기 술 특 집

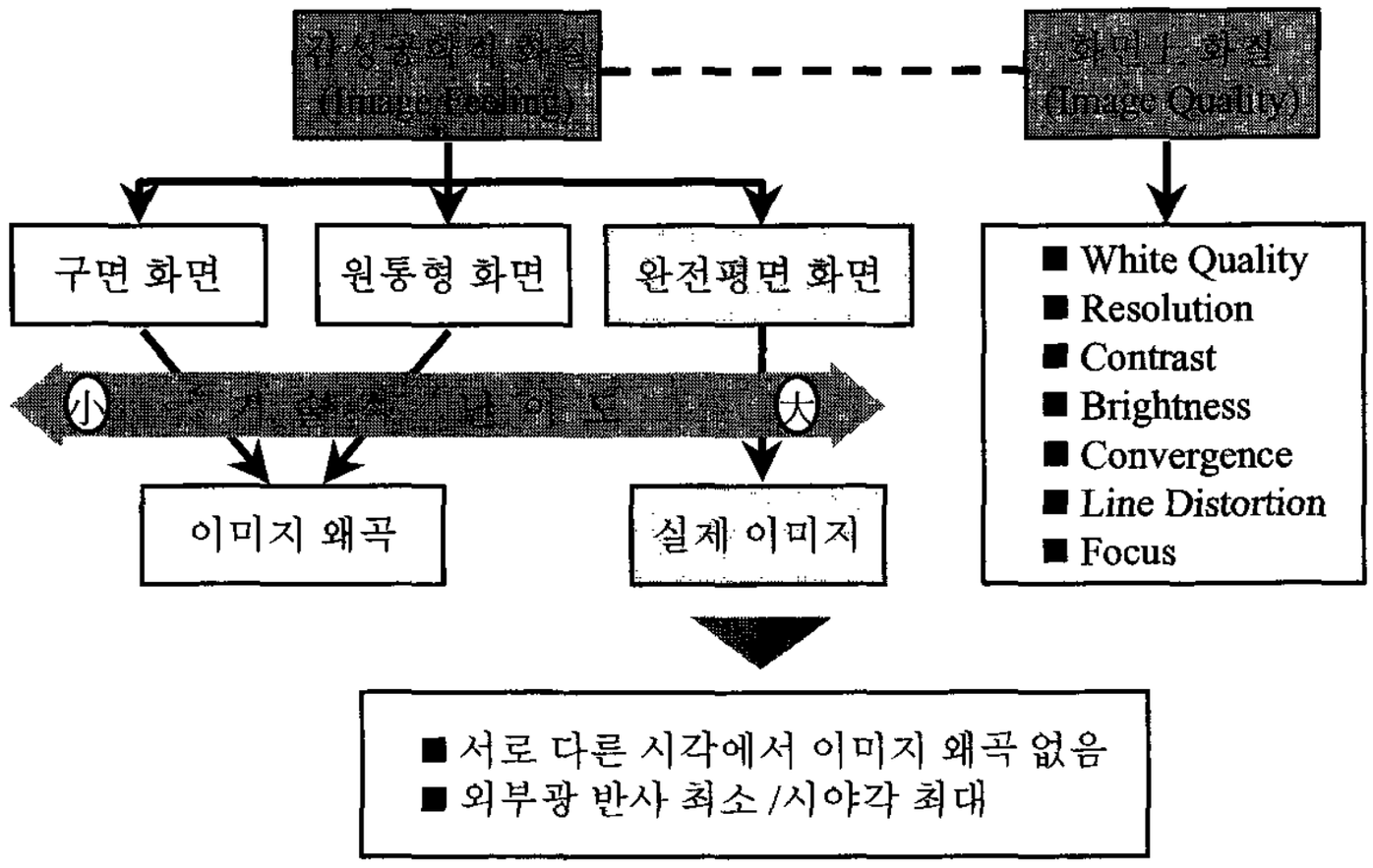
平面 CRT의 技術 動向 및 向後 課題

고 남 제 수석연구원(LG.Philips Displays, Device 연구소)

最近 flat CRT의 開發이 사용자의 인간공학적 편리성 요구와 동화상의 시인성에 대응하기 위하여 다양하게 진행되고 상품화되었다. 구조적으로 보아 기존의 성형 마스크 방식의 평면 CRT는 더 평평해진 마스크에 대응하여, 또한 인장형 마스크 방식의 평면 CRT는 HDTV등 고품격 display에 대응하여 새로운 기술을 개발하여 적용하고 있다. 마지막으로 CRT depth의 축소 및 가격 경쟁력 확보를 위한 향후 과제를 간략히 논하였다.

Ⅰ. CRT의 궁극적 모델 : 평면 CRT

디스플레이 장치로서 CRT는 평면 스크린 상 또는 종이에 인쇄된 것과 같은 이미지를 제공하는 것을 궁극적인 목적으로 하고 있다. 지금까지의 CRT는 구형이나 원통형의 화면에 화면 상 화질(image quality)를 향상시키는 데 기술을 집중해 왔었다. 그러나 종이 인쇄물과 같은 이미지의 느낌을 받기 위해서는 곡률진 화면이 아닌 완전평면 화면 상에서 image quality가 구현이 될 때 비로소 느낄 수가 있는 것이다. 〈그림 1〉에 나타낸 것과 같이 곡률을 가진 CRT에 비해 평면 CRT는 외부광의 반사가 적어 눈에 성가심이 없고 눈의 피로를 줄일 수 있고 작업 효율도 높일 수 있다. 또한 서로 다른 시각에서 화상을 보았을 때 생기는 부자연스러운 왜곡이 없고 화상을 볼 수 있는 시야각도 최대로 늘릴 수 있다[1].



〈그림 1〉 이상적인 화살 제공 CRT모델

1. 외부광 반사 최소화

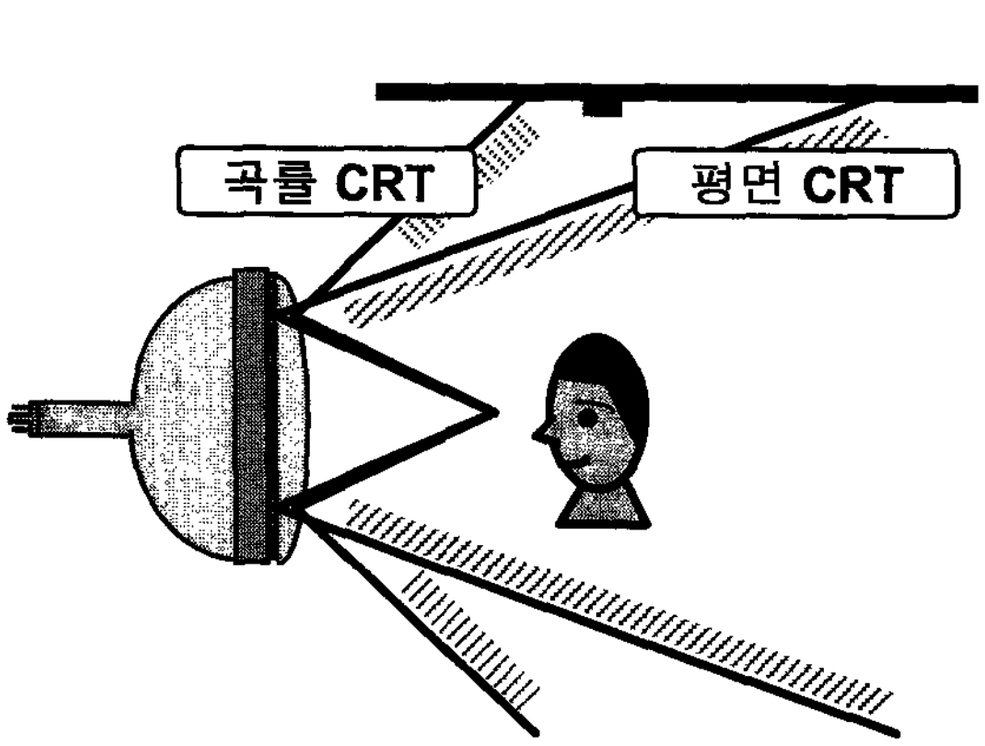
대부분의 PC작업 환경에서 주위 조명은 사용자의 바로 위쪽에 위치해 있다. 곡률이 있는 CRT라면 볼록 거울과 같은 작용을 하여 그 빛이 바로 화면에 반사되어 사용자의 눈에 비치게 된다. 또한 〈그림 2〉와 같이 반사되는 조명의 위치가 사용자 근처에 있기 때문에 반사되는 빛의 세기가 세다. 그러나 평면 CRT의 경우 반사가 되더라도 멀리 있는 조명에서 나오는 빛이 반사가 되기 때문에 그 세기가 약하다. 반사된 빛은 눈의 피로를 유발할 뿐 아니라 작업에 성가시기 때문에 작업효율도 떨어뜨린다. Chang(1998)은 평면 CRT와 기존 곡률 CRT에서 작업 수행도를 비교한 결과 평면 CRT에서의 작업수행도가 좋다는 것을 실험적으로 증명하였다[2].

2. 왜곡이 없는 화상 제공

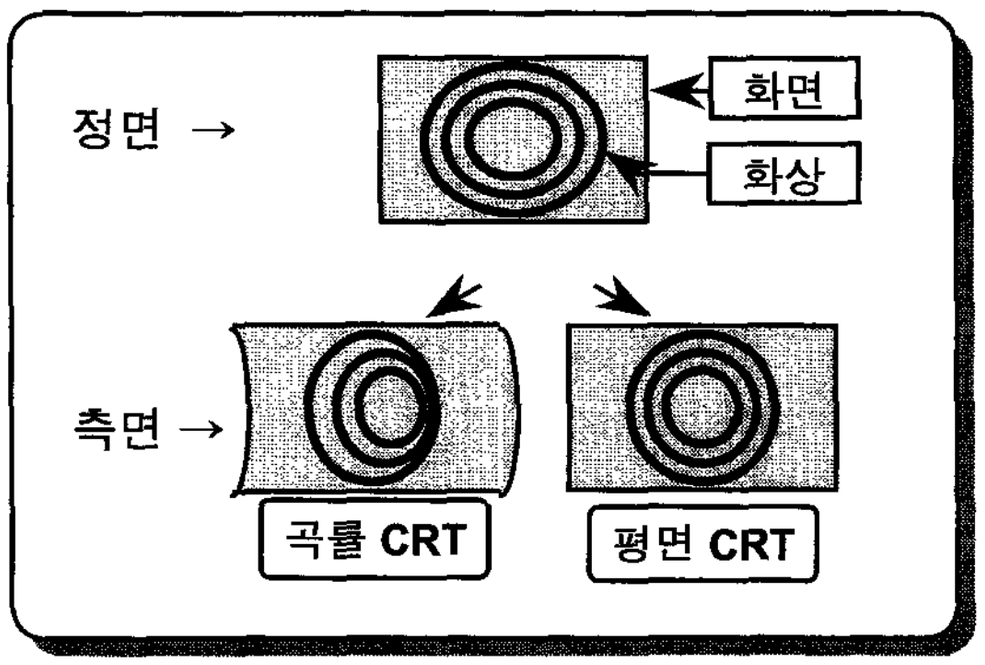
CRT를 정면에서 봤을 때는 곡률이 있는 경우나 평면인 경우나 모두 화상의 왜곡이 발생하지 않지만 시야각이 커질 때는 곡률이 있는 CRT는 화상의 왜곡이 발생하는 반면 평면 CRT의 경우는 화상의 왜곡이 거의 없다. 〈그림 3〉은 화면상에 나타난 동심원을 볼 때의 화상을 그림으로 나타낸 것이다[3].

3. 최대 시야각

많은 사람이 TV를 시청하거나 CRT에서 제시되는 정보를 이용하여 발표를 하는 경우 화면



〈그림 2〉 CRT형태에 따른 외부광의 반사 모형



〈그림 3〉 시야각에 따른 이미지 형상

을 바라보는 각도가 커서 화면이 잘 안 보이는 경우가 발생할 때도 있다.

평면 CRT는 유효 시야각을 180도 최대로 확장시킨다.

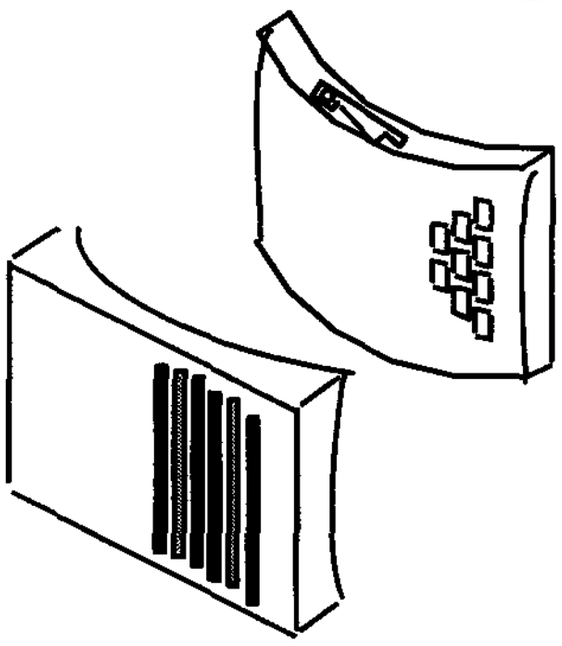
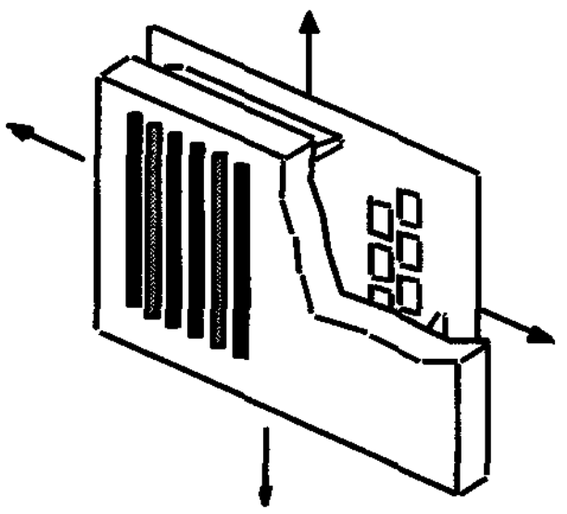
Ⅱ. 평면 CRT : 구조적/기술적 측면의 고찰

현재까지 개발된 평면 CRT르 성형된 마스크를 사용하여 전면 유리 내면에 곡률을 준 평면방식 CRT와 인장 마스크를 사용한 평면방식의 완전평면 CRT로 구분을 하여 정리하면 〈표 1〉과 같다.

1. Panel

성형방식으로 새도우 마스크를 제작할 때는 외부 충격과 전자빔에 의한 열변형을 감안하여 dome형상으로 곡률지게 만들어 주는 것이 좋다. 새도우 마스크가 곡률을 가지고 있으면 이에 상응하여 형광체가 도포되는 panel의 내면에 곡률을 주는 것이 color purity를 위해 좋다. 따라서 mask forming 방식에서는 panel 외면은 완전평면으로 할 수 있을지라도 내면은 shadow mask의 곡률과 상호 보완적인 관계가 있기 때문에 image quality 및 제조생산성을 감안하여 최적의 설계의 곡률을 가지도록 해야 한다. 즉, panel 유리의 중앙부 두께와 주변부의 두께의 비인 wedge ratio를 적절히 설정한다. 이 패널유리는 프레스 성형방식에 의해 제작이 되는데 내면곡률의 산포가 약 300~500 μm 정도 발생한

〈표 1〉 평면 CRT의 유형

성형 마스크방식 평면 CRT	인장 마스크방식 평면 CRT
내면곡률 외면평면 패널 유리	내외면 완전 평면 유리
패널 Wedeg율 : 1.8~2.5	패널 Wedeg율 : 1.0~1.3
성형(Forming)방식 마스크	인장(Stretching) 마스크
	
LG 전자 "FCD" 삼성전자 "IFT" 도시바 "FSB" 마쯔시다 "NF"	LG 전자 "Flatron" 소니 "FD Trintron" 미츠비시 "NF" 마쯔시다 "PF"

다. 내면곡률의 정밀도는 전자빔이 형광체의 제 위치에 도달하도록 하는 화상품질의 중요한 요소로서 패널유리의 wedge ratio가 클수록 유리의 냉각속도 차이에 의해 곡률의 산포가 심하게 생겨 정밀도가 떨어지며 glass bulb maker의 생산성을 저하시킨다. 또한 panel 중앙부와 주변부의 두께 差가 아주 크기 때문에 빛의 투과율 차이를 유발하며 clear glass의 적용이나 외면 coating을 panel 위치에 따라 다른 두께로 하는 소위 G-coating의 적용이 필요하다. CRT의 경우 panel의 wedge ratio를 무한정 작게 가져갈 수는 없기 때문에 대개 1.8~2.5 정도의 wedge ratio를 가진다. 이에 반해 인장 마스크방식의 flat CRT는 1.0~1.3 정도의 wedge ratio를 가지고 있다. 빛의 굴절에 의한 image rising 현상을 고려하여 가장 평면감이 있는 경우가 panel의 wedge ratio가 1.1임을 감안한다면 이 방식의 panel은 image quality 측면, 평면감 측면에서 모두 우수하다. 그러나 wedge ratio가 적은 평면 CRT에서 진공압을 유지하기 위해서는 강화 glass 기술이 채용이 필수적이다.

2. Shadow Mask

CRT의 경우 통상 120~150 ㎛ 두께의 mask 재료를 적용하고 있다. 그러나 이보다 flatter한 내면곡률을 갖는 방식의 shadow mask는 외부 충격에 대해 형상을 유지할 수 있는 강도를 내기 위해 180~250 ㎛의 두께를 적용하고 있으며 이는 mask maker에게는 에칭과 관련된 생산성 문제를 제기하고 있다. 또한 전자빔의 충격에 의한 열에 의해 생기는 doming 현상에 견디기 위해서는 INVAR mask材의 적용이 필수이며, 강도유지를 위한 방안이 mask 성형 時 또는 mask를 frame에 접속할 때 여러 가지로 강구되어 적용되고 있다. AK mask재료를 인장함으로서 완전평면을 具現하는 방식의 CRT는 강도 유지 및 doming현상에 대응하는 데 상당한 강점을 가지고 있다. mask의 tension은 전자빔의 열 발생에 의해 생기는 mask의 열팽창을 흡수하며, 얇은 mask 두께로서도 충분히 강도와 doming에 견뎌낼 수가 있다. 그러나 이 방식의 CRT는 mask의 tension에 견딜 수 있는 고강도 mask 지지체 설계가 중요하다.

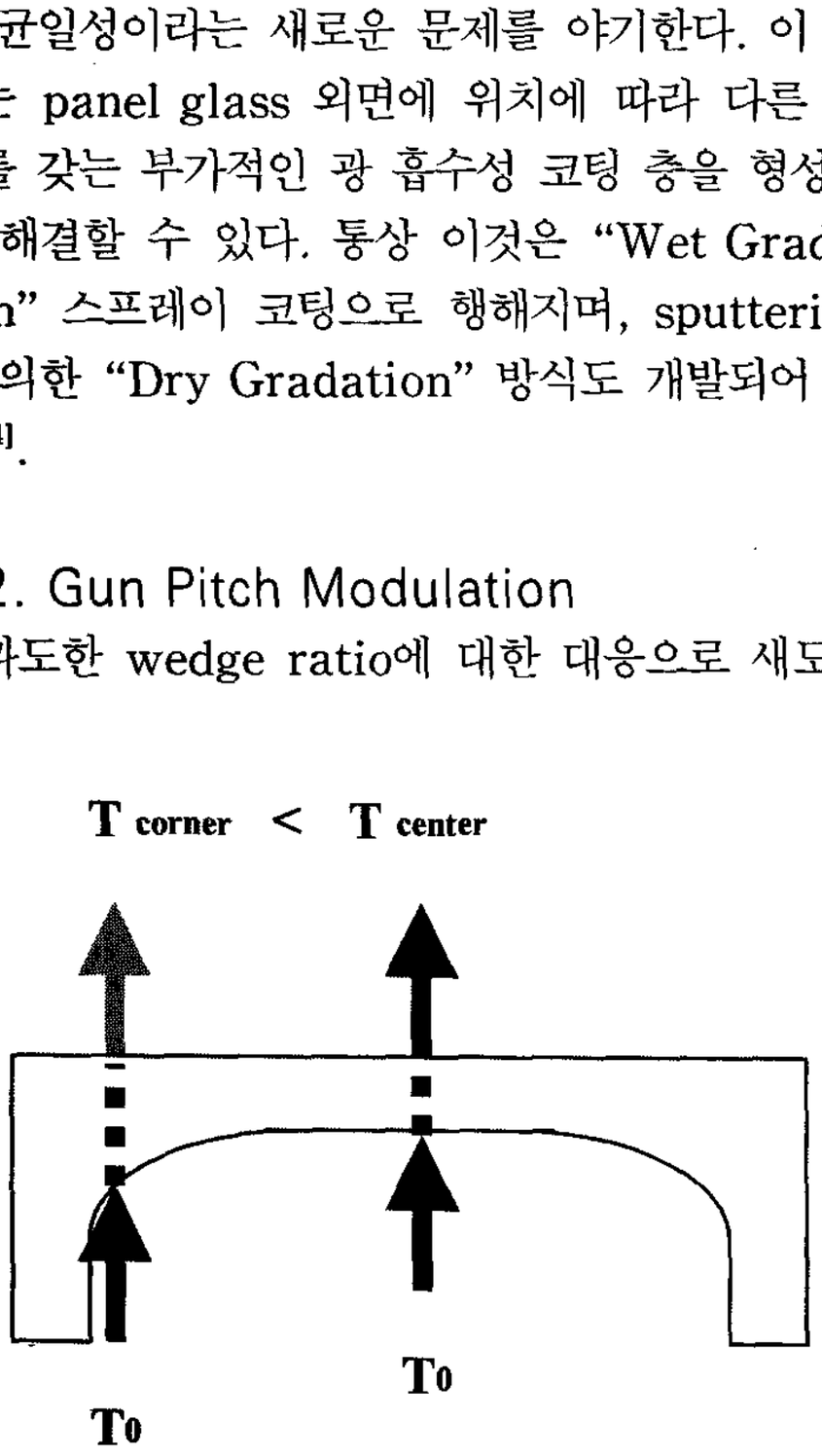
Ⅲ. 성형 마스크를 적용한 내면 곡률 평면화 방식 CRT의 기술 動向

1. Gradation Coating

wedge ratio가 큰 성형 마스크 방식 평면 CRT는 〈그림 4〉에 나타낸 것과 같이 투과율의 불 균일성이라는 새로운 문제를 야기한다. 이 문제는 panel glass 외면에 위치에 따라 다른 두께를 갖는 부가적인 광 흡수성 코팅 층을 형성시켜 해결할 수 있다. 통상 이것은 "Wet Gradation" 스프레이 코팅으로 행해지며, sputtering에 의한 "Dry Gradation" 방식도 개발되어 있다[4].

2. Gun Pitch Modulation

과도한 wedge ratio에 대한 대응으로 새도우 마스크의 곡률은 변경시키지 않은 채 패널유리의 내면곡률만을 크게 하여 wedge ratio를 1.7 이하로 한 방식이 개발되었다. 이는 화면 상에서 빔 lading 특성을 확보하기 위하여 화면위치에 따라 gun pitch를 전자광학적으로 다이나믹하게 modulation하는 기술을 적용하였다.



〈그림 4〉 Panel 두께에 따른 투과율

Ⅳ. 인장 마스크를 적용한 완전평면 CRT의 技術 動向

CRT의 평면화 추세에 대응하기 위해 일부 CRT업계에서 성형 마스크 방식 평면 CRT를 개발하여 평면화 추세에 뒤쳐지지 않기 위해 노력하고 있는 반면 평면화의 원천적인 기술을 가지고 있는 LG전자, SONY, MEC는 그들만이 가지고 있는 고유의 새도우 마스크 인장기술, CRT 제조 기술을 바탕으로 CRT의 평면화를 주도해 나가고 있다. 인장 마스크 방식 평면 CRT를 주도하는 이들 세 회사의 CRT도 각각 그 적용 기술이 서로 다르다. 새도우 마스크 결합 방식에 있어서 SONY의 FD Trinitron은 한쪽 방향으로 인장한 그릴형태의 새로우 마스크를 고강도 프레임에 용접하여 사용하고 있고 MEC와 LG전자의 대형 CRT는 양방향으로 새도우 마스크를 인장하고 프레임에 용접해서 패널에 결합한다. 이와는 다르게 LG전자의 Flatron은 기존 CRT의 프레임 마스크 결합 방식에서 개념을 완전히 바꾸어 평판 panel상에 융착된 레일에 마

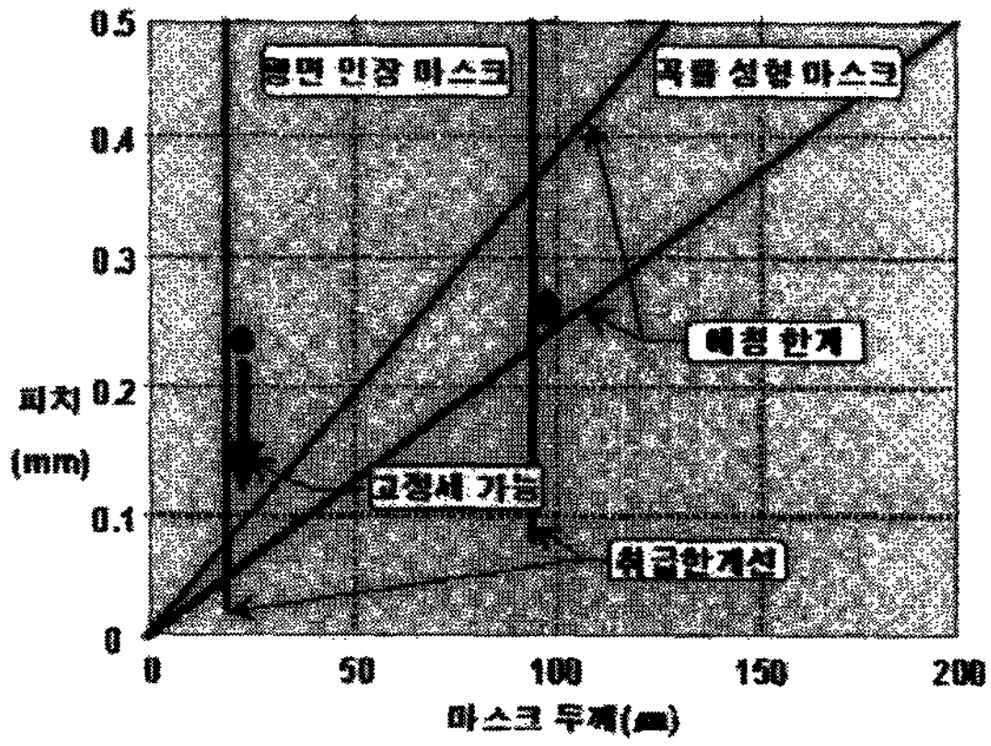
〈표 2〉 인장 마스크 방식의 평면 CRT

Maker	LG(Flatron)	LG/MEC	SONY
Shadow Mask	Slot Mask	Slot Mask	Grille Mask
Mask 두께	25~80 μm	25~80 μm	100 μm
Tension 방향	양방향 Tension	한 방향 Tension	한 방향 Tension
평판 Panel 종류	Skirt 부위 없는 평판 Panel	Skirt 부위 있는 평판 Panel	Skirt 부위 있는 평판 Panel
Mask 부착 위치	Rail on Panel	Frame	Frame
진동감쇄장치	Vertical Damper	중량물/Wire	Horizontal Damper
노광 방법	Interchangeability of Mask & Screen	Mask & Screen 일체형	Mask & Screen 일체형

스크를 직접 용접하는 새로운 기술을 적용함으로써 형광체를 도포할 때 근접 노광방식이 가능하고 결국, mask와 도포된 panel의 어떠한 雙이라도 결합이 가능한 interchangeable process를 채용할 수 있도록 하였다. 프레임 방식은 외부 충격에 의해 프레임과 패널의 연결 부위에 변형이 생길 가능성이 있지만 레일 방식은 레일이 패널에 완벽하게 접합이 되어 있기 때문에 외부 충격에 매우 강하여 고해상도, 고정밀도를 요구하는 모니터용 CRT로 매우 적합하다. 〈표 2〉는 인장 마스크방식의 평면 CRT들의 구조적 특징을 요약한 것이다.

1. 새도우 마스크 : 高解像度의 現實

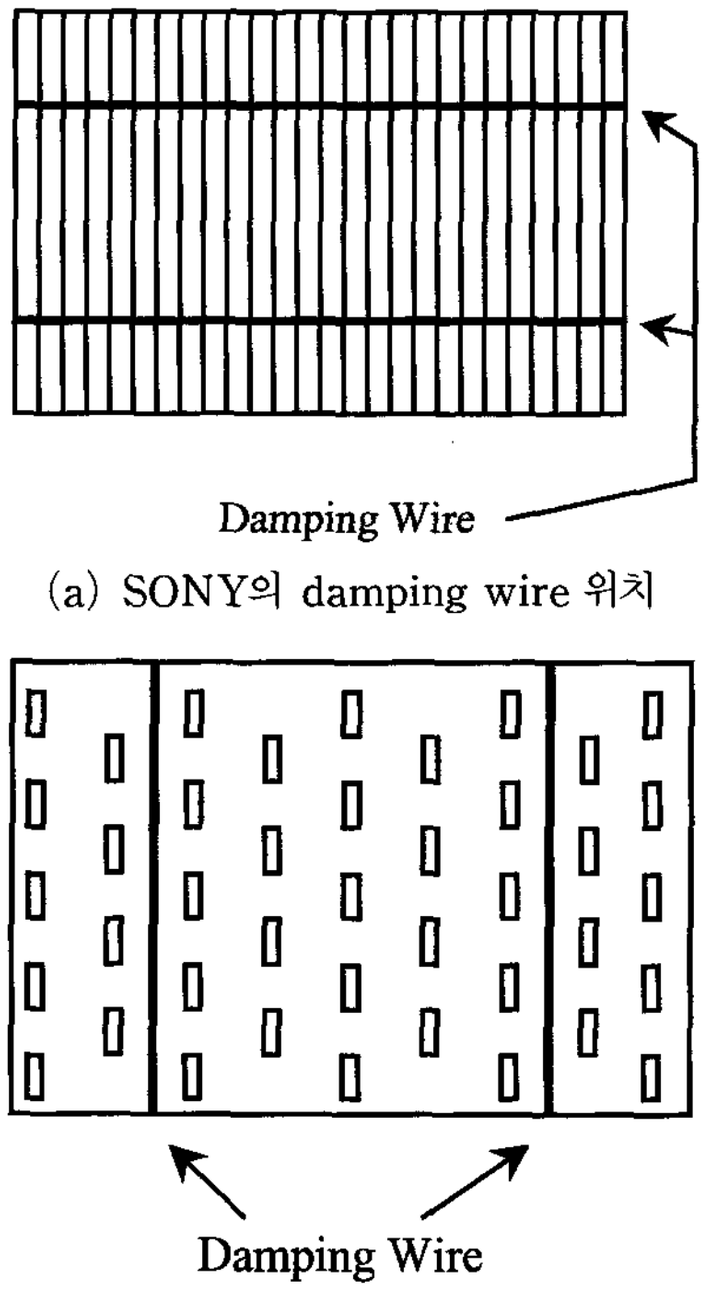
Shadow mask의 전자빔 통과 hole은 에칭에 의해 형성되는 데 mask의 재료 두께는 hole size 형성에 영향을 주고, 결국 hole 사이의 간격인 마스크의 pitch와 밀접한 관계를 가지고 있다. 고해상도용 CDT나 HDTV용 대형 CPT는 가능한 한 고정세한 마스크 pitch를 요구하며, 인장형 마스크를 적용한 평면 CRT 기술은 이에 적합하다. 〈그림 5〉에 의하면 새도우 마스크의 두께가 25 μm일 때 mask pitch를 0.1mm까지 具現할 수 있음을 보여준다. 또한 얇은 mask는 작은 tension에도 doming에 견디므로 compact한 mask지체를 적용할 수 있는 장점이 있다.



〈그림 5〉 Mask의 두께와 에칭 가능한 최소 pitch

2. 진동 감쇄 장치

CRT에 외부 충격을 가하거나 음향 신호가 작용할 때 새도우 마스크가 떨리는 현상이 발생한다. 이 현상을 하울링(howling)이라고 한다. 하울링은 새도우 마스크의 고유 진동수와 외부 신호의 주파수가 일치되거나 정수배가 되었을 때 심하게 일어나는데 tension이 인가된 인장형 마스크 방식에서 더 심각하게 나타난다. 프레임 방식 CRT의 경우 프레임과 패널을 연결하는 스프링이 진동 감쇄 효과의 역할을 담당하고 있다. SONY의 새도우 마스크는 그릴형이기 때문에 진동에 매우 약한 특성을 가진다. 따라서 프레임의 스프링만으로 진동 감쇄 효과가 미진하기 때문에 damping wire를 화면 가로 방향으로 용접해 놓았다. 이 damping wire는 하울링 시간을 단축하기는 하지만 화면을 켰을 때 항상 damping wire의 두 선이 보이는 단점이 있다. LG전자는 〈그림 6〉과 같이 damping wire를 슬롯(slot)형 구멍과 구멍 사이의 열에 위치시켰으므



(a) SONY의 damping wire 위치

(b) LG전자의 damping wire 위치

〈그림 6〉 Damping wire 위치비교

로 화면 상에 아무런 표시를 남기지 않고 진동 감쇄의 효과를 얻고 있다.

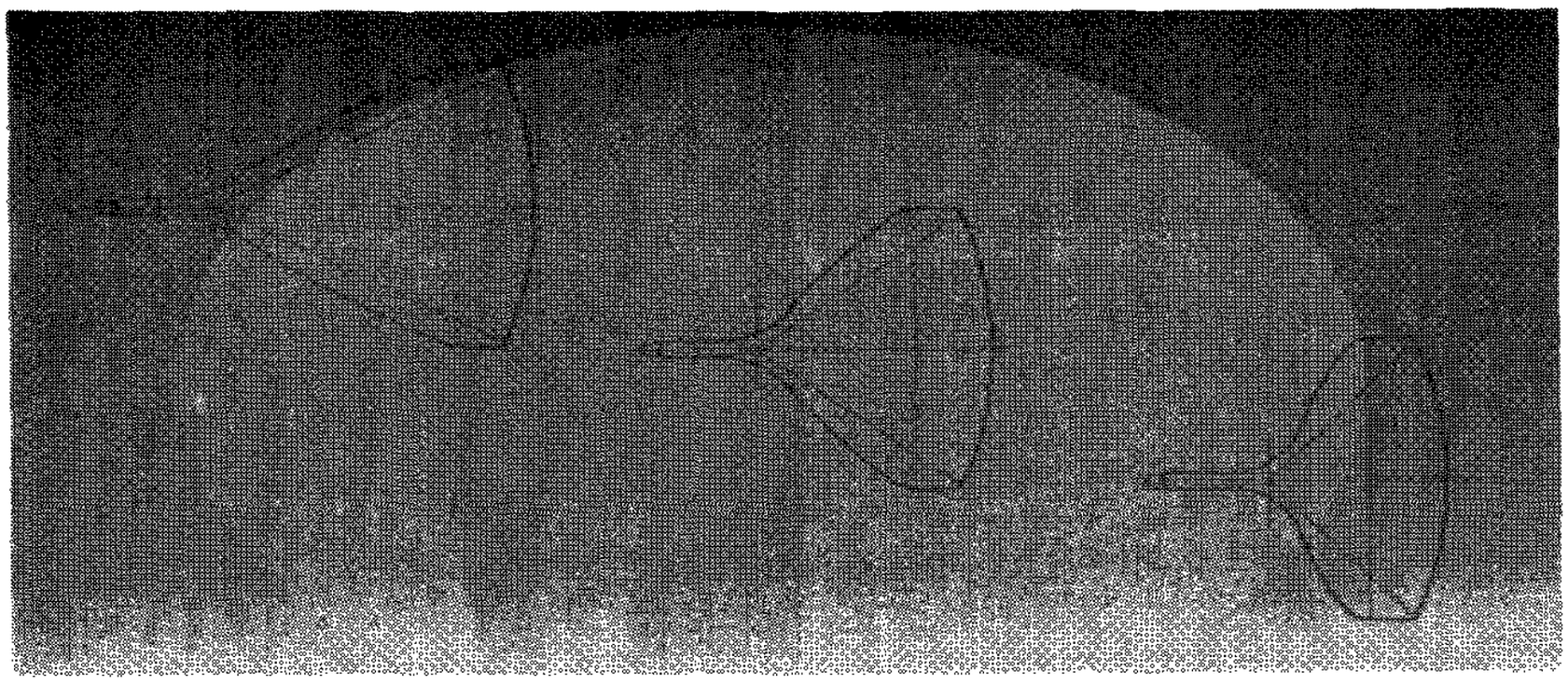
V. 완전평면 CRT : 向後의 課題

Mask 기술에 기초를 두면 panel 내면 또는 내, 외면이 완전평면이 되도록 하여 평면감을 극대화할 수 있도록 한 CRT가 개발되었다.

그러나 PDP 그리고 LCD와 같은 디바이스와 경쟁력을 유지하기 위해서는 평면감 이외에도 CRT depth 단축을 위한 기술이 지속적으로 개발되고 있으며 또한 무엇보다도 중요한 것은 CRT가 갖는 가격 경쟁력을 지속적으로 유지할 수 있는 기술이 개발되고 있다.

1. Shallow CRT

CRT depth 축소를 위한 기술 개발은 다음과 같은 3가지 방법의 기술적 접근을 통해 이루어지고 있다. 첫째, 전자총 neck길이 감소 및 편향각의 증대. 둘째, 편향각의 극대화를 위한 post deflection 또는 transposed scanning 기술의 적용. 셋째, ultra shallow CRT를 위한 multiple gun 및 편향 시스템의 적용이 그것이다. 〈그림 7〉에 편향각의 증대에 따른 CRT depth 축소를 도식으로 나타내었으며 현재 110도 편향각의 구현이 가능하며 DY의 감도 개선 및 전자총의 빔 스포트 개선 등의 활동으로 향후 120도 편향까지는 실용화 되리라고 생각된다. 편향각의 증대에 따른 문제점은 큰 raster distortion converence errors 그리고 beam landing errors이다. 이러한 문제점을 해결하여 편향각도를 극대화하려는 시도가 이루어졌으며 Philips는 SID '01에 발표한 trans-posed scanning system적용 CRT에서 빔 스포트의 균일성의 확보는 물론 편향감도의 낭비를 최소화함으로서 135도의 편향각이 가능함을 보여 주었다[5]. 또 하나의 편향각 극대화를 위한 주변 기술은 post deflection으로 Sarnoff의 S3CRT를 통해 발표되었다. 이 기술은 CRT의 screen측에서 전자광학적으로 전자 beam landing을 컨트롤 할 수 있는 기술이 핵심이다. transposed scanning system과 post deflection 기술이 실현되어 하나의 CRT에 두 가지 기술이 함께 적용된다면 145도의 편향이 가능할 것으로 사료된다. CRT depth 축소를 위한 세번째 접근은 multi-neck CRT system이다. 1998년에 Philips는 camel CRT을 제안하였는 데, 하나의 새도우 마스크에 두 개의 전자총과 두 세트의 편향시스템을 적용하였다. 이 방식에 의하면 몇 개의 전자빔 발생장치와 이에 대응한 몇 개의 편향시스템을 적용하느냐에 따라 CRT depth가 결정될 수가 있으며 10cm 이하의 CRT도 가능하리라 생각된다. 그러나 이 방법의 기술적인 이슈는 여러 개의 전자빔 발생 장치와 이에 대응한 편향시스템에 의해



(a) 70도 (b) 90도 (c) 110도

〈그림 7〉 Deflection angle에 따른 depth의 변화

생기는 여러 개의 sub-images를 어떻게 눈에 거스리지 않게 결합시키느냐이고, 최근에 이에 대한 해법으로 회로적인 어프로치도 이루어지고 있다.

2. Cost Reduction

PDP나 LCD에 대한 경쟁력을 지속적으로 유지하기 위해서, CRT는 앞에서 언급한 성능의 개선은 물론이고 가격 경쟁력을 확보하기 위한 cost down 기술의 개발이 필연적이다. 이 분야에 대한 최근의 기술동향은 우선 부품업체를 중심으로 한 재료 cost절감, CRT업체 내부에서는 부품의 설계 단순화 및 관련 부품과 최적화 설계를 통한 부품 cost절감, 그리고 무엇보다도 제작 프로세스의 혁신을 통하여 총체적인 cost절감을 위한 기술개발에 집중하고 있다.

Ⅵ. 결 론

CRT가 발명된 지 100년이 넘었지만 여전히 전체 display device의 응용분야에서 CRT가 주도적인 위치를 차지하고 있다. 성능과 가격면에서 여타의 device가 경쟁상대가 되지 않는 차별화 포인트를 바탕으로 하여, 평면 display의 평면성과 볼륨축소의 장점을 제공하는 평면 CRT가 주도적으로 시장을 리드할 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

〔1〕 T. Saito and I. Utsumi(1998), "Perfectly flat CRT, from a visible point of view." Display Monthly, Vol. 4, No. 1, 49, pp.49~53.

〔2〕 S. H. Chang, S. H. Kim, J. H. Lim and Gary D.herrin(1998), "Visual performance depending on Convexity of CRT panel", Advances in Occupational Ergonomics and Safety 2", IOS Press, pp.525-528

〔3〕 N. J. Koh(1997), "17inch Perfect Flat Color Display tube FLATRON", Proc. of IDW '97, pp.469-4723

〔4〕 Y. Sato and M. Sasaki (2001), "Technical Trends and Prospects on CRT Surface Treatment", Proc. of IMID '01, pp.801~806

〔5〕 D. den Engelsen(2001), "Manufacturing of CRTs", 2001 SID International Symposium Digest of Technical Papers, pp.1310~1313