

BLU용 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp) 기술

이 종 찬 (금호전기(주) 기술연구소)

I. 서 론

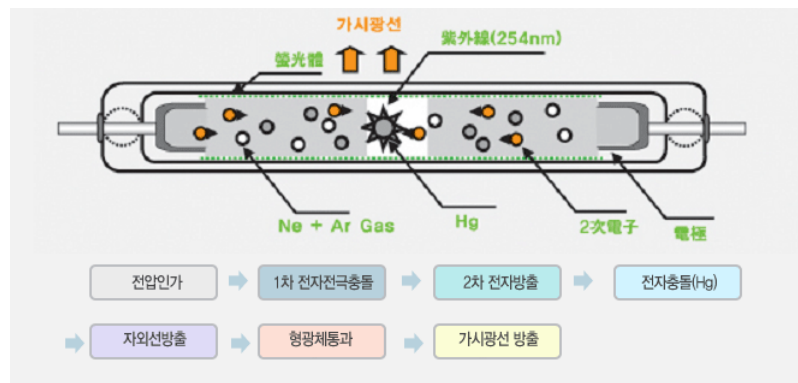
FPD(Flat Panel Display)중 가장 높은 비중을 차지하는 디스플레이는 LCD로, 대규모 기술투자 및 비약적 발전에 힘입어 전체 FPD시장의 약 75%이상을 점유하고 있다. PDP의 경우 40"이상의 대화면용으로써 경쟁력을 지니고 있으며, 소형 디스플레이로는 LCD와 더불어 OLED (Organic Luminescent Emitting Diode)가 각축을 벌이고 있다.

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 경쟁이 위축되고 있다. 형광램프 중에서 냉음극 시동방식을 이용한 CCFL은 LCD의 백라이트 등에서 사용되고 있으며, LCD시장은 2010년까지 시장규모를 15.4조원으로 예상되고 있으며 TV용 백라이트의 경우는 현재 수요가 더욱더 증가되고 있다.

CCFL은 냉음극관 발광을 위해 소요되는 수은은 RoHS 등의 환경규제로 인해 전자 제품에서 사용량 규제를 함에 따라 또 다른 하나의 비관세 무역 장벽을 소유 한다. 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



[그림 1] CCFL의 동작원리

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 기술이 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. 장관화 램프는 고전압에 따른 안전성 확보와 변형 대책이라는 대한 과제를 안고 있으며, 이를 점등 시기키 위한 인버터 기술과 연결되어 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 변경하는 기술도 진행되고 있다. 이와 병행하여 수은의 대체 물질로 유사 파장을 갖는 Xe와 Xe의 혼합 물질인 XeCl가 대두되고 있으며, 이는 발광 효율이 수은에 비해 현저히 낮다는 문제를 안고 있다. 또한 다른 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, 회성전자, 금호전기 및 우리조명이 있다. 현 CCFL BLU의 적용 시장은 원가 문제로 램프 및 인버터의 수를 줄이는 움직임이 진행되고 있다. 또한 대형 LCD TV에서는 LED와 경쟁력 확보, 원가저감을 위한 생산성 확보, 저소비전력 및 장관화의 품질 향상을 위한 노력이 진행되고 있다.

II. 본 론

1. CCFL의 동작원리

냉음극 형광램프는 수mm직경의 Borosilicate 유리관내부에 보호막 및 형광체를 도포한 후 양단에 공음극

(hollow cathode)을 설치하고 50~70torr의 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. 이때 발생하는 185nm와 253.7nm의 자외선이 형광체를 여기시켜 가시광선으로 전환 및 방사된다. 열음극 형광램프와 비교시 3~5mm로의 세경화가 가능하며, 효율은 상대적으로 낮으나 공음극(Hollow Cathode)효과를 이용하기 때문에 다른 형광램프와 비교하여 고휘도가 가능하다. 또한, LCD 부품소재가 갖추어야 할 중요한 양산성 및 신뢰성이 이미 검증된 것이 장점으로 작용 되고 있다.

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.

2. CCFL용 형광체

정보전달의 가장 직접적인 매개체가 되고 있는 디스플레이는 발광형과 비발광형으로 구분된다. 현재 가장 많이 보급되어있는 평판 표시 장치인 LCD가 비발광형 표시장치의 대표적인 예라면 Cathode Ray Tube(CRT)표시장치나, 플라즈마 표시장치, 전계 발광형 표시장치 등은 발광형에 속한다. 이들 발광형 표시장치는 전자나 광자에 의해 여기되는 발광물질(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. 이 때 형광체에 흡수되는 외부에너지의 형태를 접두어로 사용하여 발광현상을 빛발광(photoluminescence: PL), 전계발광(electroluminescence: EL), 음극선발광(cathodeluminescence: CL)등으로 분류한다. 정보 표시용으로 사용되는 PDP, ELD, CRT는 형광체의 PL, EL, CL을 각각 이용한 것으로 형광체의 광학적 제 특성이 동일한 것 같으나 발광원리 자체가 다르

기 때문에 응용에 따라 형광체의 특성은 매우 다르게 나타난다.

형광체는 일반적으로 입자 결정(Host Lattice)과 적절한 위치에 불순물이 혼입된 활성이온으로 구성되는데, 이들 활성 이온들의 농도는 수ppm에서 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.

CCFL 형광체는 자극 발광 (파장 253.7nm부근)을 흡수하여 그 Energy를 방사하는 물질로 발광성을 가져야 한다. 자극 energy인 수은의 저 증기압 방전에 의해 발생한 짧은 자외선 파장을 흡수하여 파장이 긴 가시광선으로 방사하는 물질을 화학적으로 조성시킨 무기물의 복합 산화물로서 원료로는 붕산염($x\text{M}_2\text{O}_y \text{B}_2\text{O}_3 \text{zH}_2\text{O}$), 규산염($x\text{M}_2\text{O} \text{SiO}_2$), 인산염 ($x\text{M}_2 \text{PO}_4$), 텅스텐염 ($x\text{M}_2\text{O}_y \text{WO}_3 \text{zH}_2\text{O}$)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 CaHPO_4 , CaCO_3 , CaF_2 , CaCl_2 등을 사용하여 복잡한 반응을 거쳐 고열 분해된 $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 \text{F}$, Cl 을 생성시켜 부활제 Sb로 활성화하여 활성제 Mn량을 적절히 선택함으로써 발기파장 약 350~750nm 범위의 다양한 $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}(\text{F},\text{Cl})_2/\text{Sb},\text{Mn}$ 의 형광체를 얻게 된다. 청색계 형광체의 조성은 일반적으로 CaO_3 , WO_3 를 원료로한 침전법을 이용 고온, 소성시킨 CaWO_4 형광체와 활성제 Pb를 첨가한 CaWO_4/Pb 형광체가 있으며 극대 파장이 약 400~420nm이다. 이외에 MgO WO_3 를 소성시켜 최대 Peak파장이 약480nm 부근에서 발광하는 양자 효율이 높은 MgWO_4 형광체등 여러 종류가 있다. Green계 형광체의 조성은 일반적으로 ZnO_2 와 SiO_2 를 과잉 반응시켜 활성제 Mn을 고온 가열 냉각하

여 최대 발광 파장이 520nm가 시감도가 좋은 ZnSiO_4/Mn 형광체가 이루어지며, 이외에도 Y_2O_3 , SiO_2 와 활성체인 CeO_2 , Tb_4O_7 소정량 혼합 환원 소성시켜 최대 발광 파장에 약 540nm가 되는 $\text{Y}_2\text{SiO}_5 / \text{Ce}, \text{Tb}$ 형광체등 그 종류가 다양하다. Red계 형광체의 조성은 적색은 형광물질로서 중요한 물질 중에 하나이며, 대표적인 것은 Y_2O_3 에 활성제 Eu_2O_3 를 양론비로 혼합하여 최대 Peak 파장이 610nm 되는 $\text{Y}_2\text{O}_3/\text{Eu}$ 형광체가 이루어지며 이외에도 MgO , MgF_2 , GeO_2 를 치환 혼합하여 활성제 Mn이 첨가된 최대 Peak 파장이 약660nm의 고연색성 $3.5\text{MgO} 0.5\text{Mg F}_2 \text{GeO}_2/\text{Mn}$ 형광체가 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.

3. CCFL 방전특성

(1) CCFL 관장과 상대회도

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 60Torr의 압력에서는 242℃에서 완전 기화하게 된다. 통상 점등시 관벽온도는 최대 기준 100℃ 내외이므로 수은 분포의 완전한 변화를 불러 오지는 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 능력과의 관계를 내기에는 램프를 수초 안에서 점등하고 물질의 온도를 변화시키면서 관벽 온도와 효율과의 관계를 구하면 좋다.

CCFL의 관장(Lamp length)은 램프의 전압과 매우 밀접한 관계를 갖는다. 전압강하는 램프 전압과 양광주 부분의 전압강하로 나누어지는데 양광주 부분의 전위경도는 전극의 종류 및 관 길이에 관계없이 관경과 전류 및 증기압만 결정되면 나머지 부분은 일정하다. 따라서 관전압은 그 길이에 비례하여 높게 된다. 이런 이유로 인하여 램프길이가 길어질수록 전체의 관전압에 대해서 전압강하가 점유하는 비율은 적게 되어 효율이 좋게 된다. 한편, 전극부분의 전압강하는 전극의 종류에 따라서 틀려지지만 일반적으로 100V정도가 된다.

(2) 봉입 가스압에 따른 램프 특성

CCFL의 봉입가스는 Ar, Ne, Kr, Xe등의 불활성 기체를 2종 이상 혼합하여 봉입하는 것이 효과적이다. Ne과 같이 준안정전압이 높은 가스를 사용하는 경우에 Ar처럼 전리전압이 조금 낮은 가스를 소량 투입하여 방전 초기 전압을 낮추기 위해서이다. 이는 일반적인 형광등에서도 사용되는 Penning효과를 이용한 것이다. 봉입가스압력에는 최적치가 있는데 가스압이 낮을 경우 전자의 평균자유행정이 크게 되고 전자는 고속으로 관벽 혹은 전극으로 향해 날아가 그 사이 수은원자에 충돌하여 이것을 여기하는 확률이 적게 된다. 한편, 가스압이 너무 높으면 평균자유행정이 역으로 작기 때문에 전자와 기체원자간의 충돌회수가 너무 많아져 체적손실이 증가하므로 역시 효율이 떨어진다. 따라서 이상의 관벽손실과 체적 손실과의 합을 더욱 적게 하는 최적의 가스압이 존재한다. 일반적인 CCFL의 봉입가스압인 50~80Torr를 기준으로 가스압이 램프의 특성에 미치는 변화를 간단히 요약하면 봉입가스압이 높으면 수명이 길고, 시동전압이 높으며, 휘도가 낮아진다. 또한 봉입가스압이 낮으면 수명이 짧고, 시동전압이 낮으며, 휘도가 높아진다.

봉입가스압이 낮을수록 램프의 광특성 및 효율은 좋아지지만 CCFL의 사용특성상 수명은 매우 중요한 요소로 작용하므로, 실제 램프제조회사들은 50~ 80Torr정도로 주입하여 30,000시간 이상의 수명을 보장하고 있다.

(3) 전극 재질 및 형상에 따른 램프 특성

CCFL에서 전극의 역할은 램프내에서 전자원으로 전

자를 방출하는 도체 또는 방전 전류가 흐르는 도체이다. 모든 금속은 진공 상태에서 열을 가하면 전자를 방출하며 일함수가 낮을수록 고휘도, 저발열, 장수명을 얻을 수 있다. 전극은 장시간 점등 중에 고전압에 의하여 스파터링이 전극의 바닥부분에 집중하여 전극 바닥 부분에 구멍이 뚫릴 우려가 있다. 이는 용융온도가 낮은 전극일수록 스파터링이 심해져 전극의 비산 물질과 수은 화학 반응하여 아말감을 형성하게 되고 유효수은이 고갈되어 수명이 단축되며, 전극 표면적이 부족하면 전극물질의 스파터링이 증대하고, 수은이 고갈되어 단수명이 된다. 이와 같이 전극 손실의 저감을 위해서는 전극의 방전 면적을 크게 설계해야 하는데, 전극 관경이 작을수록 방전 면적이 작아지는 것은 물론이지만, 전극 관경이 너무 커도 전극과 관내벽과의 간격이 좁아지기 때문에 방전시 전극 측면의 전자방출이 어려워져 유효방전 면적이 작아지고 음극강화 전압은 높아진다. 한편, 전극 길이가 길면 방전에 관여하지 않는 쓸모없는 무효 길이가 길어져 기기의 램프의 콤팩트화에 불리하다. 따라서 짧은 전극 길이를 유지하면서 전극면적을 확보하는 방법으로 중공된 컵(Cup)모양이 현재 CCFL에서 사용되고 있다.

전극의 재질 개선 역시 램프 성능개선의 중요한 부분이다. LCD에서 소비전력의 약 60% 정도를 백라이트에서 소비 하고 있다. 고효율 저소비전력의 CCFL 개발을 위해 저일함수의 전극 재질이 필요하다. 현재 CCFL의 장축화, 저수은화, 고휘도화 할 경우 수명 확보를 위해 Nb, Mo, W등의 일함수가 낮은 금속재료가 사용되어야 하며 합금형태의 금속 재질 개발도 이루어지고 있다. 쉽게 가공이 가능하다는 이유로 널리 사용되고 있는 Ni은 비교적 높은 일함수를 가지고 있어 음극강화 전압이 높고 이로 인한 수은소모량이 많다. 또한 LCD의 시동전압과 관전압, 암흑시동을 개선하기 위해 희토류금속 등의 산화물들과 낮은 일함수의 산화물 등이 전극 컵부에 도포되고 있다.

(4) CCFL의 온도특성과 수은증기압

수은 주입방법으로써는 냉음극형광램프 제조 공정시의 수은 투입의 경우 관의 세관화로 인해 액상투입이 어려워 수은 Getter를 이용하여 투입하고 있다. 이는 금속 소재의 외함를 지닌 수은 합금을 고주파로 900℃ 이상으

로 가열하여 수은을 확산시키는 방법으로 소량, 정량 투입이 가능하다.

다른 조건은 모두 일정하다고 가정하고 단지 수은증기압만이 변화한 경우를 고려하면, 수은증기압은 온도의 영향을 받아 온도가 높게 되면 증기압도 높게 된다. 관벽 온도가 40℃ 부근 즉, 수은증기압이 0.005~0.006mmHg 부근에서 능률이 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 253.7nm가 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 기동전압에 비하면 심히 낮아진다. 이것은 네온의 준안정전압이 아르곤의 전리전압 보다도 약간 높으므로 네온의 준안정원자가 아르곤원자를 극히 효율 좋게 전리하기 때문이다. 이와 같이 수은이나 불활성 가스와 같이 준안정 상태를 형성하는 기체에 극히 적은 양의 다른 기체를 혼합한 경우, 혼합기체의 전리전압이 원기체의 준안정 상태의 여기전압 보다 더 낮은 경우에는 방전전압은 심히 낮아지게 된다. 이와 같은 제2종 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.

Ⅲ. 결 론

CCFL은 고휘도, 장수명 및 미세관화에 유리하기 때문

에 대부분 LCD BLU에 사용되어 왔다. 또한 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 진행되어 왔다. 또한, LCD의 장축인 횡축 방향으로 곡선 관을 채용하고 있다. 일반적으로 램프를 ㄷ자형이나 U자형으로 구부리면 램프의 수를 절반으로 줄일 수 있는 장점이 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.

CCFL은 향후 LCD BLU산업에서 LED와 경쟁력 및 부품적 가치 확보를 통한 영역설정 등이 중요하게 요구된다.

저 자 약 력

이 증 찬



- 1997년 02월: 원광대학교 전자공학
 - 1999년 02월: 원광대학교 공학석사
 - 2003년 02월: 원광대학교 공학박사
 - 2003년~2004년: University of Texas at Dallas, Post-Doctoral Fellow
 - 2004년~2005년: Ehime Univ. in JAPAN, Post-Doctoral Fellow
 - 2005년~현재: 금호전기(주) 기술연구소 팀장
- 관심분야: 광원, 디스플레이, 무전극 광원, 차세대 광원, LED, 조명