

기술 특 집

대형 액정 디스플레이(LCD TV)의 백라이트 광원 개발 동향

박해일, 이상유, 석준형(삼성전자(주) LCD 총괄 연구소)

초 록

액정 디스플레이(LCD)의 대형화 및 저가격화와 더불어 전체 소비전력의 90% 이상, 모듈(module) 원가의 50% 이상을 차지하는 백라이트에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 기존의 냉음극 형광램프(CCFL)뿐만 아니라 원가 절감 및 특성 향상 기술로서 외부전극 형광램프(External Electrode Fluorescent Lamp), 면광원(Flat Fluorescent Lamp), 발광 다이오드(Light Emitting Diode), 전계 방출램프(Field Emission Lamp) 등에 대한 개발이 활발히 진행되고 있는 바 이와 같은 다양한 기술의 경쟁을 통하여 보다 고품질 및 저원가 백라이트의 개발이 가능하여 액정 디스플레이의 경쟁력을 확대시킬 것으로 예상된다.

I. 서 론

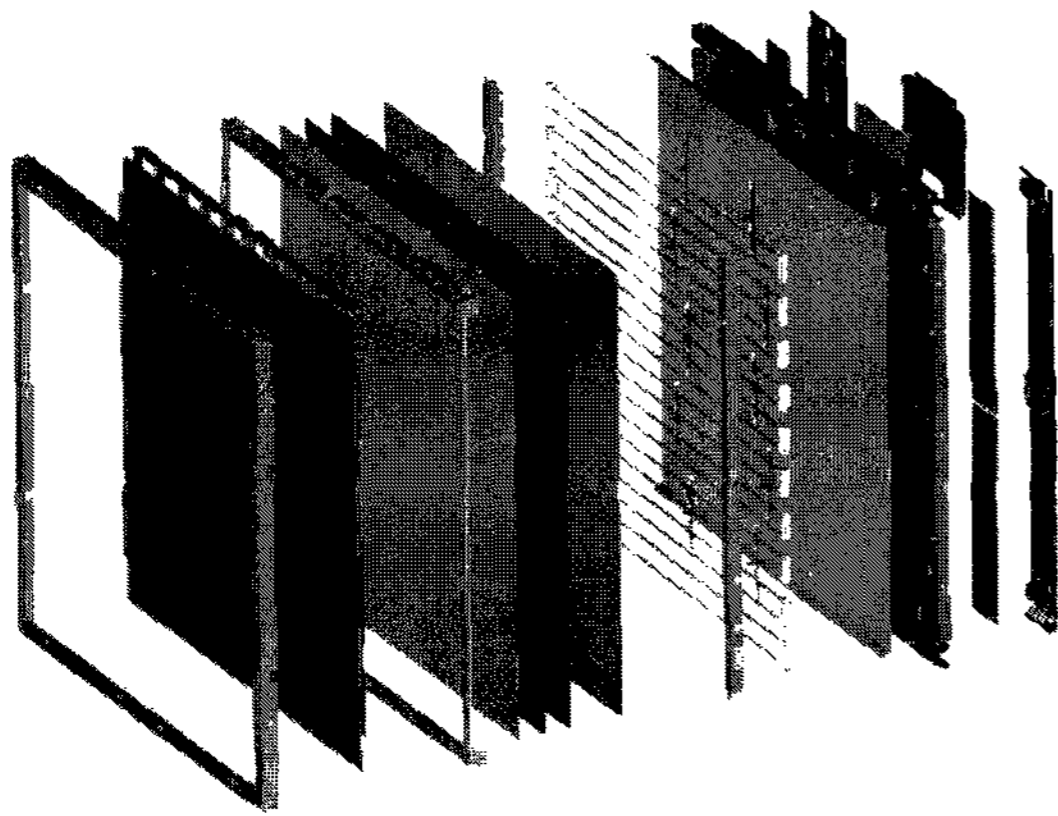
정보표시 소자(Information display device)는 정보화 및 유비쿼터스(Ubiquitous) 사회로의 이행을 위한 핵심 분야이며 국가 전략 산업으로서의 역할을 수행하고 있다. 최근에 개발되고 있는 많은 디스플레이 가운데 액정디스플레이(LCD)는 플라즈마 디스플레이(PDP) 및 Digital Lighting Processing(DLP) 프로젝션 TV와 함께 대화면 TV 시장에서 시장 확대를 위한 치열한 경쟁을 벌이고 있다. 그동안 액정디스플레이는 30인치 이하의 크기에서 확고한 기술 및 가격 경쟁력 우위를 확보하고 있으며 30인치 이상의 대화면에서는 플라즈마 디스플레이가 우세하여 시장을 양분할 것으로 예상되어 왔다. 그러나 액정 디스플레이 분야의 급속한 기술 발전으로 인하여 최근에는 30인치 이상의 대화면 표시 분야에서도 기술적 경쟁력을 확보한 상태이다^[1]. 그럼에도 불구하고 상대적으로 대화면 구현에서 수반되는 고비용으로 인한 낮은 가격 경쟁력으로 인하여 시장의 확대에 어려움을 겪고 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 유리기관의 대형화를 비롯한 다양한 원가 절감 및 기술 혁신을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

액정 디스플레이의 구성 요소 중 백라이트는 비발광 디스플레이인 LCD의 광원 역할을 수행하는 것으로 액정 디스플레이가 대형화, 고화질화 할수록 백라이트의 중요성이 점차 증가하고 있다.

액정 디스플레이가 TV로 사용되기 위해서는 500 cd/m² 이상의 휘도가 요구되는데 패널의 대화면 및 고정세화가 이루어질수록 액정 패널의 개구율이 감소함에 따라 광원의 휘도 요구 조건은 점차 가혹해지고 있으며 경쟁 디스플레이 대비 소비전력은 더욱 낮은 수준을 요구하고 있다^[2]. 또한 동영상 화질 개선을 위하여 sequential driving이나 blinking과 같은 구동 기술에 대한 연구도 활발히 진행 중이다^[3]. 이와 같은 요구에 대응하기 위해 백라이트의 저소비전력화, 고휘도화, 고색재현성 등의 기술 향상 및 저가격화를 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이에 현재 사용되고 있는 백라이트의 종류 및 기술에 대해서 살펴보고 차세대 백라이트의 발전 방향에 대해 간략히 고찰해 보기로 하자.

II. 액정 디스플레이 TV 백라이트의 구조

일반적으로 백라이트는 저소비전력과 저 누설전류, 고효율 및 낮은 Electro-Magnetic Interference(EMI)와 같은 전기적 특성과 외관 품질, 고휘도, 균일성, 고색재현성과 같은 광학적 특성 그리고 높은 신뢰성 및 양산성, service성, 경박단소의 기구적 특성을 만족하도록 설계되어야 한다. 현재 액정 디스플레이에 사용되고 있는 백라이트는 광원의 위치에 따라 직하 방식(direct emitting)과 측면 방식(side emitting)으로 나눌 수 있으며 일반적으로 직하 방식은 대형 TV에 측면 방식은 모니터(monitor) 및 Note PC에 채용하고 있다^[4]. 액정 디스플레이 TV의 백라이트의 구조는 [그림 1]과 같이 직하 방식으로 반사판 위에 다수 개의 선형 광원을 배열하고 이를 이차원의 면광원으로 확산시켜 균일한 광 출사를 확보하기 위하여 확산판(diffuser plate)과 확산시트(diffuser sheet)를 올린 후 휘도 향상을 위한 프리즘(BEF) 시트 및 반사형 편광시트(reflective polarizer)



[그림 1] 액정 디스플레이 TV의 백라이트 구조

를 채용하는 구조를 사용하고 있다⁶⁾.

현재 백라이트에 관한 연구 분야는 고휘도 및 저소비전력화와 같은 특성 향상과 광학 시트의 제거 등과 같은 원가 절감 노력이 동시에 활발히 진행 중인데 백라이트의 구조는 대개 광원의 종류에 따라 각기 다른 구성이 가능하기 때문에 기존 광원의 개선과 더불어 새로운 광원을 개발하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 더불어 광원뿐만 아니라 여러 개의 시트를 일체화하려는 다기능 시트(multi functional sheet)의 개발 등 광학 부재를 개선하려는 움직임 또한 활발히 진행되고 있다. 본 논문에서는 최근에 진행되고 있는 광원의 개발 동향에 초점을 맞추고자 한다.

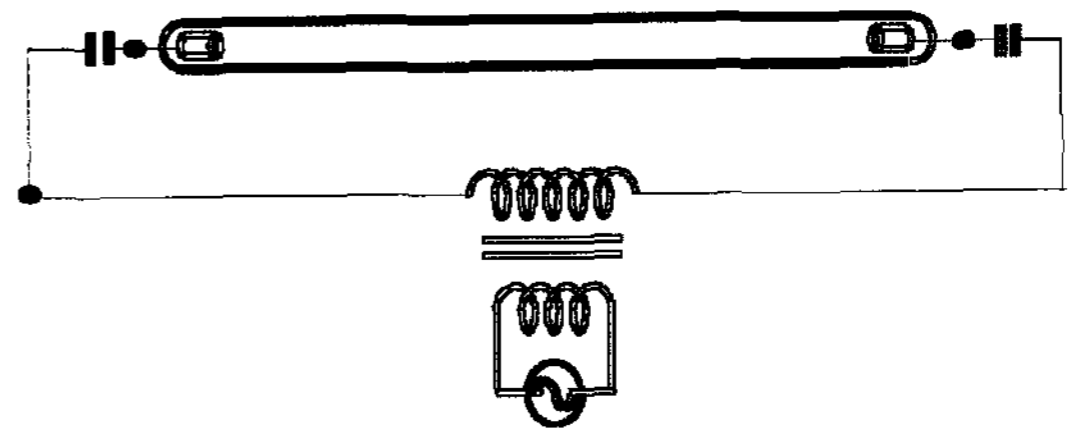
III. 광원의 종류 및 특성

현재 사용되고 있는 백라이트 광원의 종류에는 냉음극 형광램프(cold cathode fluorescent lamp), 외부전극 형광램프(EEFL), 면광원(FFL), 발광 다이오드(LED), 열음극 형광램프(Hot Cathode Fluorescent Lamp), 전계방출 램프(FEL) 등이 있다.

1. 냉음극형광램프(CCFL)

냉음극 형광램프는 수mm 직경의 borosilicate 유리관 내부에 보호막 및 형광체를 도포한 후 양단에 공음극(hollow cathode)을 설치하고 50-70 Torr의 네온(Ne) 및 아르곤(Ar) 가스와 수 mg의 수은(Hg)을 봉입하여 사용한다. 유리관 양단의 전극에 전압을 인가하면 생성된 전기장에 의하여 전자가 가속되는데 가속된 전자가 수은을 여기 시키게 된다. 이 때 발생하는 185 nm와 253.7 nm의 자외선이 형광체를 여기 시켜 가시광선으로 전환되어 방사된다⁶⁾.

현재 대부분의 액정 디스플레이 백라이트는 냉음극 형광램프를 채용하고 있는데 열음극 형광램프와 비교시 3-5mm로의 세경화가 가능하며 효율은 상대적으로 낮으나 공음극 효과(hollow cathode effect)를 이용하기 때문에 기타 다른 냉음극 형광램프와 비교하여 고휘도가 가능할 뿐만 아니



[그림 2] 냉음극 형광램프

라 양산성 및 신뢰성이 이미 검증된 것이 장점으로 작용하고 있다. 그러나 TV 적용 시 고휘도 및 높은 균일도를 맞추기 위해서는 디스플레이의 크기에 따라 수 개에서 수십 정도의 램프를 사용하여야 하는데 방전관 내 플라즈마가 부(negative resistance) 특성을 가지고 있기 때문에 과전류의 발생을 제어하기 위해서는 램프 각각에 대하여 개별 인버터로 구동해야 하므로 원가가 상승하는 문제점이 있다. 최근에 수 개의 램프를 동시에 구동하려는 연구가 진행 중이며 일부에서 어느 정도 성과가 있는 것으로 보고되고 있으나 아직까지 상용화 단계에는 이르지 못한 상태이다.

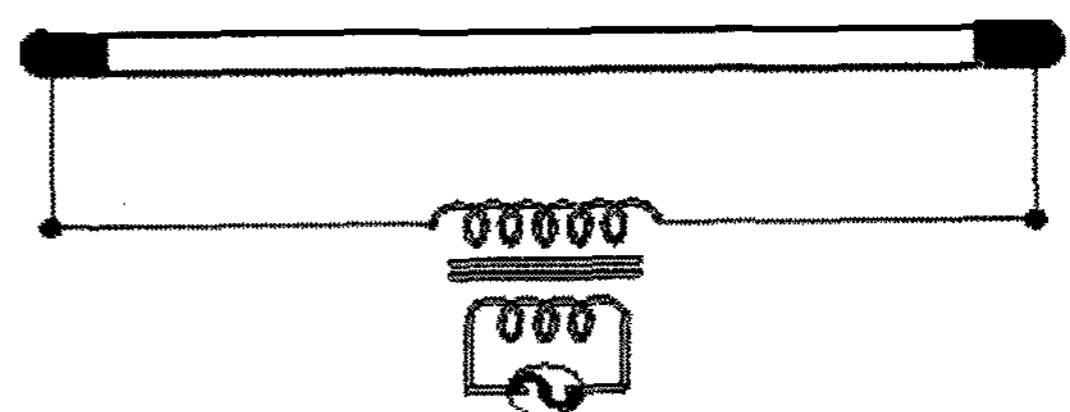
2. 외부전극형광램프(EEFL)

외부전극 형광램프는 냉음극 형광램프와는 달리 전극을 유리관의 외부에 설치하고 교류 전원을 인가하여 발생하는 플라즈마에 의한 유리 벽에서의 이차전자 발생과 벽전하(wall charge)를 이용하여 구동한다⁷⁾.

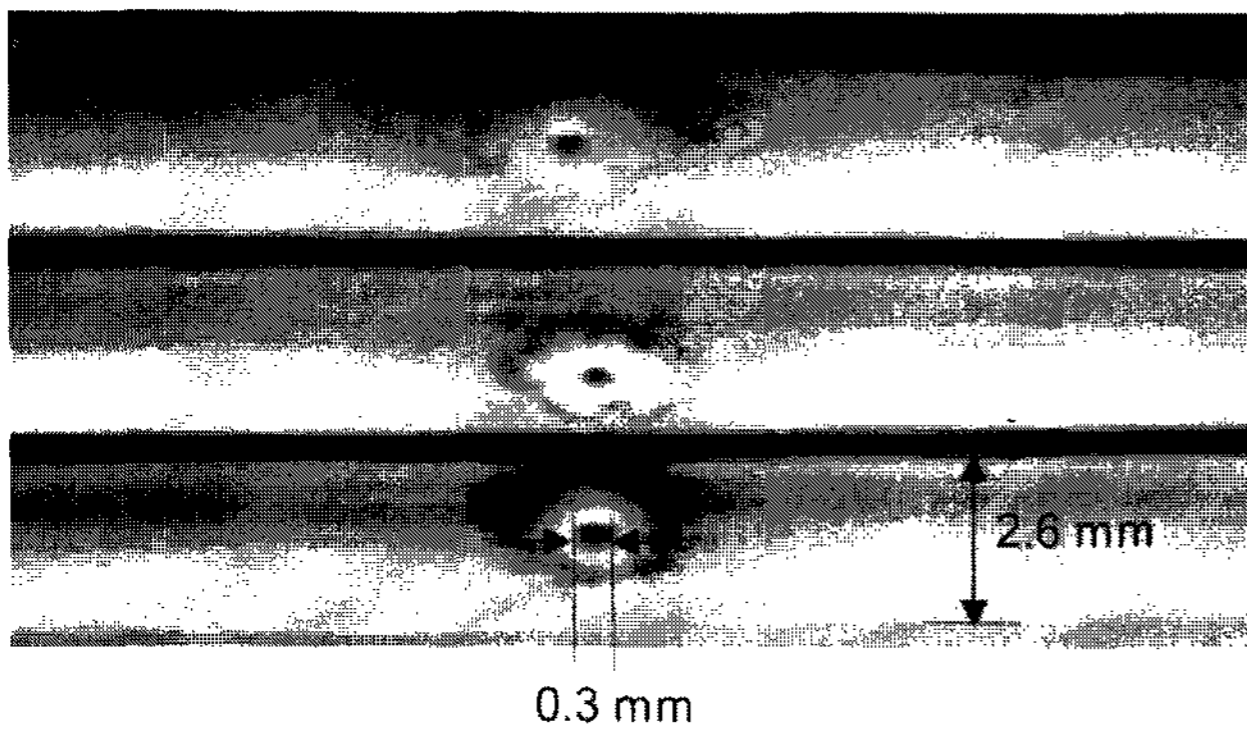
가시광을 방사하는 기본 원리는 냉음극 형광 램프와 동일하나 유리관이 콘덴서의 역할을 수행하여 부특성 플라즈마의 전류를 제어할 수 있기 때문에 다수 개의 램프를 동시에 병렬 구동할 수 있어 한 개의 인버터만으로 구동할 수 있기 때문에 원가를 크게 절감할 수 있는 장점이 있다. 또한 내부의 금속 전극을 사용하지 않고 저전류 구동을 하기 때문에 장수명 램프의 제작이 가능하고 조립 공정이 단순하여 기구의 신뢰성 및 양산성이 높은 장점을 가지고 있다. 또한 최근에 full bridge 방식의 구동 인버터가 개발되어 저전압 구동이 가능하기 때문에 전극부에서의 열 발생을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 누설전류의 감소가 가능하다. 이와 같은 구동 기술은 장치의 냉음극 형광램프에도 동일하게 적용되는 추세에 있다.

그러나 이러한 장점에도 불구하고 고전압 고 전류 구동시 전극부의 유리관에 핀홀(pinhole)이 발생하는 문제점을 안고 있다⁸⁾.

핀홀의 발생 기구에 대해서는 크게 전극부 열 발생에 따



[그림 3] 외부전극 형광램프



[그림 4] 핀홀(Pinhole)^[8]

큰 저전압에서의 절연파괴와 뒤이은 전류의 주울 열(Joule heating)에 의한 것과 단순 열 폭주에 의한 열파괴(thermal breakdown)에 의한 것으로 나누어져 있으며 이에 대해서는 보다 명확한 연구가 필요하다^[9]. 이러한 해석적인 불명확함에도 불구하고 직간접적으로 작용하는 전극부의 열흐름을 제어함으로써 충분한 구동 margin을 확보할 수 있으며 이는 전극 및 기구 설계를 통하여 커다란 차이를 보일 수 있다.

3. 열음극형광 램프(HCFL)

최근에 조명용(general lighting)으로 사용하고 있는 열음극 형광램프를 백라이트에 적용하려는 움직임이 다시 일고 있다. 열음극 형광램프는 전극으로서 4.5eV의 일함수를 가지고 있는 텅스텐 필라멘트에 산화물(BaO나 SrO)을 코팅하고 전류를 흘려 가열함으로써 열전자(thermal electron)를 방출시킨다^[10]. 열음극 형광램프는 점등 시 발생하는 플라즈마에서 에너지의 대부분을 소모하는 비발광 영역인 음극강하(cathode fall)의 값이 작기 때문에 냉음극 및 외부전극 형광램프와 비교하여 효율을 개선시킬 수 있고^[10] 원가 측면에서도 유리하다는 장점이 있기 때문에 T5($\phi 16$ mm)나 T4($\phi 13$ mm) 램프를 사용하여 백라이트화 하려는 연구가 일부에서 진행 중이다^[11]. 그러나 냉음극 형광램프는 열전자 방출을 이용하므로 전극의 발열이 심하며 이로 인한 산화물의 비산(evaporation)에 의하여 단수명할 뿐만 아니라 전극 부근의 흑화가 발생하여 베젤(bezel)폭이 증가하는 문제점이 있다. 또한 CCFL 및 EEFL과 비교하여 기구의 두께가 크게 증가하고 병렬 구동이 어렵기 때문에 램프 당 한 개의 인버터를 사용하여 원가가 상승하는 문제점을 안고 있다. 따라서 HCFL을 백라이트로 사용하기 위해서는 구동 방식 및 재료의 개발을 통한 장수명화가 필요하며 병렬 구동 기술 및 낮은 두께의 백라이트 실현을 위한 광학 슈트의 개발이 필요하다.

4. 면광원(FFL)

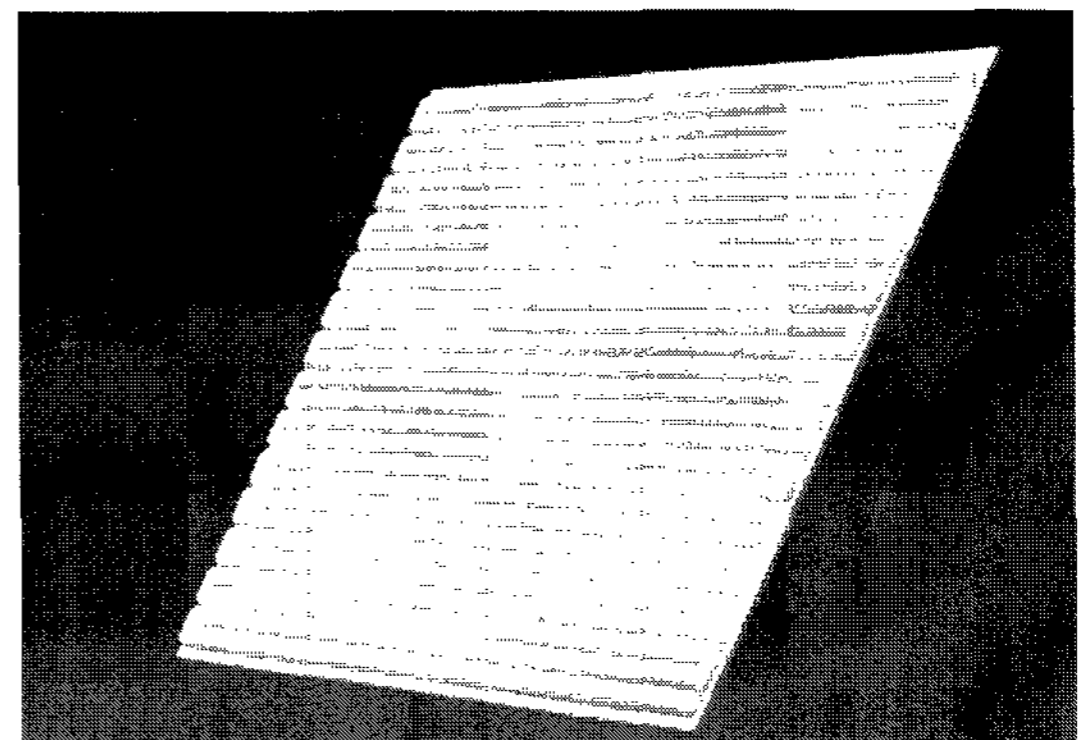
차세대 백라이트 기술로써 면광원에 대한 연구가 지난 수년간 꾸준히 진행돼 왔다. 면광원 기술은 기존의 CCFL,

EEFL 및 HCFL과 같은 일차원의 선형 램프를 이차원의 광원으로 확장하여 기존의 백라이트에서 사용하는 슈트(sheet) 수의 감소를 통하여 원가 절감을 이룰 수 있을 뿐만 아니라 광학 슈트에서 발생하는 광 손실을 감소시키고 광 플럭스(flux)를 증가시켜 고휘도의 품질 특성을 달성하려는 목적으로 연구되어 왔다. 면광원은 형상에 따라 serpentine 구조와 T-FFL로 나눌 수 있으며 사용기체에 따라 수은 및 무수은 면광원, 전극의 위치에 따라 내부전극 및 외부전극으로 분류할 수 있다.

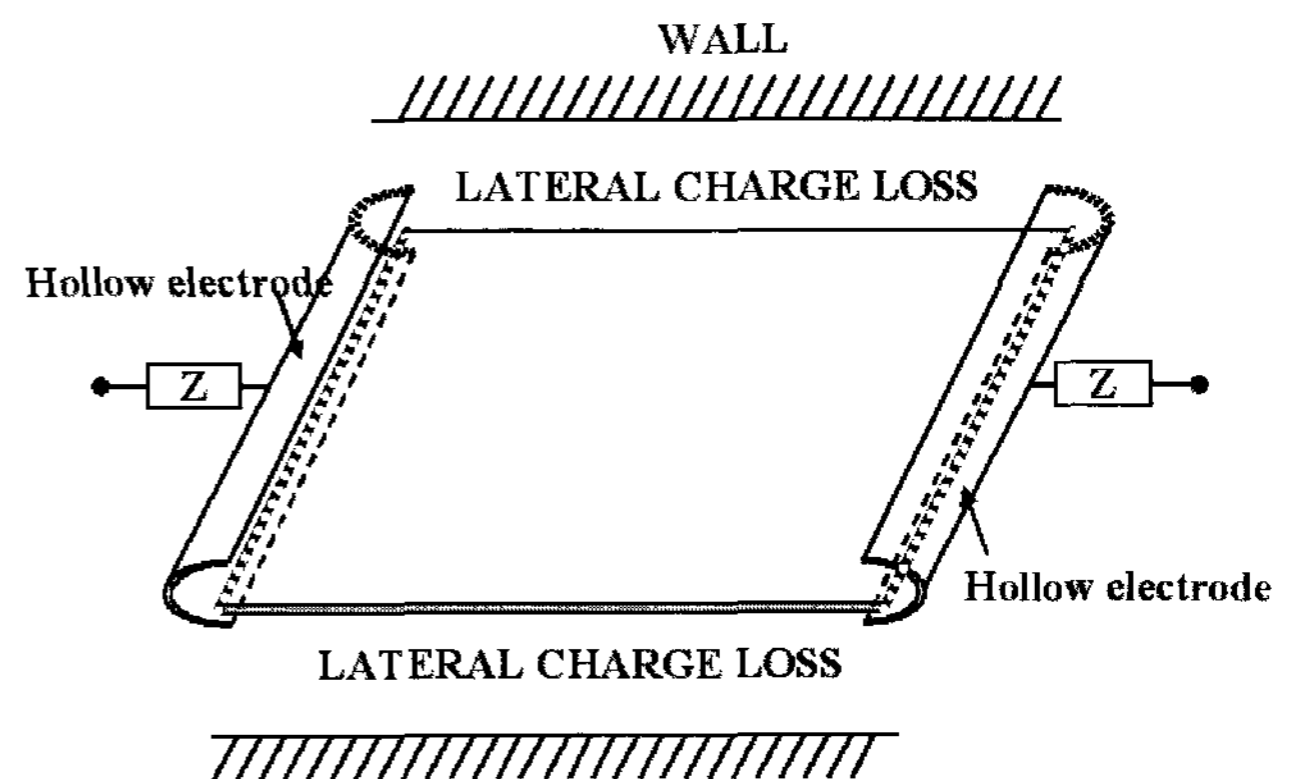
1) 수은 면광원

최초의 면광원은 1946년에 Serpentine 구조를 채택하고 양단에 필라멘트 전극을 설치한 구조로서 이후 수명 및 광효율 개선을 위하여 전극은 hollow cathode 및 외부전극 등으로 변형되어 왔다^[12].

이와 같은 Serpentine 구조의 면광원은 유리를 성형하여 상하판 사이에 별도의 spacer 없이 방전공간을 유지할 수 있어 제조공정을 단순화하고 무게를 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 유리 성형 기술의 확보가 쉽지 않으며 전극을 Serpentine 구조의 양끝에 설치하기 때문에 고압의 전원이 필요하므로 전극의 sputtering에 의한 소모 및 누설전류가 크게 발생하고 채널 사이에 비발광 영역이 발생할 뿐만 아니라 대형화하기가 어렵다는 단점이 있다. 그러나 이러한 단점에도 불구하고 공정의 단순화 및 자동차가 가능하기 때



[그림 5] Serpentine 구조의 면광원



[그림 6] T-FFL^[14]

문에 Serpentine 구조를 이용한 면광원에 대한 연구가 최근에 여러 업체들에 의해서 활발히 진행되고 있으며 이러한 연구의 산물로서 최초의 상용화 제품으로서 32인치 면광원이 발표된 바 있다^[13].

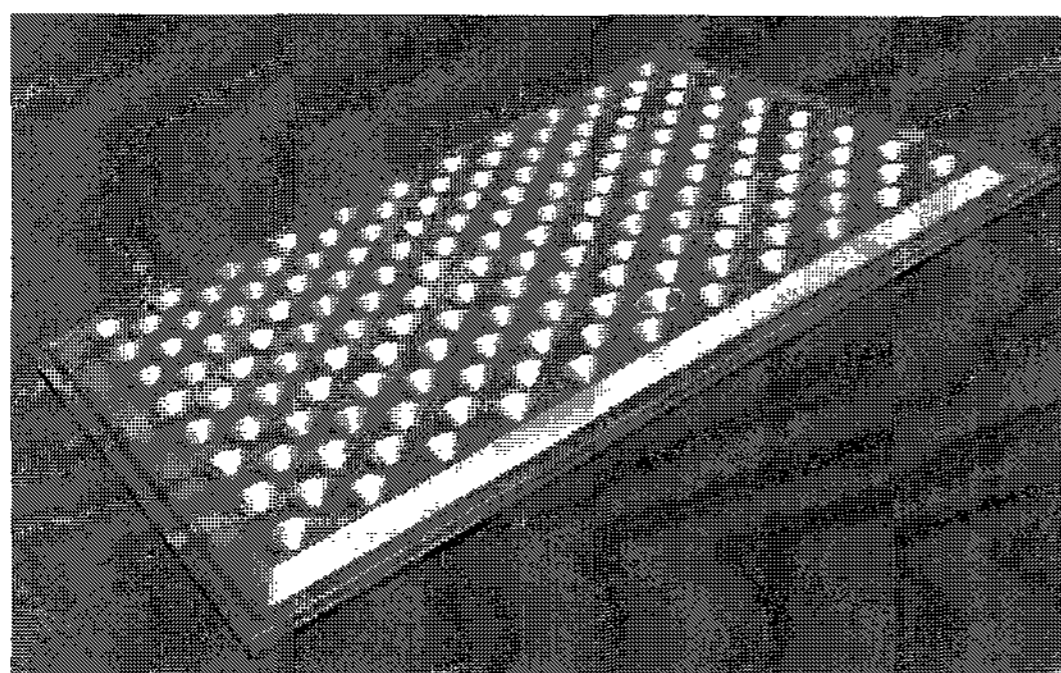
한편에서는 Serpentine 구조를 이용하지 않고 상하면에 방전 공간 유지를 위해 막대(bar) 혹은 구(ball) 형태의 spacer를 사용한 T-FFL(true FFL)에 대한 연구가 진행되고 있다^[14-15].

최초의 T-FFL은 기판의 양단에 U형태의 hollow cathode를 설치한 구조로, 이후 형태의 변형 및 플라즈마 디스플레이의 기술의 응용을 통하여 다양한 구조가 시도되었으나 아직까지 주목할 만한 성과를 이루지 못한 상태다. 특히 플라즈마 수축(contraction)이 심하기 때문에 이에 대한 안정적 영역의 확보 및 해결이 중요 과제이다.

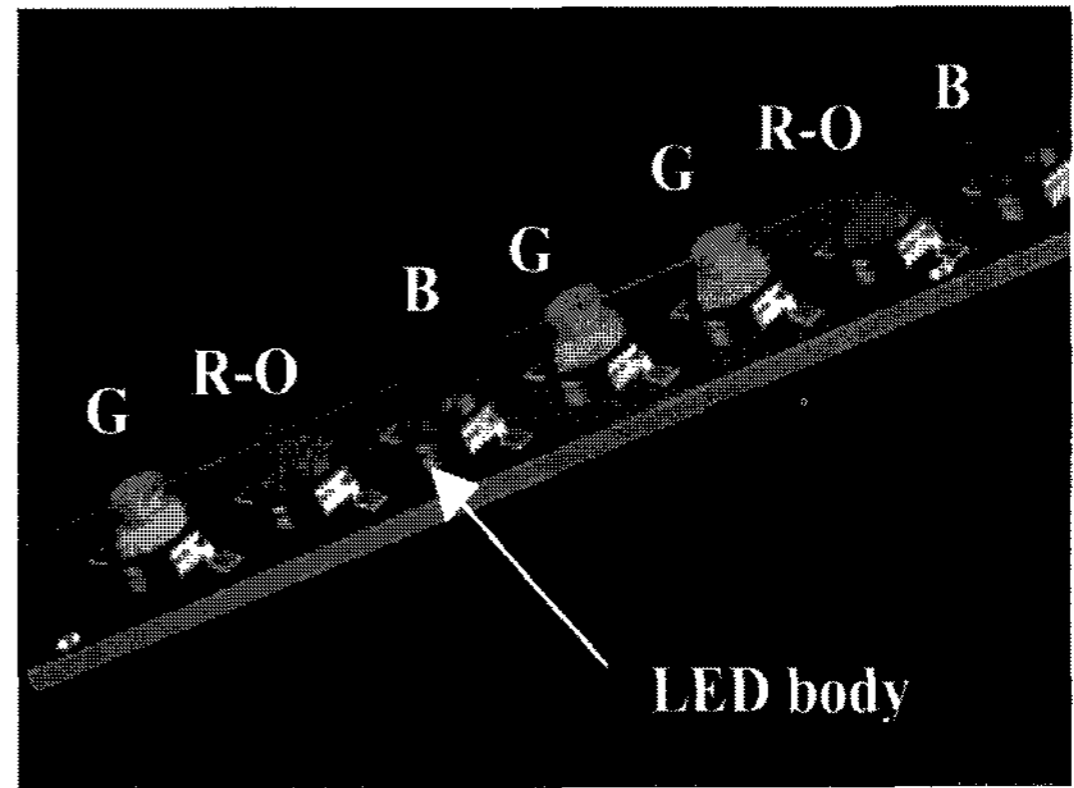
2) 무수은 면광원

액정 디스플레이에 사용되는 램프는 2007년 발효되는 RoHS에 의한 수은 등 각종 오염 물질에 대한 환경 규제외 제외 조항이기는 하나 이에 대한 적극적인 대응으로서 무수은 램프를 개발하려는 연구가 진행 중이다.

대부분의 무수은 램프는 제논(Xe) 기체의 공진선인 147nm와 엑시머(excimer)인 173nm를 이용하고 있다. 그러나 제논을 사용할 경우 가시광선으로 변환 시 장파장인 수은(253.7nm)에 비교하여 변환 손실이 크고 부 글로우(negative glow) 영역을 사용하기 때문에 효율이 수은 램프에 비교하여 낮을 수 밖에 없는 한계를 가지고 있다. 또한 고압(high pressure)에서 발생하는 173nm를 사용하기 때문에 탄성 충돌에 의한 열 손실이 많이 발생하는 것도 효율을 낮추는 한 요인으로 작용하고 있다. 이러한 문제점에도 불구하고 환경 친화적이라는 장점을 가지고 있기 때문에 OSRAM에서는 제논 방전을 이용한 30인치 무수은 면광원을 발표하였다(2004). 상하판 유리에 spacer를 설치하고 유전벽 방전구조의 PLANON I을 2000년에 발표한 이후 최근에 상판 유리를 성형하여 제조 공정을 단순화하고 전극의 배치를 외부전극으로 전환한 PLANON II를 발표하였다^[16]. 제품 제조 기술의 우수함에도 불구하고 35lm/W로 효율이 낮아 고 소비전력을 사용하기 때문에 전체적으로 발열이 심하여 현재 사용은 어려우나 LED와 함께 차세대 백라이트 광원으로서는 지속적인 연구가 진행 중이다.



[그림 7] 오스람의 PLANON II



[그림 8] LED by Lumileds Lighting

5. 발광다이오드(LED)

LED는 화합물 반도체를 이용하여 전기적 신호를 빛으로 전환하여 사용하는 장치이다. 다른 광원에 비교하여 수명이 길고 낮은 전압을 사용하기 때문에 범용 IC를 사용할 수 있다. 또 응답속도 및 내 충격성이 우수하다는 장점과 함께 각 R, G, B LED를 사용할 경우 색재현성이 우수(>100%)할 뿐만 아니라 무수은 광원이기 때문에 환경 친화적이라는 장점을 가지고 있어 차세대 광원으로 크게 각광 받고 있다^[17].

특히 LED의 한계였던 휘도 문제가 최근에 크게 개선되면서 본격적인 LED 시대를 예고하고 있다. 액정디스플레이에 사용하는 LED는 크게 UV와 RGB형광체를 이용한 백색 LED와 각각의 RGB LED를 색 혼합하여 사용하는 것으로 나눌 수 있는데 고품위, 대화면 액정 디스플레이의 경우 높은 색재현성을 요구하고 있기 때문에 RGB LED를 사용하고 있다.

SONY에서 LED를 채용한 액정 디스플레이를 발표한 이후 이에 대한 연구가 가속화 되고 있는 상황이다. 그러나 앞에서 기술한 장점에도 불구하고 아직까지 LED 광원의 효율이 대략 35lm/W 수준으로 낮아 소비전력이 매우 높고 점광원(point source)인 LED를 이차원화하기 위해서는 상당수의 LED를 사용하여야 하기 때문에 발열 문제 및 조립성, 색 혼합(color mixing)의 문제를 해결하여야 한다. 또한 아직까지 BLU 업체의 수요를 만족시킬 수 있을 만큼의 대량 생산 체제가 이루어지지 않는 관계로 가격이 높기 때문에 저원가화를 진행하고 있는 액정 디스플레이에 적용하기 위해서는 상당한 가격 하락이 요구된다.

6. 전계방출 램프(FEL)

전계 방출 소자는 고진공(10^{-6} Torr 이하) 속의 음극에 10^6 V/m 이상의 전계를 인가하여 터널링(tunneling) 효과에 의하여 발생한 전자를 가속시켜 형광체에 충돌시킴으로써 가시광선으로 변환시키는 원리를 이용한다^[18]. 초기에 실리콘이나 몰리브덴 팁(tip)을 이용한 spindt 방식을 이용하였으나 구조 및 프로세스가 복잡하고 저비용화가 곤란하다

는 문제점이 있다. 최근에는 탄소나노튜브(Carbon Nano Tube)를 이용한 연구가 활발히 진행되고 있는데 CNT는 전기 전도도, 기계적 강도가 높으며 Fowler-Nordheim 방정식에서의 기하학적 요소에 의한 전기장 향상 효과가(field enhancement factor) 매우 높기 때문에 유력한 음극 물질로서 사용되고 있다^[18].

$$J=a(E/\phi)\exp[b\phi^{3/2}/E]$$

단, J: 방출전류밀도(A/cm²)
E: βV(인가 전계(V/cm))
φ: 일함수(eV)

ISE, Noritake, Nanopacific^[19]과 같은 업체에서 CNT를 이용한 광원을 발표하였으나 CNT의 단수명화 및 방출 불균일성의 문제점을 안고 있다. 장수명화를 위한 방안으로서 방출 site를 늘리기 위한 방안이 연구 중이나 최종적으로 장수명을 위한 음극 물질의 개발 및 저전압에서의 발광 효율을 높이기 위한 형광체의 개발이 중요 과제이다. CNT의 단수명을 해결하기 위한 방안으로서 유전체와 금속 가루(powder)를 혼합한 막에 전계를 인가하여 전자를 방출하는 MIM(Metal Insulator Metal)/MIV(Metal Insulator Vacuum)의 원리를 이용한 FEL이 연구 중이나 낮은 효율로 인하여 상용화 단계에는 이루지 못한 상태이다^[20].

IV. 광원의 개발 동향

앞에서 다양한 종류의 광원에 대하여 간략하게 기술하였다. 현재 액정 디스플레이 백라이트는 기존의 CCFL 일변도에서 벗어나 차세대 백라이트로서 EEFL, FFL, LED 등의 다변화 기술로 전환되고 있다. 이는 액정 디스플레이의 대형화와 더불어 PDP와 같은 경쟁 기술에 대한 기술적, 가격적 우위를 확보하기 위한 기술 개발 요구에 대한 대응의 결과이다. 이에 향후 액정 디스플레이 백라이트의 개발 방향에 대해서 살펴보도록 하자.

1. 수은 램프

현재 액정 디스플레이의 주요 과제는 원가 절감을 통한 시장의 확대에 있다. 이와 같은 목적을 달성하기 위하여 CCFL은 원가 절감을 위한 기술로서 장척화 및 U형태 램프 사용을 추진하고 있다. 장척화 및 U형태 램프의 사용할 경우 사용 램프 및 인버터의 수를 줄일 수 있어 BLU 구조의 단순화를 통한 원가 절감이 가능하다. 또한 전극 수의 감소에 따른 음극 강하 영역에서의 전력 소모를 줄일 수 있어 효율을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 장척화됨에 따라 유리의 제조가 어렵고 기계적 강도가 저하되며 유리 상하간의 형광체의 비중 차이에 의한 색도 얼룩이 발생하기 쉽다. 또한 시동 및 유지 전압이 높기 때문에 누설전류 및 전극 절연 대책이 필요할 뿐만 아니라 수은의 불균일한 분

포가 발생하기 쉽다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로서 Full Bridge 방식의 구동 기술의 개발과 더불어 누설 전류 및 전기 절연 대책이 필요하다. 특히 CCFL의 경우 병렬 구동 기술 개발을 통한 저 원가화가 중요 과제이다.

EEFL의 경우 CCFL 대비 효율 및 원가 경쟁력을 가지고 있기 때문에 향후 EEFL로의 전환이 유력할 것으로 보인다.

FFL의 경우 쉬트 제거 및 기구적인 간소화, 자동화가 가능하기 때문에 더욱 큰 원가 절감 기술로서 대두되고 있다. 따라서 향후 EEFL의 경쟁 기술로서 차세대 백라이트 시장을 두고 격돌할 것으로 보인다. 또한 플라즈마를 이용한 형광램프 방식의 백라이트는 다가오는 LED의 BLU화에 대응하여 기술적으로 자외선 방사의 저감을 통한 장수명화, 고색재현성, 형광체 응답 속도의 단축 등의 기술적 발전이 요구된다.

2. 무수은 램프

무수은 램프는 현재의 효율을 수은 램프 수준으로 올리는 것이 핵심 과제가 될 것이며 이를 위해서는 새로운 자외선 방사 기체의 개발이 필수적이다. 환경규제를 이유로 2006년 이후의 사용을 예측하는 의견이 있으나 에너지 문제를 고려할 때 이와 같은 예측이 실현되기는 쉽지 않을 것으로 전망된다. LED의 경우 당장 시장의 주력 제품군으로서의 위상을 차지할 것으로 보이지는 않으나 고색재현성 및 빠른 응답속도 등의 장점을 보유하고 있으며 환경 친화적인 장점을 가지고 있기 때문에 지금과 같은 효율 향상 속도를 가지고 발전한다면 2-3년 내에 EEFL 및 FFL의 경쟁자로 자리매김 할 수 있을 것이다. 그러나 아직도 해결해야 할 난제가 많기 때문에 결국 LED 자체의 발전 속도가 LED의 본격적인 시장 진입 시기를 결정하게 될 것이다.

FEL의 경우 오랜 연구 기간에도 불구하고 단수명 및 저효율의 문제점으로 인하여 재료 개발에 있어서 획기적인 도약이 필요하다.

V. 결 론

액정 디스플레이의 대형화 및 저가격화가 진행됨에 따라 기존의 원가절감 및 특성 향상을 위하여 CCFL에서 EEFL 및 FFL, LED로 전환하려는 노력이 활발히 진행되고 있다. 현재까지 어느 하나도 확실한 우위성을 확보하지 못하고 있으나 가격 파괴적이고 BLU의 특성을 향상하는 기술이 차세대 백라이트로서 자리매김할 것은 확실하다. 그러나 이러한 노력은 시장에서 경쟁 디스플레이에 대한 액정 디스플레이의 우위 확보라는 커다란 전제하에 이루어질 것이며 각 광원 간의 장단점을 보완하고 흡수하려는 노력이 보다 나은 소자로서 액정 디스플레이를 만드는데 일조하는 방향으로 연구가 진행되기를 기대한다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Yoshida, H. furukawa, M. Ueno, E. Ikuta, S. Daly, X. feng, I. Sezan, Y. Kikuchi, T. Fujine, M. Sugino, Proceedings of the 24th Intl Display Research Conference, pp.30 (2004).
- [2] S. Mikoshiba, 2002 SID Korea chapter seminar.
- [3] E. Y. Oh et al., Proceedings of the 24th International Display Research Conference, pp.799 (2004).
- [4] M. Anandan, SID2001 Seminar lecture notes (june 8), pp.F2/37.
- [5] J. H. Kim et al., Proceedings of the 24th International Display Research Conference, pp.795 (2004).
- [6] H. Noguchi, H. Yano, SID Intl, Symp. Digest Tech, pp.935 (2004).
- [7] T.S. Cho, Jpn. Journal of Appl. Phys. 41(12), pp. 7518 (2002).
- [8] G.S. Cho, J. Y. Lee, D.H.Lee, J.H. Koo, E.H. Choi, B.S.Kim, S.H.Lee, M.S.Pak, J.G.Kang, J.P.Verboncoeur, J. Phys. D : Appl. Phys. 37, pp.2863 (2004).
- [9] 이준용 외, 전기전자 및 정보통신 재료공학, 동일출판사, pp.115 (2002).
- [10] J. F. Waymouth, ELECTRIC DISCHARGE LAMP, MIT Press (1971).
- [11] L. T. Guzowski, US Patent No. 6,341,879 (2002).
- [12] John E. Holmes. US Patent No.2, 406, pp.146 (1946).
- [13] I.S.Hwang et al., SID Intl, Symp. Digest Tech, (2004).
- [14] M. Anandan, IEEE Trans. Electron Devices, 39 (6) (1992).
- [15] Y. Ikeda et al., SID Intl. Symp. Digest Tech. pp. 938 (2000).
- [16] M. Ilmer et al., SID Intl, Symp. Digest Tech, pp. 931 (2000).
- [17] R.S. West et al., SID Intl, Symp. Digest Tech, pp. 1262 (2003).
- [18] 이종덕 외, 디스플레이공학 I, 청범출판사. pp.419 (2000).
- [19] J. Y. Park, Intl. Nanotech. Symp, pp.887 (2004).
- [20] S.H.Park, C.S. Hwang, S.J.Yun, SID Intl, Symp. Digest Tech, pp.316 (2003).