

액정 디스플레이용 백라이트 기술

엄정덕 <경주대학교 컴퓨터전자공학부 교수>

1. 서론

국제 정보 디스플레이 학회(SID; Society for Information Display)는 전자 디스플레이 관련 기술자들의 모임으로써 국제적으로 그 규모가 가장 큰 학회이다. 이 SID에서는 매년 봄에 미국에서 학술 심포지움이 개최되고 있으며 올해는 6월 5~7일, 캘리포니아주 산호세(San Jose)에서 열렸다. 이 학술 심포지움에서는 LCD, PDP, ELD FED 등 평판 디스플레이의 구조 및 구동분야, 디스플레이 시스템, 형광체 등의 재료분야 그리고 화질 개선분야 등 전자 디스플레이의 모든 분야에 대한 최신 연구 결과가 발표된다. 디스플레이는 그 자체가 광원이라고도 할 수 있다. 그러나 제한된 지면에 모든 디스플레이에 대하여 논하는 것은 무리이므로 여기서는 평판 디스플레이로서 가장 대중화된 액정 디스플레이(LCD; Liquid Crystal Display)의 백라이트(backlighting) 기술에 대해서만 논하기로 한다.

전자 디스플레이 중 LCD는 최근에 제조 기술이 발전함에 따라 화면 대각선 크기 기준으로 15인치 이상의 평판 모니터용 LCD가 등장하기 시작하였고 5인치 미만의 LCD는 휴대전화, 개인정보단말기(PDA; Personal Data Assistant), 차량용 운항지시시

스템(Navigation System) 등 휴대성 정보기기의 최종 단말기로써 그 응용 분야가 대단히 확장되고 있는 추세이다. LCD는 광변조기능을 가지는 수광소자로서 발광원인 백라이트(backlight)를 필요로 한다. 종래의 백라이트 기술은 냉음극형광램프(CCFL; Cold Cathode Fluorescence Lamp)를 광원으로 사용하였다. 그러나 이러한 LCD의 응용분야가 확대됨과 더불어 백라이트의 성능 측면에 대한 요구사항도 매우 다양해져 대화면에 알맞은 휘도 균제도(uniformity), 장수명화와 함께 주광(day light)하에서도 사용이 가능할 정도의 고휘도, 고명암비(contrast ratio), 넓은 온도 범위의 사용환경하에서도 안정된 광출력을 가져야 하는 것 등이 강조되고 있다. 또한 CCFL은 수은을 방전기체로 사용함으로써 야기되는 환경오염이 주의할 대상이 된지는 이미 오래이다. 이러한 고성능의 환경친화적인 백라이트를 제조하기 위하여 무전극 방전램프, 무수은 방전램프 등에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다.

여기서는 대화면 LCD를 위한 무수은 Xe 방전램프 및 무전극 고주파 방전 램프에 의한 백라이트 기술에 대하여 서술하고 휴대용 LCD의 백라이트에 대한 요구조건에 대해 고찰한다.

2. LCD용 무수은 Xe 방전 백라이트(1)

무수은 Xe 형광램프는 환경친화적인 관점 이외에도 고휘도 백라이팅에 의한 LCD의 고화질화를 위해서도 그 중요성이 더욱 증대 되고 있다. 대부분의 CCFL에는 수은방전을 이용한다. 그러나 수은을 사용함에 의해서 저온에서 램프의 점등이 어려워지고 안정적인 광량에 도달할 때까지 걸리는 시간이 길어지는 단점이 있다. 또한 램프의 수명은 형광체 및 기관 유리에의 수은의 침투현상에 의해 제약을 가진다. 더구나 생태학적 측면에서도 수은의 사용은 바람직하지 않다. 이러한 결점들을 개선하기 위하여 많은 형태의 무수은 램프가 연구되어오고 있다.

수은을 대체하는 방전기체의 선택조건은 ① 화학적으로 안정해야 한다. ② 방전에 의해 강한 진공자외선(VUV; vacuum ultraviolet)을 얻을 수 있어야 한다. ③ 형광체 수명을 위해 비교적 긴파장의 VUV를 얻을 수 있어야 한다. 등이다. 현재 많은 연구 결과들에서 Xe 기체는 이러한 조건들을 만족하는 기체로 알려져 있다. 이 Xe 방전은 기체상태에서 시동이 가능하므로 재점등 시간이 짧다. 뿐만 아니라 외부 온도에 의한 휘도의 변화도 작다. 그러나 Xe 방전은 기체압력이 높아 방전전압이 높아지는 단점이 있다. 이 Xe기체의 방전전압을 낮추고 램프수명을 연장하기 위하여 Ar 또는 Ar/Ne 혼합기체를 버퍼기체로 사용한다.

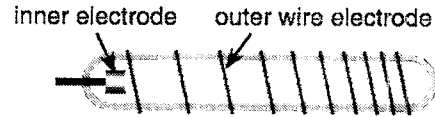
그러나 Xe 방전의 가장 큰 단점은 기체방전시 부분적인 가열에 의해 양광주가 좁은 채널 형태로 수축하는 것이다. 이 좁은 채널은 채널내 기체를 가열하고 이 가열에 의해 더욱 채널이 좁아지는 정의 피드백 현상을 나타낸다. 또한 Xe의 공진선인 147[nm] 복사는 주위에 있는 기저상태의 Xe에 쉽게 흡수되어 이 Xe을 다시 여기시킨다. 이렇게 여기된 Xe이 또 공진선을 복사하게 되는데 이러한 복사와 흡수 과정은 복사 공진선이 형광체에 충돌하여 흡수될 때까지 계속 반복된다. 보다 많은 Xe의 공진선이 형광체와

충돌하게 하기 위해서는 Xe의 유효 수명(life time)을 연장시켜야 하고 이를 위하여 자유전자와의 충돌 확률을 높여 주어야 한다. 그러나 방전전류밀도를 증가시키면 전자와의 충돌에 의해 여기된 Xe이 이온화되는 확률도 높아진다. 이러한 과정에 의해 방전전류가 증가하여도 광출력은 제한되고 발광효율은 저하된다. Xe 기체방전에서의 수축 채널은 대단히 높은 전류밀도를 가지기 때문에 발광특성이 저하되는 주원인으로 작용한다.

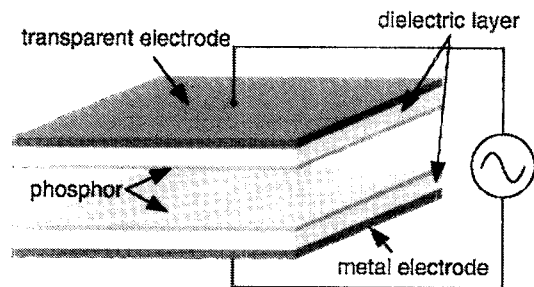
현재 무수은 Xe 램프의 연구개발 동향은 다음과 같이 요약될 수 있다.

(1) 원통형태의 Xe 방전램프

Xe 방전의 수축을 방지하는 방법으로 그림 1의 (a)와 같이 한쪽 전극을 방전관 외측에 권선형으로 설치하는 것이 있다. 이 경우 방전관내 전계분포는 외측 권선형 전극에 의존하므로 양광주의 수축을 방지할 수 있다.



(a) 원통형 방전램프



(b) 유전 베리어 방전 램프

그림 1. Xe 방전 램프의 구조

(2) 대향 평판전극에 의한 유전 베리어 방전 (dielectric barrier discharge) 램프

투명전극(ITO)으로된 평판과 금속 전극으로 된 평판을 1[mm] 정도의 공간을 두고 마주보게 배치하고 그 내측에 각각 유전체층을 형성시키고 그 위에 형광층을 형성한 구조이다. 이 방전램프는 형광층을 여기, 발광시키기 위하여 Xe의 여기된 이원자분자(dimer) 복사선인 172[nm]를 이용한다. 이 램프는 평판 전극 전면에 직경 약 0.1[mm]의 작은 방전들이 형성되어 방전 수축을 방지할 수 있고 매우 높은 발광 효율을 얻을 수 있다.

(3) 평면 방전 램프

양측 가장자리에 금속 전극을 형성하고 그 위에 유전층을 형성한 다음 그 내측에 형광체를 도포한 평판 유리와 평판 전체에 형광층을 도포한 평판 유리를 2[mm]정도의 간격을 두고 합친 구조로 되어있다. 두 개의 전극사이에서 확산 글로우(glow) 방전을 일으킨다. 이 방전은 교류방전이므로 한 방전 주기후 유전층에 축적된 벽전하에 의해 방전이 정지되고 다

음 주기에 반전된 극성의 펄스가 인가되면 이 벽전하에 의한 벽전압은 두 전극사이의 전압을 증가시켜 보다 낮은 외부 인가 전압에 의해서도 방전개시가 가능하게 된다. 이 램프는 교류형 면방전 플라즈마 디스플레이의 방전구조를 응용한 것으로써 1,000[cd/m²]이상의 고휘도, 30[lm/W]이상의 고효율을 얻은 실험결과가 발표되고 있다. 이러한 평면 방전 램프는 인가 펄스의 조건과 내부 기체의 조건을 최적화하여 방전의 수축을 방지하는 구조로 되어 있다.

교류형 Xe 방전 램프에 대한 자세한 내용은 조명·전기설비학회지 4월호의 특집에 게재되어 있으니 참고하기 바란다[2]. 비록 Xe의 발광효율은 수은에 비해 높지 않으나 LCD용 백라이트로서의 중요한 장점들을 가지고 있다. 그 중 하나는 디스플레이의 영상 휘도에 맞추어 백라이트의 휘도를 변화시킴으로써 보다 순수한 흑레벨, 보다 밝은 순백색등을 표현할 수 있고 소비전력을 저하시킬 수가 있는 점이다. 수은의 경우 온도특성이 방전특성에 미치는 영향이 크므로 TV 수준의 빠른 응답속도를 가지는 점등과 소등 제어가 불가능하다. 그러나 Xe의 경우 기체 상태에서 방전이 개시되므로 이러한 것이 가능하다. (이것이 플라즈마 디스플레이의 방전기체로 Xe이 채택된 이유이기도 하다.)

3. 액정 TV용 고휘도, 고효율 용량성 결합 고주파 방전 백라이트(3)

고휘도 고효율의 액정(LC) TV용 백라이트를 위하여 용량성 결합(capacity coupled)을 이용한 무전극수는 방전 램프가 연구되고 있다. Ne, Ar 및 Hg의 혼합기체를 밀봉한 방전관 양쪽 끝의 외부에 환상의 금속 전극을 설치한다. 각각의 전극에는 위상이 180도 차이가 나는 고주파의 정현파 전압을 인가하여 고주파 방전을 일으키고 이때 발생된 자외선이 방전관 내벽에 도포된 형광체를 여기, 발광시켜 가시광선을 얻는 원리로 되어있다.

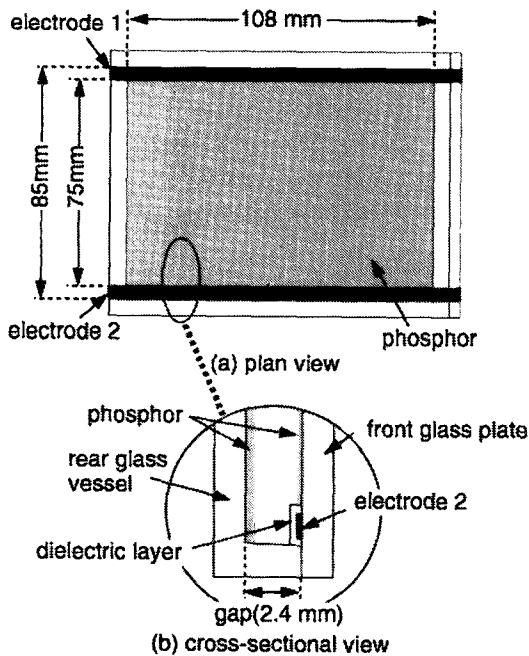


그림 2. Xe 평판 방전 램프의 구조

LCD-TV가 CRT에 대해 열세인 이유 중 하나가 불충분한 휘도에 있다. 실감나는 영상을 나타내기 위해서 최대 $700[\text{cd}/\text{m}^2]$ 의 휘도가 필요하다. $100,000[\text{cd}/\text{m}^2]$ 의 CCFL 8개를 백라이트로 사용하면 이 휘도를 얻을 수 있으나 종래의 CCFL은 $40,000[\text{cd}/\text{m}^2]$ 가 한계이며 방전 전류를 증가시키면 $100,000[\text{cd}/\text{m}^2]$ 의 휘도를 얻을 수 있으나 이 경우 스퍼터링(sputtering)에 의해 수명이 대단히 짧아진다. 반면에 고주파 구동의 용량 결합형 방전램프는 방전관 외측에 전극을 설치하기 때문에 수명이 길다. 또한 고주파 구동에 의해 더욱 더 수명을 연장시킬 수가 있다. 전자들의 중성 원자에 대한 이온화 충돌율이 주파수가 상승함에 따라 증가한다. 그러므로 하전입자들이 효율적으로 생성되고 그결과 음극전압강하가 감소한다.

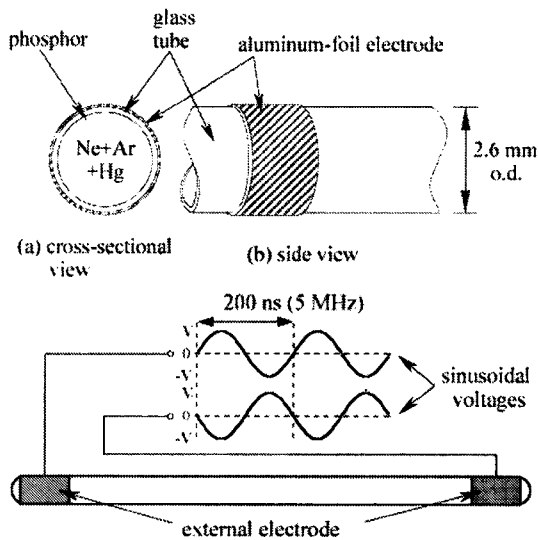
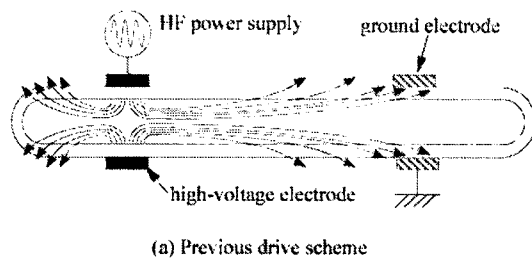


그림 3. 램프 구조 및 구동 전압 파형

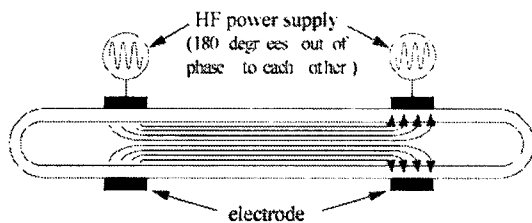
그림 3은 무전극 고주파 방전램프의 구조로써 직경 2.6[mm]의 방전관 내벽에 3색 형광체를 도포하고 양끝의 외벽에 알루미늄박을 사용하여 환상의 전극을 설치한다. 이 두 개의 전극들에 각각 위상이 180도 차이가 나는 5[MHz]의 정현파 교류를 인가하여 램프를 구동한다. 종래의 구동방식은 한쪽 전극에만 고전압을 인가하고 다른 한쪽 전극은 접지상태로 하

였다. 이 경우 고전압 전극에서부터 나온 전기력선이 방전관 벽의 스트레이 커패시턴스 (stray capacitance)에 의해 외벽으로 누설된다. 그러므로 고전압이 인가된 전극에서 멀어질수록 전계강도가 약해지고 결과적으로 접지전극 근방의 휘도가 매우 어둡게 된다. 그러므로 불균등 방사에 의해 휘도 균제도가 저하된다. 또한 접지전극 부위는 고전압 전극부위에 비해 상대적으로 온도가 낮으므로 수은의 불균일 분포가 발생한다.

그러나 두전극에 180도 위상차이가 나는 정현파를 인가하면 방전관 관축을 따라 균일한 플라즈마의 흐름이 형성된다. 플라즈마 내의 전기전도도가 충분히 높으므로 방전관 외부로의 전계 누설은 거의 무시할 수 있을 정도로 작아진다. 그러므로 휘도 균제도 뿐만 아니라 온도분포도 균일해진다. 그러므로 관축방향의 수은의 농도를 균일하게 유지하는 것이 가능하다. 최적화된 구동조건은 390[mm] 램프의 경우 시동전압이 1000[Vp-p]이며 구동전압은 700[V]정도, 190[mm] 램프의 경우 시동전압이 600[Vp-p], 구동전압은 400[V]정도이다. 최대휘도는 390[mm] 램프와 190[mm]



(a) Previous drive scheme



(b) New drive scheme

그림 4. 전기력선의 분포도

램프가 각각 114,000[cd/m²], 101,000[cd/m²]를 얻었고 발광효율은 각각 40[lm/W]와 34[lm/W]를 얻었다. 한편 휘도 균제도는 두 램프 모두 84[%]이상으로 매우 양호하다고 보고 되었다. 백라이트의 휘도가 100,000 [cd/m²]를 넘으면 LCTV의 최대휘도는 CRT와 동등해지므로 이 실험 결과들을 적용하면 CRT와 대등한 수준의 LC TV 백라이팅을 구현할 수 있을 것이다.

4. 야외 및 고휘도 응용분야를 위한 LCD용 유도성 결합 백라이트{4}

많은 옥외 및 고휘도 응용분야에 사용되는 대화면 LCD는 휘도의 향상과 우수한 시인성을 확보하기 위하여 높은 휘도를 가지는 백라이트를 필요로 한다. 또한 야외에서의 온도 환경에서도 안정된 성능을 가져야 하므로 저온에서 즉시 점등이 가능하고 고온에서도 일정한 고휘도를 유지하여야 한다. 또한 상업적 응용분야를 확대하기 위해서는 저가격화가 필수적이다. 백라이트의 개발 목표는 적당히 박형이면서 실의 디스플레이로서의 안정된 기능을 제공하는 것으로 정의된다. 다음에 열거하는 설계 목적들은 고휘도 및 야외용의 LCD를 위한 새로운 백라이트의 개념에 대한 기본적인 기준을 제공한다.

- ① 저가격, 단순화, ② 주광하에서의 높은 화면휘도, ③ 넓은 온도범위에서의 고휘출력, ④ 장수명, ⑤ 백라이트에 의한 LCD 온도상승이 작을 것, ⑥ 최소 시동시간, ⑦ 백라이트의 두께

백라이트의 성능은 광원의 선택이 가장 중요하다. 디스플레이 관련 기기의 생산업체인 미국의 Litton Systems사에서는 야외 응용분야에 적합한 기능과 환경적 요구사항을 만족시킬 수 있도록 상품화 되어 있는 유도성 결합의 무전극 형광램프를 광원으로 사용한 대면적 LCD 패널을 위한 고휘도 백라이트를 개발하였다고 발표하였다. 여기서 사용된 광원은 Sylvania에서 개발한 ICETROM™ 램프로써 고휘도 항만 조명, 도로조명등 비교적 유지보수가 적게

요구되는 장소에 사용되는 램프이다.

여기서는 100[W] 및 150[W] 의 두가지 램프를 LCD용 백라이트에 사용하였다. 전자식 안정기의 크기는 7인치×4인치×1.7인치이고 방전관은 150[W] 램프기준으로 직경이 2인치, 길이가 약 15인치이다. 이 램프들은 그림과 같이 닫힌 방전 통로를 가지며 전자식 안정기를 사용하여 250[kHz]의 고주파로 구동된다. 램프의 양 끝에 위치한 두 개의 페라이트 코어의 토로이드 트랜스를 사용하여 램프와의 유도성 결합으로 전력을 램프에 공급한다. 이 ICETRON™ 램프는 발광효율이 75[lm/W], 55[°C]~125[°C] 사이에서 10[%] 이내의 휘도 편차를 보이며 수명이 100,000 시간이며 -40[°C]에서도 즉시 점등이 가능하고 즉시 재점등이 가능하다[5]. 또한 70[°C] 이상에서도 일정한 광출력이 보장된다. 이 성능은 야외용 디스플레이의 백라이트로서의 요구조건을 충분히 만족시킨다고 할 수 있다.

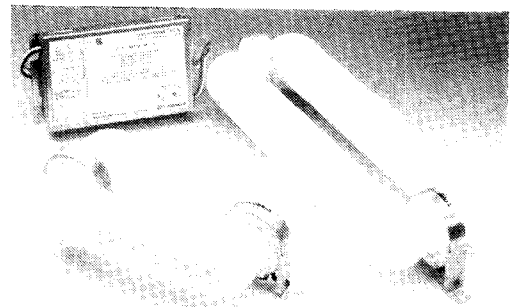


그림 5. Sylvania ICETRON™ 램프 및 전자식안정기

이 램프를 사용한 LCD가 우수한 균제도와 고휘도를 가질 수 있도록 반사경의 최적화 설계를 하였다. 백라이트의 깊이(depth)는 5인치이고 확산판의 높이는 13인치이다. 반사경의 형상은 고휘도와 휘도 균제도 및 최소 확산도를 얻을 수 있도록 수차례의 반복 기법(iteration)을 적용하여 설계하였다. 100[W] 램프는 반사경에 수직으로 설치하여 15인치~16인치대의 LCD에 적용하였고 150[W] 램프는 수평으로 설치하여 20인치~24인치대의 LCD에 적용하였다.

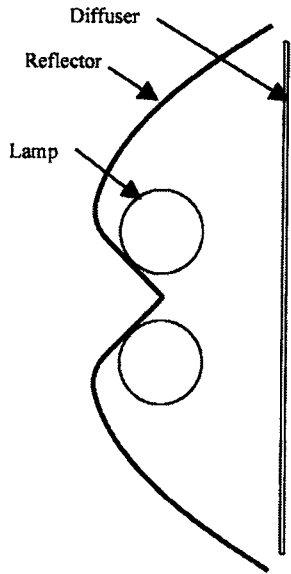


그림 6. 백라이트와 최적화된 반사경

형광체의 혼합물을 사용하였다. 150[W] 램프 기준으로 광출력은 21,400[cd/m²]이며 80[%] 투과도를 가지는 확산판과 함께 사용하여 휘도 불균일성은 29[%] 정도이다.

그림 7.은 이 백라이트를 LG-Philips의 22인치 와이드 LCD에 적용한 모니터로써 백라이트는 6인치 깊이(depth)를 가지며 휘도 규제도와 효율을 최적화 하였다. 광원은 150[W] 램프를 사용하여 화면 휘도 1,200[cd/m²]을 얻었다고 보고되었다. 사용온도 환경은 -20[°C]부터 60[°C]이다. 수명은 10년 이상을 무보수로 사용할 수가 있다.

5. 차량용 LCD 백라이트의 요구조건과 그 해결방안(6)

승용차등의 차량에 AMLCD와 같은 고해상도 디스플레이를 사용하는 추세는 차량용 운항 및 정보 시스템의 요구 증대와 함께 더욱 늘어날 것으로 보인다. 그러나 일반적인 CCFL 백라이트는 이 분야에서 다음과 같은 문제가 있다. ① 외부 온도에 의해 휘도변화가 민감하다. ② 휘도는 주변 조도에 의해 변화한다. ③ 시동에 시간이 필요하다. ④ 저온에서의 동작특성이 불안정하다. ⑤ 저휘도에서 깜빡거림(flicker)이 있다. 등이다.

차량용 LCD 백라이트의 요구조건은 사용 편리성, 만족감 그리고 수명등이며 이들은 자동 휘도 제어 회로에 의해 얻어질 수 있다. 또한 차량의 심한 온도 환경 변화에 대해 안정한 성능을 보장하기 위한 내 온도적인 기능도 부가적으로 필요하다. 이 중에서도 주위 온도에 대해 CCFL의 휘도를 제어하는 것은 가장 중요한 문제이다. 동작온도에 대해 CCFL은 대단히 민감하므로 차량의 앞면에 LCD를 장착할 때 이러한 극심한 환경변화에서도 일정한 휘도를 얻기 위해서는 피드백 제어 기술이 필요하다. 이를 위해서 CCFL에 광센서를 사용하여 발광량을 일정하게 유지하거나 주변온도의 변화를 피드백하여 휘도를 제어



그림 7. Sylvania ICETRON™가 적용된 와이드 22인치 LCD 모니터

ICETRON™ 램프의 색온도는 3,500[K]에서 41,00[K]이다. LCD 백라이트로 사용하기 위해서는 기존의 LCD 형광 백라이트와 분광분포를 같도록 할 필요가 있으므로 표준 램프용 형광체 대신에 3원색

하는 방식이 사용되고 있다.

6. 결 론

점점 대형화 되어가는 LCD의 추세에 맞추어 백라이트의 성능도 이에 적합하도록 요구되어진다. 대화면 LCD의 백라이트가 요구되는 조건은 CRT 대비 동등 이상의 휘도와 명암비 그리고 화상의 시인성을 높이기 위한 발광량의 제어기능등이다. 이에 대해 이동형 정보기기의 보급에 발 맞추어 그 수요가 늘고 있는 휴대용 디스플레이로서 LCD 백라이트가 요구되는 기능은 주광하에도 선명한 화질을 얻을 수 있는 고휘도, 고 명암비는 기본이며 외부 환경적 요인에 대한 견고성, 내온도특성 저소비전력등이다. 이들을 실현시키기 위하여 여기에서 서술한 것 이외에도 여러 가지 방식의 백라이트 기술이 개발되고 있다. 현재 우리 조명산업의 연구개발 기반은 매우 취약하다. 더구나 그중 광원 분야는 더욱 세상의 관심사에서 멀어지고 있는 듯한 느낌이 드는 것이 현실이다. 그러나 눈을 들어 해외 기술동향을 보면 이러한 디스플레이에로의 응용분야와 같은 새로운 응용분야를 찾는 노력이 활발히 일어나고 있는 것도 현실이다. 요즘들어 일부 학계에서 해외 동향에 맞추어 디스플레이의 응용분야로써 광원에 대한 연구가 서서히 일어나고 있는 것은 참 다행스러운 일로 여겨진다. 그러나 이러한 노력이 제품으로 결실을 맺는 것 만이 지속적인 발전의 필수 조건이라고 생각한다. 단지 밝음 만 주던 광원에 정보의 의미를 부여하여 조명 분야의 응용 범위가 넓어지고 광원 연구가 활기를 되찾게 되는 그 날을 기대하며 이 글을 맺는다.

참 고 문 헌

- [1] S. Mikoshiba, 'Xe Discharge Backlights for LCDs' SID 01 DIGEST, pp.286-289, 2001.
- [2] T. Shiga, 'Mercury Free Flat Discharge Lamps for LCD Backlighting' 한국 조명·전기설비학회지 4월호 Vol.15, No. 2, pp.139-146, 2001.
- [3] Y. Baba, M. Izuka, T. Shiga, S. Mikoshiba, S. Nishiyama, 'A 100,000-cd/m², Capacity Coupled Electrodeless Discharge Backlight with High Efficacy for LC TVs' SID 01 DIGEST, pp.290-293, 2001.
- [4] R. Blanchard, 'Optimized LCD Backlight for Outdoor and High Brightness Applications' SID 01 DIGEST, pp.295-297, 2001.
- [5] Design Guide, Inductively Coupled Electrodeless Lighting System, Osram Sylvania Products, Inc., 1998.
- [6] P. Weindorf, G. Milne and D. Anderson, 'Automotive LCD Backlighting Issues and Solutions', SID 01 DIGEST, pp.26-29, 2001.

◇ 著 者 紹 介 ◇



염 정 덕(廉正德)

1987년에 서울대학교 전기공학파를 졸업하고 서울대학교 대학원 전기공학파에서 1989년 석사학위를 취득하고 1992년 여름 박사학위를 취득함. 1992년 가을부터 3년간 LG전자 영상미디어 연구소에서 LCD 프로젝터, 플라즈마 디스플레이등의 연구를 하였으며 1996년 1년간 일본 전기·통신대학교에서 플라즈마 디스플레이의 구동방식에 대해 연구하고 1997년부터 3년간 삼성SDI 기술본부에서 플라즈마 디스플레이의 신구동방식을 연구하였음. 현재 경주대학교 컴퓨터전자공학부 전임강사.