.7 | 10.6 | 10.9 | 14.0 | 10.9 | 12.3 | 13.9 | 13.4 |
| | G53 | 9.0 | 8.9 | 8.9 | 7.9 | 9.8 | 11.0 | 11.9 | 11.6 |
| 0 | 7.6 | 7.2 | 6.9 | 7.1 | 7.7 | 8.0 | 9.4 | - | |
| | | 6.4 | 6.1 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.5 | 5.3 | - |

▷ White to Black Response Time = 12.0 (ms)
▷ Gray to Gray Response time = Ave. = 5.3 (ms)

| | | Rising Time | | | | | | | |
|--------------|------|-------------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | G255 | G223 | G159 | G95 | G53 | G1 | 0 | |
| Falling Time | G255 | 4.6 | 4.9 | 4.6 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.3 | 5.5 |
| | G223 | 4.5 | 5.7 | 4.7 | 4.8 | 5.2 | 5.1 | 5.5 | 5.4 |
| | G159 | 5.3 | 5.4 | 6.1 | 4.6 | 5.3 | 5.3 | 5.9 | 5.6 |
| | G95 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.9 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.6 |
| | G53 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.5 | 5.5 | 5.3 | 5.9 | 5.4 |
| 0 | 4.6 | 5.3 | 5.4 | 5.4 | 5.2 | 5.4 | 5.0 | 5.5 | |
| | | 5.2 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.2 | 5.3 | 5.2 | - |
| | | 5.4 | 6.1 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.5 | 5.3 | - |



(a) ODC기술 적용 전

(b) ODC 기술 적용 후

그림 4. 응답속도

Gray Level)에서의 응답속도를 On/Off Level로 향상할 수 있게 되었다.

그림 4에 최적화된 재료 및 Cell Parameter로 설정되어진 Panel의 응답속도 측정결과를 나타내었다. (a)의 ODC회로 적용전 특성에서 중간계조 응답속도가 최대 14[msec], (b)와 같이 ODC회로 적용을 통하여 최대 6.4[msec]의 응답속도를 달성하였다.

2.4 Sticking Free Technology(Mask 접합 노광기술)

52"의 경우 Panel 자체의 크기를(1178 × 674mm) 보더라도 TFT 공정의 Photo Aligner의 Photo Mask 보다도(520 × 800mm, MPA 6000기준) 크게 된다. 이로 인하여 한번의 노광으로 52" 한 개의 Panel 전영역을 Cover 할 수 없게 되어, Mask 접합 노광기

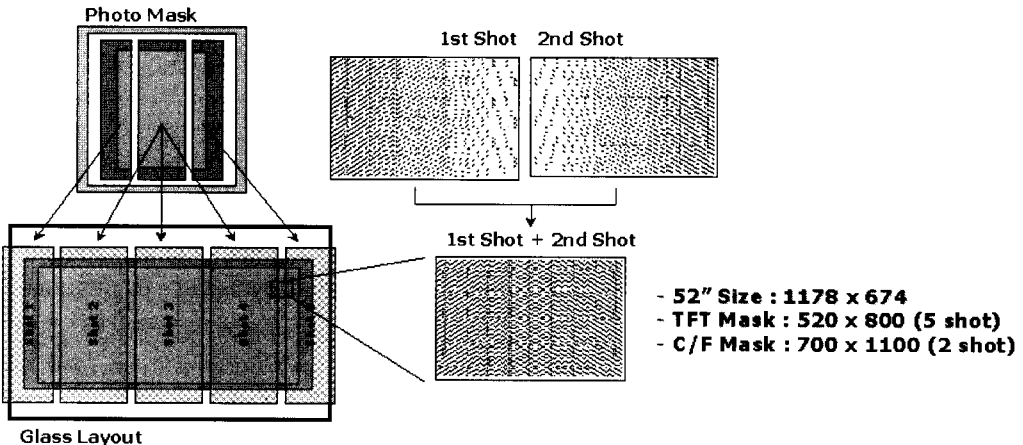
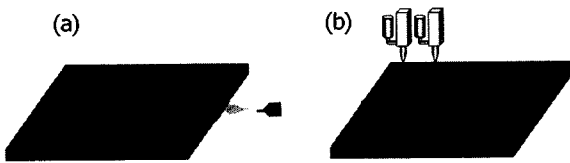


그림 5. LEGO Shot의 원리(Sticking-Free Technology)

술이 필요로 하게 된다. 기존의 Mask 접합 노광기술의 경우는 접합부분의 좌우 노광공정 편차에 의하여 접합 부분이 보이게 되는 문제가 발생된다. 이번 52"의 경우는 이러한 기존 노광기술의 문제를 해결할 수 있는 LEGO Shot이라고 하는 기술이 적용되었다. 그림 5에 그 원리를 나타내었다. LEGO Shot 기술은 접합에서 좌우측의 접합밀도를 순차적으로 줄이거나 늘리어서 전체적으로 노광공정 편차를 넓게 퍼뜨려 관측되지 않도록 하는 기술이다. 52"는 TFT측 5 LEGO Shot과 C/F측 2 LEGO Shot으로 제작하였다.

2.5 VALC Technology

액정주입공정에도 새로운 기술이 적용되었다. 그림 6의 (a)와 같이 기존의 진공주입 방법으로 52"의 Panel에 액정을 주입하기 위하여는 40여시간의 주입시간이 필요로 되어지게 된다. 또한 액정주입을 위하여 장비에서 진공을 형성할 때에 Glass에 진공에 의한 압력이 발생하여 Glass가 파손되어 수율에 치명적인 문제를 야기하게 된다. 이러한 문제점을 개선하기 위하여, Cell Gap내에 형성되는 부피를 계산하고, 이 부피에 해당하는 액정량을 정확히 Control하여, 필요량의 액정을 적하하는 VALC(일명 ODF, One-Drop Filling) 기술을 세계 최초로 개발하였다. 이 기술로 인하여, 52" Panel의 액정 주입을 8분의 시간내에 진행할 수 있게 되었고, 기존의 진공주입 장비 대비 장비의 크기도 작게 제작이 가능, Clean Room 내의 공간 이용효율도 높일 수가 있었다.



(a) 기존의 진공주입 방법(Capillary Process)
 (b) VALC(One-Drop LC) Proces

그림 6. 액정 주입 공정

3. 결 론

대형 평판 디스플레이는 HDTV의 전개와 LCD TV의 약진으로 지속적인 성장이 기대되고 있다. 자사는 세계 최초로 50"이상의 초대형 LCD TV의 개발에 성공하였다. 52" LCD TV는 광시야각 기술 중에 가장좋은 성능을 나타내는 Super IPS 기술을 기본으로 하여, TW(True Wide) IPS 기술, 고속응답 기술, LEGO Sticking-Free 기술 및 VALC기술을 적용하여 기술의 우위성을 입증하였다. 그림 7에 52" LCD TV와 15" LCD Monitor를 나타내었다.

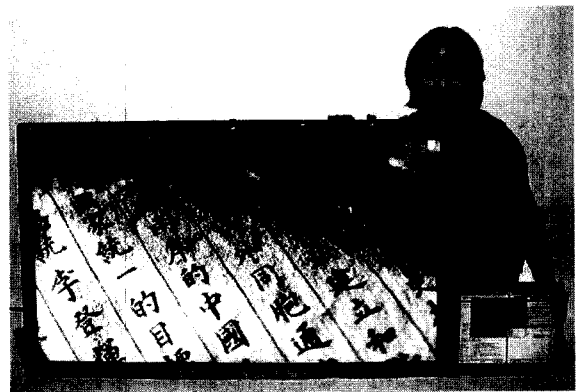


그림 7. 52" LCD TV와 15" LCD Monitor

참 고 문 헌

[1] S. D. Yeo, H. C. Choi, C. H. Oh, H. M. Moon, W. S. Kim and K. S. Park : "Super Large Sized TFT-LCD(52-inch) for HDTV Application"(Invited Paper) Society for Information Display(SID) 2003 Int'l Symposium, Baltimore, Digest of Technical Papers Vol. 43, (2003) 1196.

[2] J. H. Kim, J. H. Lee, J. C. Lim, C. H. Lee, M. H. Song, J. Y. Yoon, H. D. Choi, J. J. Kim, C. H. Oh, S. D. Yeo : "Novel Technologies for Achieving a Contrast Ratio of over 1:600 in IPS Mode" Society for Information Display(SID) 2004 Int'l Sympos-

◇ 저자 소개 ◇



오창호(吳彰浩)

1989년 서울대학교 전기공학과 졸업.
 1991년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 금성사(주) 입사.
 1991년 ~ 2004년 LG. Philips LCD 현재 Panel설계팀 책임연구원. 1997년 ~ 2000년 동경공업대학 전자물리공학과 졸업(박사). 2001년 AMLCD Best Paper Award.

- ium, Baltimore, Digest of Technical Papers Vol. 35, (2004) 115.
- [3] J. H. Kim, T. W. Ko, J. H. Lee, H. C. Choi, C. H. Oh: "TW(True Wide)-IPS for Improvement of Display Performance in Large Size TV Application" International Meeting on Information Display 2003, Proceedings of the 3rd International Meeting on Information Display, (2003) 664.
- [4] C. S . Lim, J. H. Lee, C. H. Oh, H. C. Choi : "Development of Fast Response Time (16msec) in IPS mode" International Meeting on Information Display 2003, Proceedings of the 3rd International Meeting on Information Display, (2003) 68.