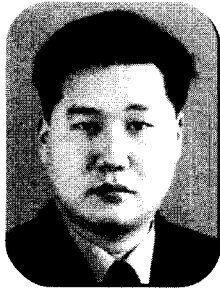
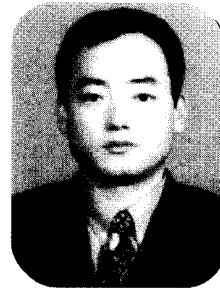


최신 LCD용 Backlight 기술동향



· 한정민 ·

(주)현대디스플레이 테크놀로지
기구광학개발 그룹 연구원



· 서대식 ·

연세대
전기전자공학과 조교수

1. 서론

최근 액정디스플레이(LCD)는 단순 정보 표시 단말의 용도에서 벗어나, 가정용 TV까지 그 영역을 확대하고 있다. 정보표시소자로서의 역할을 담당하며, LCD는 그 크기의 확대에 따라서 휴대용 정보단말에서 노트북 PC, 데스크 탑 용 PC의 모니터로 수요가 창출되면서 결국 TV라는 가장 대중적인 매체로의 적용까지 활발히 진행되고 있는 것이다[1]. 이러한 시장 동향의 변화는 LCD시장의 기하급수적인 팽창을 유발하고 있음과 동시에 관련기술에 새로운 변화를 요구하고 있다. 종래의 모니터용 대형 LCD와는 달리 TV대응의 멀티미디어 표시의 LCD에서는 해상도 및 성능의 고급화라는 지금까지의 기술개발의 목표 외에 가전제품으로서의 경쟁력을 가질 수 있는 저가격화와 기존 CRT와의 동등비교선상에서의 표시 특성이라는 목표가 추가되게 되었다. LCD의 Backlight Unit(BLU)는 지금까지 단순히 LCD의 배경광원으로서 인식되고 있었으나, 최근의 새로운 LCD 시장 요구 및 기술개발의 흐름은 BLU를 LCD 관련 기술의 핵심부로 끌어들이며 많은 기술 개발 목표가 부가되고 있다. 본 해설에서는 이러한 최근의 시장 동향 및 기술 개발의 경향을 반영하여 기존의 LCD 용 BLU의 기본기능의 설명 외에 최근의 기술개발

동향 및 LCD 제조 업체의 BLU 부분의 새로운 변화에 대해서 언급한다.

2. 본론

2.1 BLU 개요

LCD용 BLU의 기술동향에 대해서 언급하기에 앞서 먼저 현재의 BLU의 구조적 및 광학적 특징에 대해서 숙지할 필요가 있다.

LCD용 BLU는 크게 휴대 전화 및 PDA용의 소형 LCD용과 노트북용의 중형, 모니터 대응의 대형으로 크게 나눌 수 있다.

그림 1에서 나타낸 바와 같이 소형 BLU는 주로 7

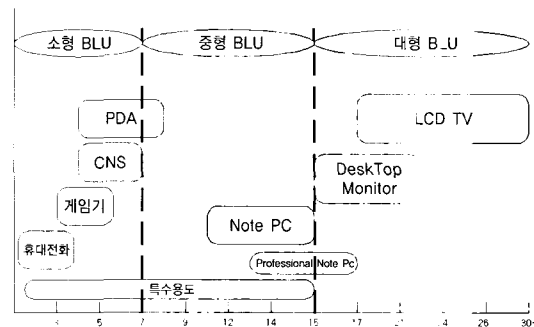


그림 1. 사이즈에 따른 BLU의 구분.

인치 미만급의 LCD에 사용되며, 용도에 따라 주요 부품의 성격이 많이 다르다는 특징을 가지고 있다. 7인치 미만의 소형 LCD의 구체적인 사용용도에 따라 BLU의 구성 및 설계 목표에 표 1과 같은 특징을 가진다.

표 1. 소형 LCD용 BLU의 종류 및 특징.

용도	주요 사이즈	특징
휴대 전화기용	3인치 급 미만	LED 광원 사용:냉음극형광등(CCFL: Cold Cathode Fluorescent Lamp) 사용시 보다 구동회로 간단, 저소비전력 달성 박형, 경량 및 고신뢰성 광원으로 사용 FLU(Front Light Unit) 사용[4]:반사형[8] 혹은 반투과형 LCD 채용에 따라 전방 광원 채용:휴대용 기기의 공통 사항 고신뢰성
PDA	3~5인치 급	LED 및 U자형 CCFL:LED를 주로 사용하나 필요에 따라서 고휘도용으로 CCFL 채용 FLU 및 BLU 사용 저소비전력 표시 품위 중요:휴대용 OS 탑재 시 소형 PC 기준으로 색도 및 휘도 균일성 중요
CNS (차량항법장치)	5~7인치 급	고신뢰성(차량부품 기준):고온, 고습, 충격, 진동에 강한 기구설계, 이중관 CCFL 채용 친환경적:무수은 CCFL 채용 ^[9] 고시인성:고휘도, 휘도 균일성
특수 용도	-	용도에 따라 가변

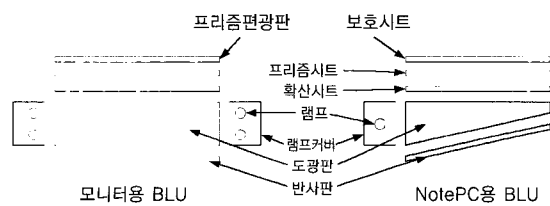


그림 2. 노트북용 중형 및 모니터용 대형 BLU의 구조.

노트 PC용의 중형 LCD용 BLU는 대표적으로 그림 2의 구조를 가지며, 필요에 따라서 시트의 구성이 바뀌는 경우가 있다[2-3]. 노트북용 중형 BLU는 휴대용으로 사용되는 특성 때문에 소비전력 및 기구적 제한을 많이 받으며, BLU 측면에서 볼 때 생산 및 설계 노하우가 많이 요구되는 부문이다. 이에 반해서 데스크탑용 PC대응의 모니터용 BLU는 가정 및 사무실에서 사용되기 때문에 소비전력 측면에서 중형 BLU에 비해서는 자유도가 크며, 기구적 측면에서도 중량이 나 크기 보다는 신뢰성 확보의 측면이 많이 반영되지만, LCD 제조 회사에 따라 상품성 향상의 측면에서 기구적 측면에 박형 및 최외곽 사이즈를 조정하는 경우는 있다. 노트북용 중형 BLU 및 데스크탑용 대형 BLU에 대한 비교는 및 표 2에 나타내었다.

표 2. 중형 및 대형 BLU의 차이점.

구분	노트PC용 중형	모니터용 대형
사이즈	10~15(16) 인치 특수용도로 10인치 미만품도 있음	15~21 인치 특수용도로 12~14 인치급도 있음
구성	CCFL 1개:저소비전력 대응, 1 Lamp용 소형인 버터 유니트에 대한 기구적 요구 췘기형 도광판 채용:PMMA 사출도광판 사용 고효율화를 위한 비대칭 구조의 도광판 확산시트 1매, 프리즘 2매 구조가 주류:수직, 수평 프리즘 2매 구조를 기본으로 1인 지향 법선방향 휘도 향상을 목적 필요에 따라 프리즘 1매 구조(저가격형) 및 프리즘편광판 도입(고휘도 고급형) 시트구성에 따른 휘도 발휘가 설계목표	CCFL 2개 혹은 4개:상하 면의 양단 입광면 대칭으로 배치 평판형 도광판 채용:주로 PMMA Casting 및 압출판의 사용 확산시트 3매 구조가 주류:TCO 기준에 맞는 시각확보 및 램프위주의 휘도 발휘를 설계목표로 함
설계포인트	저소비전력 경량, 박형	고휘도 고신뢰성

위에서 알아본 바와 같이 현재의 일반적인 BLU는 그 크기에 따라 크게 소형, 중형, 대형의 세가지로 구분할 수 있으며, 각각의 요구 성능 또한 사용용도에 따라서 차이가 있다. 최근에는 TV대응의 초대형 LCD 패널이 일부 시판되고 있으며, 이러한 상황을 반영한 최신 기술개발 경향에 대해서 설명하기로 한다.

2.2 최근의 기술 동향

최근의 BLU의 기술동향은 전향에서 언급한 일반적인 특성에서 특수한 설계목표 및 시장요구를 반영하여 나타나고 있다. 최근 LCD의 지속적인 가격 하락은 LCD 제조 공정의 모든 부분에서 VE(Value Engineering)을 가속화하고 있으며, 이는 LCD 전체 가격의 10%선을 점하고 있는 BLU에서도 예외가 아니다. 또한 현재까지의 제한된 용도로서 정보표시 소자로서의 역할에 치중한 LCD의 새로운 시장으로서 TV로의 적용성이 확대되면서, 일반 가전 수준의 CRT경합 항목에 대한 성능개선의 요구가 활발해지고 있다. 이러한 과도기적 상황에서 현재 BLU부분에서 역점을 두어 연구가 진행되고 있는 부분에 대해서 크게 정리하면 아래와 같다.

① 고휘도화, TV대응품의 개발

복수 광원의 사용 : 직하형, EEFL 램프의 도입, L자 및 U자 램프의 도입

② 저가격화

경제성을 고려한 기구적 설계, 프리즘 시트의 삭제, 부품 공용화, 주요 부품 단가 인하

③ 고성능화

Motion Blur 현상 개선을 위한 점멸 BLU, 고색재 현성 광원의 적용

상기 ①~③의 내용을 중심으로 BLU부분의 기술적 동향에 대해서 자세히 알아보면 다음과 같다.

① 고휘도화, TV대응품의 개발

현재 TV용 CRT의 휘도는 450nit 이상으로 제품에 따라서 차이는 있지만, 밝고 선명한 화면을 제공하고 있다. 그러나 LCD는 패널의 투과율에 따른 색재현성의 trade-off 관계가 있으므로, 적정수준의 색재

현성을 제공하는 LCD에서의 투과율은 매우 낮은 값이다. 따라서 LCD의 휘도는 일반적으로 TV의 휘도와는 절대적으로 비교가 불가할 정도로 낮은 값으로 모니터의 경우 보통 250nit 정도를 기준값으로 하고 있다[2]. 또한 기존의 Edge-Light 구조의 BLU에서는 고가의 프리즘 편광판 시트를 사용하지 않는 경우에 이 이상의 휘도를 제공할 수 없다는 근본적인 한계를 가지고 있다. 고휘도를 달성하기 위해서는 광원으로 사용되는 CCFL의 고휘도화가 가장 근본적인 방법이 될 수 있으나, CCFL의 고휘도화는 수명과 관계가 있으며, 모니터의 경우 30,000~50,000 시간의 수명을 보장해야 하므로 무리한 고휘도화는 불가능하다. 따라서 현재의 Edge-Light 방식에 대한 대안으로서 초기 BLU개발 당시 제시되어 사용되었던 직하방식의 BLU가 다시 등장하고 있다[5].

그림 3은 직하방식의 BLU를 나타낸 그림으로서 복수 개의 램프를 확산판 아래에 배열하여 조명광원으로 사용하는 단순한 구조이다. 이러한 고전적인 방법의 직하형 BLU는 최근에 램프간의 거리, 램프와 반사판의 거리, 반사판의 요철구조의 부가에 따른 특성 설계 등에서 광학 시뮬레이션과 실물 구현 많은 노하우가 필요할 정도로 발전하고 있다. 그러나 직하방식은 가장 근본적인 목적인 고휘도화를 위해서 복수 개의 램프를 사용하여 휘도를 보상함과 동시에 부수적인 효과로 Edge-Light 방식에서 가장 중요한 구성품인 도광판을 제거함으로써 경량화 및 경제적인 구조의 달성을 동시에 이룰 수 있다는 장점이 있다. 표 3에 현재의 Edge-Light 방식과 고휘도 직하방식의 비교를 나타내었다.

직하방식은 고휘도 달성을 위한 가장 경제적이고

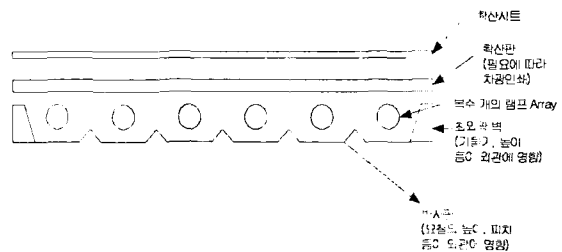


그림 3. 직하방식 BLU의 일반적인 구조.

표 3. BLU의 비교.

	직하방식	Edge-Light 방식
광원구조	8등 이상 직하 방식 (휘도 요구에 따라 대응)	2등식, 4등식 측면광원 (6등식은 전기적특성 불균일로 채용불가)
기구적 구조	확산판, 확산시트 2매 요철구조의 바닥 반사판 복수 개 램프 대응의 대형 인버터 탑재	도광판, 확산시트, 프리즘시트(필요시) 측면 광원의 U자형 반사판
광특성	패널 상 450nit 복수 개 램프의 휘도일률 제거가 중요	패널 상 250nit 휘도균일도 확보를 위한 도광판 패턴 설계가 중요
소비전력	30~50W	12~25W
사용용도	TV 및 TV 겸용 모니터	모니터

실현가능한 방법으로서 현재 국내 LCD 제조 회사에서 모두 적극적으로 검토되어 조만간 양산체제로 투입가능하리라 생각된다.

복수 개의 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)을 직하방식으로 배치하는 구조에서 사용광원을 CCFL에서 EEFL(External Electrode Fluorescent Lamp)로 대체한 구조도 적극적으로 검토되고 있다[6-7]. 그림 4에서 나타낸 바와 같이 EEFL은 CCFL과는 달리 전극이 외부에 있으며, 투입전력이 외부전극에 의해 결정되는 용량성 부하(Capacitance)에 의해서 자동적으로 제어되므로 단수의 트랜스를 사용해서 복수 개의 램프를 구동하여도 전류 밸런스에 문제가 없이 동작될 수 있다. 인버터의 가격구조상 가장 높은 비중을 차지하는 트랜스의 수를 줄이면서 동작이 가능하며, 램프당 사용전류도 CCFL의 70% 미만의 수준이며, 램프 1개의 가격도 저렴하다. 이러한 장점을 바탕으로 EEFL은 직하방식의 검토단계에서 CCFL과 동시에 진행이 검토되었으나, 몇가지 문제점 때문에 조만간 양산에 적용이 용이하지는 않을 것으로 판단된다. EEFL을 적용한 직하방식 BLU의 실현에 있어서 문제가 되는 점은,

- i) 램프당 비용절감이 절대 휘도 부족을 보상하기 위한 개수의 증가에 의해 장점을 상실로 시작하는 소재목 분야에서 한항목 추가
- ii) 양산시 복수 개 램프간의 특성 편차의 발생폭을 줄여야 하므로, 품질 비용 상승
- iii) 램프의 신뢰성 문제

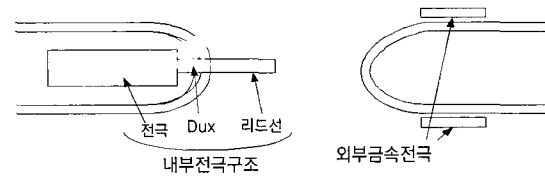


그림 4. EEFL과 CCFL의 전극 구조.

- iv) BLU 구성 시 내부 상하 온도차에 의한 휘도 균일도 저하
- v) 복수의 램프 중 한 두개의 고장시 인버터에서 검출되지 않는 문제

등이 있으며, 이외에도 여러 가지 기술적 문제점을 가지고 있다. 그러나, 향후 지속적인 개선이 이루어지면 조만간 CCFL 대응으로 사용가능할 것으로 생각된다.

고휘도를 달성하기 위한 또 다른 방법으로 L자형으로 구부러진 램프를 사용하여 Edge-Light 방식으로 4 측면에서 모두 빛을 받아들이는 구조를 생각할 수 있다. L 자형 램프를 사용한 구조에서는 기존의 Edge-Light 방식이 갖는 장점을 그대로 살리면서 휘도를 약 1.5배 정도 높게 실현할 수 있으므로, 기존의 시트구성과 동일하게 적용하면서 TV대응품의 휘도 수준을 맞출 수 있다. 또한 직하방식에 비해서 박형으로 제작할 수 있어서 제품의 품격을 높일 수 있으며, 인버터 관련기술도 그대로 사용할 수 있으므로 용이하다. 그러나 일반적으로 CCFL 램프의 시동전압 및 동작전압은 램프의 길이에 비례하므로, L자형

램프를 사용한 경우 시동전압 및 동작전압이 높아져서 기구적으로 절연을 고려하여 설계할 필요가 있다. 그러나 램프 외의 모든 기반기술은 기존의 Edge-Light 방식과 동일한 수준으로 이미 검증이 완료된 상태이므로, 램프에 대한 보증이 전제될 시, 양산으로의 이전은 가속화될 것으로 생각된다.

이외에 U자형 CCFL 램프를 사용한 직하방식도 고려되고 있으나, 이는 기본적으로 직하형의 기구적, 광학적 설계를 바탕으로한 응용기술로서 기술적 난이도는 낮으나, 관장이 길어짐에 따른 시동전압, 동작전압의 상승 등의 문제로서 U자형 램프의 복수구조 직하형에 비해 큰 이점은 없을 것으로 사료된다.

② 저가격화

현재 LCD 시장에서의 가장 큰 요구 사항은 저가격화의 실현이다. 주요 LCD 제조 업체가 해마다 비약적으로 늘어난 생산량으로 시장 규모의 확대를 꾀하고 있는 가운데 경쟁의 심화는 결국 가격경쟁력의 우위를 점하기 위한 적극적인 VE로 나타나고 있다. 저가격화를 실현하기 위한 방법으로 기구 및 회로의 설계를 개선하여 제품의 단가인하를 꾀하는 고전적인 수법이나, 전향에서 언급한 고휘도화를 실현함으로써 프리즘 시트의 삭제를 꾀하는 방법도 생각할 수 있다. 현재 LCD용 BLU는 특정 모델에 있어서는 100%의 국산화를 달성하고 있으므로, 이 또한 원가구조의 개선에 많은 역할을 하였다. 또한 이러한 국산화의 실현은 BLU 제조업체가 아닌 LCD 제조업

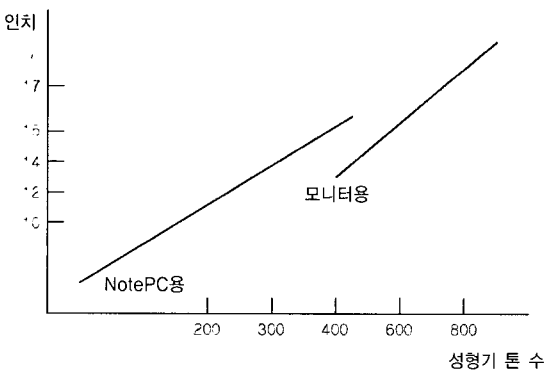


그림 5. 기존 사출 방식 이용 시 성형기 능력과 사출가능 도광판 인치의 관계.

체의 주도하에 1999년경 이후 원부자재의 국산화를 꾸준히 진행한 결과이므로, 그 의미가 크다고 볼 수 있다.

특히 모니터 부분에서의 저가격화를 실현하기 위한 개선 노력 중에서 도광판의 가격인하를 이루기 위한 PMMA 사출기술의 발달은 상당히 고무적인 결과를 나타내고 있다.

그림 5에 나타낸 바와 같이 기존의 사출방식을 도입한 도광판의 사출공정에서 15인치 이상의 도광판을 사출하는 것은 사출기 능력을 고려할 때 450톤급 이상의 사출기를 필요로 하는 것이었으며, 이는 상당부분의 투자비용을 요구하는 것이었다. 그러나 기존의 단순 사출에서 사출 압축 성형방식의 도입, 그 후 사출 압출 성형 방식에 대한 시도가 이루어지면서 사출기술 및 금형기술의 발달로 450톤급 혹은 650톤급에서 17인치 8T의 도광판을 사출하는 것이 국내일부 업체 및 일본의 우수 업체를 통해서 실현되고 있으며, 이는 원가개선에 도움이 되리라고 생각한다. 또한 모니터용 도광판에도 사출에 의한 방법이 적용되면서 도광판상의 확산패턴에 대한 인쇄가 생략되게 되므로, 이는 고성능, 저가격의 제품이 가능하다는 측면에서 큰 의미를 갖는다고 볼 수 있다[10].

또한 이러한 사출공정에 의한 도광판의 제작은 적어도 1매 이상의 시트를 생략할 수 있는 구조를 도광판의 상면에 구현할 수 있으므로[11], 이에 따른 원가 절감의 파급 효과는 다른 어떤 부품에 비해서 크다고 볼 수 있다. 그림 6에 사출 도광판의 상면구조와 이에 따른 시트 대체 효과에 대해서 나타내었다.

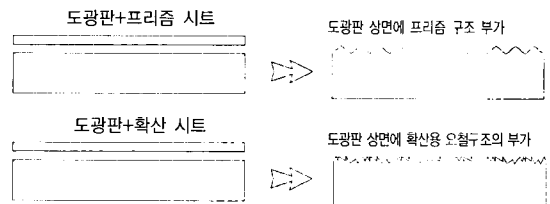


그림 6. 사출 도광판에서 구현되는 시트 절감 효과.

③ 고성능화

Motion Blur 현상 개선을 위한 점멸 BLU, 고색재현

성 광원의 적용 등을 포함한 LCD용 BLU 기술 개발의 또 하나의 큰 방향은 BLU 자체의 고성능화이다. BLU 자체의 고성능화는 지금까지 고회도, 박형, 경량 등의 기구광학적인 방향만이 주요 개발 방향으로 진행되어 왔으나, 앞으로는 회로 및 구동방식과 연계된 개선방향이 추가될 것으로 생각된다. 일례로, LCD용 BLU의 개발 방향중의 하나로서 LCD의 TV 용 수요개척에 큰 장애물이 되고 있는 표시 품질의 문제를 개선하는 방향으로의 고성능 BLU 개발이 그것이다. LCD는 CRT와 같이 빠른 반응속도를 구현하기에 어려움이 있으며, 이를 개선하려는 방법은 지금까지 구동모드나 회로적 기술로만 접근하였다. 그러나 일본의 Hitachi사에 의해서 제시된 방법은 BLU를 점멸하여 인위적으로 점멸광을 생성하는 원리로 분절적 이미지를 생성하여 Motion Blur(동화상 잔상효과)를 개선할 수 있는 가능성을 제시하고 있어서 그 개발 진행이 많은 주목을 받고 있다[12].

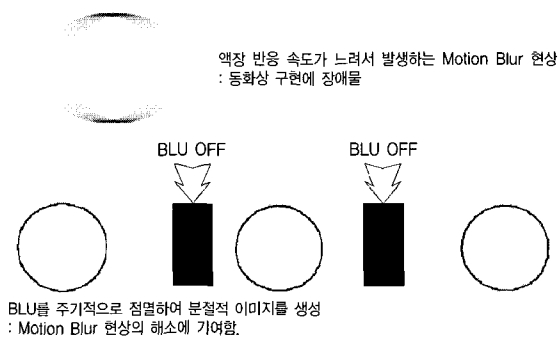


그림 7. 블리킹 백라이트를 이용한 동화상 구현시 잔상 제거의 원리.

그림 7에 이러한 Blinking BLU 기술에 대해서 설명하였다. 그림과 같이 LCD의 동화상 구현시의 잔상효과는 액정의 반응속도가 느리기 때문이며, CRT와 같이 분절적 화상을 제공할 수 없기 때문에 발생하는 것이다. Blinking BLU 적용기술은 LCD로 동화상을 구현하면서 인위적으로 60Hz의 점멸광을 생성하여 이를 그림 8에 나타난 Timing Chart와 같이 동기화하여 LCD를 구동함으로써 액정의 상승, 혹은 하강 시간에 BLU를 점멸함으로써 최종적으로 분절적 이미

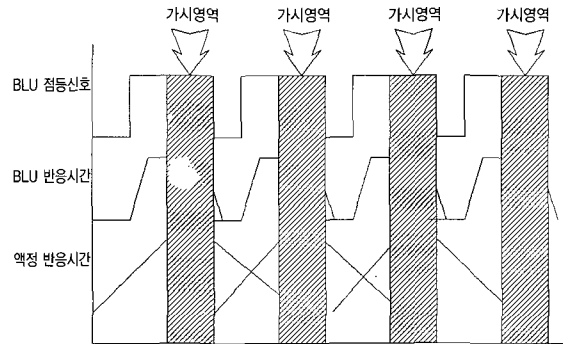


그림 8. Blinking BLU와 LCD의 Timing Chart.

지를 생성하는 원리로 완성된다. BLU상에서 분절적 광원을 제공함으로써 실제로는 연속적으로 움직여서 잔상을 유발하는 LCD 상의 동작이 BLU의 Off 상태에서 가려짐으로써 감춰지는 것이다. 이러한 상태에서 관찰자는 CRT와 같은 분절적인 이미지만을 보게 되므로 CRT와 같이 잔상이 없는 깨끗한 동화상을 관찰하게 되는 원리이다.

이러한 잔상제거 효과를 BLU상의 광원 점멸로 시도하였다는 것은 앞으로 BLU의 개발 방향이 단순한 배경광원의 차원을 넘어서 LCD와의 긴밀한 기술공조를 통해서 진행될 것이라는 예상을 가능하게 한다.

Blinking BLU 기술이 구동회로와 BLU와의 기술 협조에 의한 완성품이라면, 고색재현성 BLU는 LCD의 셀공정상의 CF(Color Filter)와의 기술 연동이 가능한 부분으로 볼 수 있다. 일반적으로 모니터로 사용되는 LCD는 NTSC(National Television System Committee) 표준 대비 60% 정도의 색재현성을 가진다. TV 겸용 모니터의 경우는 70% 정도의 색재현성을 가지며, 이는 관찰자가 CRT로 화상을 감상하는 경우에 비해서 순색성이 떨어지는 색을 표현한다는 의미로 받아들일 수 있다. 따라서 LCD TV의 경우는 CRT에 비해서 색감이 떨어지는 화상을 제공하게 되며, 일반적으로 이를 개선하기 위해서는 CF의 조정에 의해서 색순도를 높이는 방법을 사용하였다. 그러나, 이러한 방법을 사용할 시에는 색재현성을 높이는 만큼 투과율이 저하되어 LCD가 어렵게 표시되므로, 무조건 고색재현성으로만 LCD를 제작하는 것에는

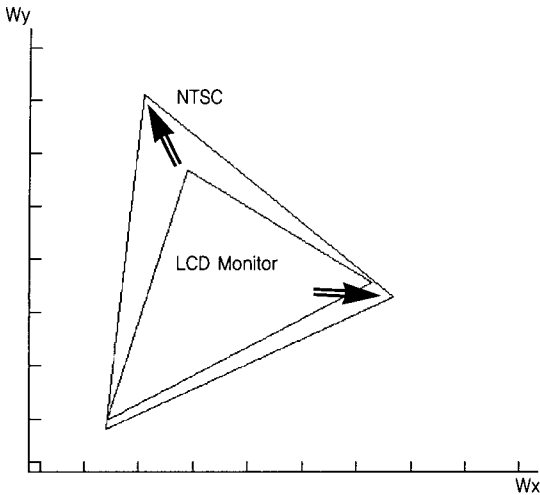


그림 9. NTSC 대비 LCD 모니터의 색재현성 CIE Chart.

어려움이 있었다.

그림 9는 기존의 CCFL을 사용한 LCD의 색재현성 능력을 나타내는 CIE 색좌표이다.

그림과 같이 색재현성을 개선을 위해 화살표 방향으로 영역을 확대할 목적으로 BLU의 광원으로 사용되는 CCFL의 형광체를 고색재현성 대응의 형광체를 채용하는 방법이 있다. 이것은 배경광원의 파장범위를 조절하여 LCD에서의 색재현성의 특성을 좌우하는 것으로서 고 기능성 BLU 개발의 한 방향으로 볼 수 있다.

3. 맺음말

지금까지 현재의 BLU 기술에 바탕을 두고 향후 시장요구 및 기술개발 방향설정 등에 의해서 새롭게 변화되어 가는 BLU 기술동향에 대해서 정리하였다. 최초 단순한 배경광원으로서 생각되어져 소홀히 생각하던 BLU 관련 기술은 기구적 기술 개발의 시기를 거쳐, 기구광학적 기술 개발의 시기, LCD 전체와의 기술협조에 의한 기술 개발의 시기를 거칠 것으로 예상된다. 불과 4, 5년 전만하더라도, LCD용 BLU는 외곽의 플라스틱 몰드 프레임조차 국산을 사용하기 힘든 시기였었다. 그러나 그동안의 LCD 제조회

사에서 주도한 기술 국산화의 과정을 거치면서 현재는 비약적으로 기반기술의 향상을 이루어냈다. 향후 BLU기술의 개발방향은 TV시장 개척에 따른 고휘도화, 시장요청에 의한 저가격화와 고품격 제품을 위한 고성능화의 방향으로 각각 진행될 것이다. 향후 어떠한 방향으로 기술개발이 선행된다할지라도, LCD의 기술 개발이 진행되고 있는 한 LCD용 BLU의 기술 개발 또한 더욱 더 심화되어 LCD 기술 개발 경향과 공조하며 계속될 것이다.

참고 문헌

- [1] H. Zou, et al., "Required and achivable backlight luminances for CRT-replacement LCD Monitors", NJ, SID' 97 DIGEST, p. 373, 1997.
- [2] H. Noguchi, "A high-efficiency cold cathode fluorescent lamp for a backlight unit", SID' 98, p. 243, 1998.
- [3] G. Schroeder, Technische Optik, Vogel-Buchverlag, p. 92, 1990.
- [4] K. R. Sarma, et al., "Miniature color display", SID' 93, p. 1005, 1993.
- [5] H. Sasaki, "A novel backlighting unit with ultra-high luminance for monitor applications", SID' 99, p. 768, 1999.
- [6] Y. Baba, et al., "A 100,000 cd/m², capacity coupled electrodeless discharge backlight with high efficacy for LC TVs", SID' 01, p. 290, 2001.
- [7] K. Hashimoto, et al., "High-luminance and high-efficacy electric-field-coupled discharge lamp for LCD backlighting", SID' 99, p. 760, 1999.
- [8] A. Mosley, "Reflective backlights for liquid crystal displays", SID' 01, p. 298, 2001.
- [9] H. Noguchi, "A mercury-free cold cathode fluorescent lamp for LCD backlighting", SID' 00, p. 935, 2000.
- [10] K. Kalantar, "Functional light guide plate for backlight unit", SID' 99, p. 764, 1999.
- [11] A. Horibe, "Brighter backlights using highly scattered optical-transmission polymer", SID'

95, p. 379, 1995.
 [12] J. Hirakata, "Super-TF-LCD for moving picture images with the backlight system", SID' 01, p. 990, 2001.

한국과학기술한림원 준회원

◆ 주 관심분야

- 액정 배향연구, 고속응답 LCD 개발 (OCB 모드), 광시야각 LCD 개발 (MVA, IPS 모드), Flexible 디스플레이 연구

· 저 · 자 · 약 · 력 ·

성명 : 한 정 민

◆ 학 력

- 1997년 송실대 전기공학과 학사
- 1999년 송실대 대학원 전기공학과 석사

◆ 경 력

- 1999년 - 2002년 (주)태산LCD
- 2002년 - 현재 (주)현대디스플레이 테크놀로지 기구광학개발 그룹 연구원

성명 : 서 대 식

◆ 학 력

- 1989년 Tokyo University of Agri. and Tech. 전자공학과 학사
- 1991년 Tokyo University of Agri. and Tech. 전자정보공학과 석사
- 1994년 Tokyo University of Agri. and Tech. 전자정보공학과 박사

◆ 경 력

- 1993년 4월 - 1995년 3월 일본학술진흥회 특별연구원
- 1994년 5월 - 1995년 7월 Kent State Univ. 액정연구소 객원연구원
- 1995년 9월 - 2000년 2월 송실대 전기공학과 전임강사 · 조교수
- 2000년 3월 - 현재 연세대 전기전자공학과 조교수
- 2002년 1월 - 현재 (사)한국전기전자재료학회 편집이사
- 2002년 2월 - 현재