

CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)의 현황

이종찬 (금호전기(주) 기술원 팀장/책임연구원)

1 서론

FPD(Flat Panel Display)중 가장 높은 비중을 차지하는 디스플레이는 LCD로, 대규모 기술투자 및 비약적 발전에 힘입어 전체 FPD시장의 약 75(%)이상을 점유하고 있다. PDP의 경우 40("이상의 대화면용으로써 경쟁력을 지니고 있으며, 소형 디스플레이로는 LCD와 더불어 OLED(Organic Luminescent Emitting Diode)가 각축을 벌이고 있으며, 중소형 FPD시장에서는 LCD, PDP, OLED, FED가 경쟁을 하고 있다. 이렇듯 LCD는 자체적으로 발광하지 않는 수동적 소자로 LCD가 타 FPD와 제품 경쟁력 확보를 위해서는 CRT와 동등 이상의 고화질 특성을 가져야 한다. 이를 위해서는 LCD 패널 자체 기능을 향상 시켜 일부 가능하나, LCD 패널의 배면에서 밝은 백색광을 발광하는 BLU는 LCD에 절대적 기술 지원 요소로서 없어서는 안 되는 부품이다.

현재, BLU의 광원으로 LED와 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp: 냉음극형광램프)가 주류를 이루며, LED의 성능과 장점으로 시장의 변화를 불러 일으키고 있다.

CCFL이 냉음극관 발광을 위해 소요되는 수은은 RoHS Directive에 의해 2006년 말부터 전자 제품

에서 사용량 규제를 함에 따라 이는 또 다른 하나의 비판세 무역 장벽이 되고 있다. 이에 따라 환경 규제를 대응하기 위한 친환경성 전자 제품의 기술 개발이 요구되어지고 있으며, 그 방안으로 저 수은 사용 방식을 이용하는 광원 개발 요구가 대두되고 있다.

CCFL의 해외 주된 공급사로 Techtuit H.K LTD, Casio Singapore PTE LTD, Ushio Hongkong LTD, Colcoat CO LTD, Tianjin Amphenal KAE 및 대표 주자인 일본의 Harrison Toshiba Lighting이 있다. Harrison Toshiba Lighting은 기존의 백라이트에 이용되고 있는 냉음극관형 램프의 주 메이커로서, 액정 패널이 커짐에 따라서 비용의 증가, 소비전력 증가, 발열 증가 등의 불리한 점을 극복하고자 램프의 사용 숫자를 줄이고, 길이를 늘이는 방향으로 진행되고 있다. 대형 액정 패널의 경우 램프의 길이를 늘여서 세로로 램프를 배열하던 것을 가로로 배열하는 방법과 램프를 ㄷ자형 또는 U자형으로 제조하여 램프의 숫자를 줄이고 있다. 이에 따라 2003년 길이 1,000(mm) 냉음극관을 양산하고, 1,200(mm) 냉음극관을 소량 생산하기 시작하였다. 장관화 램프는 고전압에 따른 안전성 확보와 변형 대책이라는 대한 과제를 안고 있으며, 이를 점등 시키기 위한 인버터의 개발도 진행되고 있다.

저가형 BLU를 제작하기 위해 단일 인버터 형으로 전원장치를 이용한 CCFL을 개발 중에 있으나 광효율 및 균일도 측면에서 문제가 발생하여 실제 적용은 하지 않고 있으며, 광원을 변경하여 다른 방식으로 기존의 저가형 세관형 형광램프를 사용한 BLU를 제작하여 저가격에 모색하고 있다.

무수은 Lamp를 위해 전극 구조를 변경한 방식이 대두 되고 있으며, 이와 병행하여 대체 물질로 유사 파장을 갖는 Xe와 Xe의 혼합 물질인 XeCl가 대두되고 있으나 이는 발광 효율이 수은에 비해 현저히 낮다는 문제를 안고 있으며, 이에 따라 새로운 대체 물질을 개발 중에 있으나 실 제품 적용에는 많은 어려움이 있을 것으로 예상되고 있다.

국내 CCFL을 채택한 BLU의 공급처로 태산 LCD, 우영, 한솔 LCD, 엘엔 에프, 희성전자, 금호전기 및 우리조명이 있다. 현 CCFL BLU의 적용 시장은 원가 문제로 인버터의 수를 줄이고 수명 문제를 해결하기 위해 CCFL형 광원을 EEFL형 광원으로 바꾸는 움직임이 있으나, EEFL의 사용 시 광휘도 및 균일도에 문제가 있어 소요 램프의 수가 CCFL의 광원 수량보다 많이 사용되고 전원 장치도 Master/Slave로 두 개를 두어 원가를 줄이는데 큰 이득이 없고 전원 장치의 안정성 및 효율이 떨어져 큰 효과가 없다. 또한 대형 LCD TV에서는 EEFL의 길이에 한계가 있어 대형 Size의 LCD TV는 CCFL을 적용한 BLU를 사용하고 있다.

2. 본 론

냉음극 형광램프는 수 [mm] 직경의 Borosilicate 유리관내부에 보호막 및 형광체를 도포한 후 양단에 공음극(hollow cathode)을 설치하고 50~70(torr)의 네온(Ne) 및 아르곤(Ar)가스와의 수은(Hg)을 봉입하여 사용한다. 유리관 양단의 전극에 전압을 인가하면 생성된 전기장에 의하여 전자가 가

속되는데 가속된 전자가 수은을 여기 시키게 된다. 이때 발생하는 185(nm)와 253.7(nm)의 자외선이 형광체를 여기시켜 가시광선으로 전환되어 방사된다. 열음극 형광램프와 비교시 3~5(mm)로의 세경화가 가능하며 효율은 상대적으로 낮으나 공음극효과(Hollow Cathode Effect)를 이용하기 때문에 다른 형광램프와 비교하여 고휘도가 가능할 뿐만 아니라 양산성 및 신뢰성이 이미 검증된 것이 장점으로 작용되고 있다. 소등 시에는 외부로부터의 빛에 의하여 소수의 자유 전자들이 생성된다. 수은은 램프 내부에서 이온이 아닌 원자로서 존재하고, 원자로서의 수은은 UV를 방사하지 않는다. 고전압이 램프의 양극에 인가되면, 전극에서 자유전자들이 방출되어 많은 Ne, Ar 이온을 생성하게 된다. 이온(플라즈마)간에 2차 충돌로 인하여, 수은 또한 이온으로 바뀌고 이것은 다른 이온들과 섞이게 된다. 플라즈마 공간에서 이온화된 수은은 UV(자외선)를 방사하며 발생된 UV는 다시 형광체를 자극시켜 가시광선이 된다.

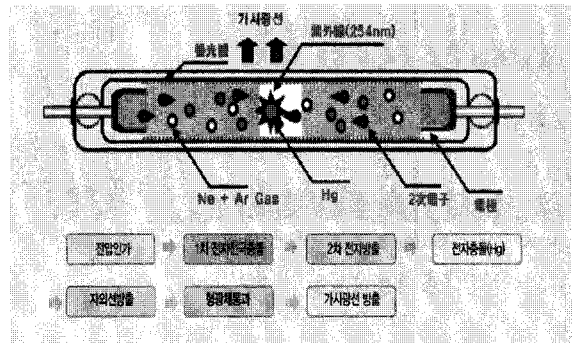


그림 1. CCFL의 동작원리

정보전달의 가장 직접적인 매개체가 되고 있는 디스플레이는 발광형과 비발광형으로 구분된다. 현재 가장 많이 보급되어 있는 평판 표시 장치인 LCD가 비발광형 표시장치의 대표적인 예라면 Cathode Ray Tube(CRT)표시장치나, 플라즈마 표시장치, 전계 발광형 표시장치 등은 발광형에 속한다. 이들 발

광형 표시장치는 전자나 광자에 의해 여기 되는 발광 물질(형광체)을 통해 정보를 형상화하기 때문에 가장 자연스러운 화상을 제공할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 여기서 발광물질, 즉 형광체는 외부에너지를 흡수하여 가시광을 방출하는 물질이며, 가시광을 방출하는 현상을 발광(luminescence)이라고 한다. 이때 형광체에 흡수되는 외부에너지의 형태를 접두어로 사용하여 발광현상을 빛발광(photoluminescence: PL), 전계발광(electroluminescence: EL), 음극선발광(cathodeluminescence: CL)등으로 분류한다. 정보 표시용으로 사용되는 PDP, ELD, CRT와 FED는 형광체의 PL, EL, CL을 각각 이용한 것으로 형광체의 광학적 제 특성이 동일할 것 같으나 발광 원리 자체가 다르기 때문에 응용에 따라 형광체의 특성은 매우 다르게 나타난다.

형광체는 일반적으로 임자 결정(Host Lattice)과 적절한 위치에 불순물이 혼입된 활성이온(activator)으로 구성되는데, 이들 활성 이온들의 농도는 수 ppm에서 수 퍼센트에 이른다. 이들 활성 이온들의 역할은 발광과정에 관여하는 에너지 준위를 결정함으로써 발광색을 결정하며 발광 효율에 지대한 영향을 미친다. 때로는 입자결정 내에서의 전하균형을 위해 부 활성제(co-activator)가 첨가되기도 한다. 형광체의 형상은 이들 활성제가 혼입된 결정구조로 구성된 수 [μm]크기의 분말형태를 띄거나 박막(thin film)형태를 취한다. 현재 CRT, PDP등의 표시장치에 사용되고 있는 대부분의 형광체는 분말형태이다.

형광체는 자극 발광 (파장 253.7(nm)부근)을 흡수하여 그 Energy를 방사하는 물질로 발광성을 가져야 하며 자극 energy인 수은의 저 증기압 방전에 의해 발생한 짧은 자외선 파장을 흡수하여 파장이 긴 가시광선으로 방사하는 물질을 화학적으로 조성시킨 무기물의 복합 산화물로서 원료로는 붕산염(xM2Oy B2O3 zH2O), 규산염(xM2O SiO2), 인산염(xM2 PO4), 텅스텐염(xM2Oy WO3 zH2O)등과 알루미늄

(Al), 티타늄(Ti), 게르마늄(Ge), 주석(Sn), 바나듐(V)등 금속으로 형성되며 활성제로는 망간(Mn), 구리(Cu), 납(Pb), 안티몬(Sb) 등과 혼합 고열 처리하여 가시광선을 발산할 수 있게 조성되어 있다.

주광색, 백색, 은백색계 형광체의 조성은 보통 가장 많이 사용되는 형광체로서 주원료는 CaHPO4, CaCO3, CaF2, CaCl2등을 사용하여 복잡한 반응을 거쳐 고열 분해된 Ca5(PO4)3 F, Cl을 생성시켜 부활제 Sb로 활성화하여 활성제 Mn량을 적절히 선택함으로써 발기파장 약350~750(nm) 범위의 다양한 3Ca3(PO4)2Ca(F,Cl)2/Sb,Mn의 형광체를 얻게 된다. 청색계 형광체의 조성은 일반적으로 CaO3, WO3를 원료로한 침전법을 이용 고온, 소성시킨 CaWO4 형광체와 활성제 Pb를 첨가한 CaWO4/Pb형광체가 있으며 극대 파장이 약 400~420(nm)이다. 이외에 MgO WO3를 소성시켜 최대 Peak파장이 약 480(nm) 부근에서 발광하는 양자 효율이 높은 MgWO4 형광체등 여러 종류가 있다. Green계 형광체의 조성은 일반적으로 ZnO2와 SiO2를 과잉 반응시켜 활성제 Mn을 고온 가열 냉각하여 최대 발광 파장이 520(nm)가 되는 시감도가 좋은 ZnSiO4/Mn 형광체가 이루어지며, 이외에도 Y2O3, SiO2와 활성체인 CeO2, Tb4O7 소정량 혼합 환원 소성시켜 최대 발광 파장에 약 540(nm)가 되는 Y2SiO5/Ce, Tb 형광체등 그 종류가 다양하다. Red계 형광체의 조성은 적색은 형광물질로서 중요한 물질중의 하나이며, 대표적인 것은 Y2O3에 활성제 Eu2O3를 양론비로 혼합하여 고온 연성시켜 최대 Peak 파장이 610(nm)되는 Y2O3/Eu 형광체가 이루어지며 이외에도 MgO, MgF2, GeO2를 치환 혼합하여 활성제 Mn이 첨가된 최대 Peak 파장이 약660(nm)의 고연색성 3.5MgO 0.5Mg F2 GeO2/Mn형광체가 있으며, 이외에도 Red계 형광체가 많이 있다.

CCFL도 고품질의 LCD-TV에 대응하기 위해서는 색 재현범위를 NTSC(National Television

System Committee) 대비 70(%)이상이 요구되고 있으며, 이에 고색재현성 CCFL은 80~90(%)영역이 사용된다.

수은(Hg)은 형광램프내의 방전 공간에서 기체 상태로 존재하며 음극으로부터 방출된 전기 에너지를 받아 자외선으로 변환시키는 금속 물질이다. 수은은 온도 변화에 상당히 민감하고 냉부(冷部)로 편중하는 성질을 갖고 있고 원자량이 커서 상호 작용력이 강한 상온에서는 액체 상태로 존재하고 증기압도 금속 원자들에 비해 상당히 강하다. 온도가 상승하면서 증기압도 비선형으로 증가하게 되는데 램프내 조건인 60(Torr)의 압력에서는 242(°C)에서 완전 기화하게 된다. 통상 점등시 관벽온도는 Max 기준 100(°C) 내외이므로 수은 분포의 완전한 변화를 불러오지는 않고 미량의 수은이 기화하여 이동한다. 다른 조건은 모두 일정하다고 가정하고 단지 수은증기압만이 변화한 경우를 가정하면 수은증기압은 온도의 영향을 받아 온도가 높게 되면 증기압도 높게 된다. 따라서 수은증기압과 자외선 복사 능률과의 관계를 내기에는 램프를 수초 안에서 점등하고 물질의 온도를 변화시키면서 관벽 온도와 효율과의 관계를 구하면 좋다.

수은증기압이 높아져도 또 낮아져도 램프의 성능이 변화한다. 그 이유는 증기압이 지나치게 낮으면 전자와 수은원자의 충돌하는 기회가 적게 되고, 또 역으로 너무 지나치게 높은 경우에는 자외선 253.7(nm)가 공명복사선이기 때문에 정상준위의 수은원자에 의해 흡수되어 버리는 양이 많아지기 때문이다. 또한, CCFL내의 수은분포와 수은량에 따라서 램프 부위의 휘도가 달라지는 현상이 발생한다.

네온에 극히 적은 양의 아르곤을 넣은 혼합기체를 사용할 경우 CCFL의 기동전압은 100(%) 네온가스의 기동 전압에 비하면 심히 낮아진다. 이것은 네온의 준안정전압이 아르곤의 전리전압보다도 약간 높으므로 네온의 준안정원자가 아르곤원자를 극히 효율 좋게 전리하기 때문이다. 이와 같이 수은이나 불활성 가

스와 같이 준안정 상태를 형성하는 기체에 극히 적은 양의 다른 기체를 혼합한 경우, 혼합기체의 전리전압이 원기체의 준안정 상태의 여기전압보다 더 낮은 경우에는 방전전압은 심히 낮아지게 된다. 이와 같은 제 2종 충돌의 현상을 페닝 효과(Penning Effect)라 한다. 정리하면, 봉입 가스 압이 높으면 수명이 길고, 램프전압이 높으며, 휘도가 낮아진다. 반면에 봉입 가스 압이 낮으면 수명이 짧고, 램프전압이 낮으며, 휘도가 높아진다.

백라이트의 가장 기본적이라 할 수 있는 광원의 개발은 기본적으로 CCFL을 사용하여 진행되고 있다. 이 냉음극관은 열음극관보다 고효율, 고휘도, 장수명과 무엇보다도 미세관화에 유리하기 때문에 대부분이 냉음극관을 쓰고 있다. 하지만 종래의 옆에서 냉음극관만으로 빛을 내어 도광관을 거쳐 전면발광하게 하는 방식으로는 20인치 이상의 LCD패널로 갈수록 충분한 휘도가 나올 수 없다. 이에 냉음극관의 효율을 높이기 위해 유리관의 관성분을 바꾸는 것과, 관 속에 들어가는 가스 종류와 가스압의 변화, 수은양을 조절함으로써 진행되고 있으며, 미세관의 형태가 단순히 일자형의 광원이 아닌 여러 형태의 모양을 적용하며 그 모양에 대한 기술적인 부분으로 진행되고 있다. 또한, 액정표시소자의 장축인 횡축 방향으로 곡선 관을 채용하는 기술이 등장하였다. 일반적으로 램프를 ㄷ자형이나 U자형으로 구부리면 램프의 수를 절반으로 줄일 수 있는 장점이 있다. 대형 LCD의 경우 필요한 램프 수를 20~30개에서 12~15개 수준으로 줄일 수 있다. 따라서 램프의 수를 줄이기 때문에 사용되는 인버터의 수도 줄일 수 있다. 이러한 곡선관 기술이 등장한 이후 개량특허가 90년대 중반 이후에 등장했다. 관내의 굴곡부의 곡률반경 및 두께를 조절하는 기술이 대표적이다. 이 곡선 관의 궁극적인 목표가 램프를 하나로 줄인 단관 방식이다.

3. 결 론

CCFL은 LCD 장축에 램프를 배열하는 기술과 전력효율 두 가지에 주력하고 있다. 장축에 배열하는 방법은 램프와 인버터의 절감으로 이어진다. 지금까지는 세로로 배열했던 램프를 가로로 배열할 수 있도록 한다. 이 결과 30인치급의 경우 세로 배열에서는 20~30개 필요했던 램프 수를 12~16개로 줄일 수 있다. 40인치급의 경우도 마찬가지로 32개에서 20개로 줄일 수 있다. 이러한 기술적 변화는 안전성 확보와 변형대책이 필요하다. 단순히 램프가 길어지면 램프 전압이 높아지고 램프 길이가 1000(mm)가 되면 램프에 1(kV) 전후의 고전압이 항상 가해지게 된다. 1(kV)가 넘으면 램프의 단자 부근에서 코로나가 발생하고 최악의 경우는 백라이트에 불에 탈 위험성도 있다.

또 다른 램프 형태는 곡선관을 채용하는 것이다. 램프를 ㄷ자형이나 U자형으로 구부리면 램프의 수를 절반으로 줄일 수 있다. 이 곡선 관의 궁극적인 목표가 램프를 하나로 줄인 단관방식이다. 본 분석에서도 최근특허에 “ㄷ”, “U”자형 곡선형의 램프 구조 및 곡선부의 두께 등에 대한 특허가 발견되었다. 그러나, 기술적인 문제는 남아 있다. 이러한 곡선형 램프에 형광체를 균일하게 도포하는 기술이 개발여지가 남아 있다. 각 램프업체는 곡선 관의 개발을 추진하고 있는 것으로 나타났다.

◇ 저 자 소 개 ◇



이종찬(李鍾贊)

1972년 8월 13일생. 1997년 2월 원광대학교 전자공학과 졸업. 1999년 2월 원광대학교 대학원 전자재료공학과 졸업(석사). 2003년 2월 원광대학교 대학원 전자재료공학과 졸업(박사). 2003~2004년 University of Texas at Dallas, Post-Doctorial Fellow. 2004~2005년 Ehime Univ. in JAPAN, Post-Doctorial Fellow. 2005년~현재 금호전기(주) 기술원 팀장/책임연구원.

주요관심분야 : 광원, 디스플레이, 무전극 광원, 차세대 광원, LED 기타