

디스플레이용 광원의 개발 동향

■ 최 용성, 이 경섭 / 동신대학교 전기공학과
 ■ 박 대희 / 원광대학교 전기전자및정보공학부
 ■ 이 상현 / 선문대학교 전자공학부

서 론

디스플레이 시장은 정보기기의 고성능화·다기능화·대형화에 의해 급격히 확대되고 있다. 종전에는 주로 노트북을 중심으로 실용화되어 왔지만, 최근에는 휴대전화로 대표되는 모바일 기기용의 소형용도로부터 CRT 대체를 목표로 한 LCD TV, PDP TV 등의 대형 TV 용도까지 폭넓게 채용되고 있다. 이들이 디스플레이 백라이트 광원으로서, 냉음극 형광 램프가 주류로서 이용되고 있고, 앞으로는 평판형 광원, LED 등으로 대체될 예정이다. 근래에는 디스플레이 용도가 확대됨에 따라 냉음극 형광 램프에도 용도에 알맞은 기능이 요구되고 있고 디스플레이의 표시성능은 물론 소비전력·두께·중량 등에 큰 영향을 미치기 때문에, 그 상품 가치를 결정하는 열쇠가 되고 있다.

본 보고서는 이들 디스플레이용 광원의 연구·개발 동

향 등에 대하여 보고되고 있기에 소개하겠다. 또한, 이들의 산업화 동향에 대해서도 소개하겠다.

각종 디스플레이용 광원

1. 냉음극 형광 램프

1) 백라이트 유닛 방식

백라이트 유닛의 구조는 크게 구별해서 사이드라이트 방식과 직하 방식의 2종류가 있고 각각의 용도에 따라서 구분하여 쓰인다. 그림 1, 표 1에 각각의 백라이트 단위의 구조 예와 사용램프를 표시하였다.

① 사이드 램프 방식

도광판의 한 쪽에 램프를 배치하는 방식이다. 빛의 이용효율은 50% 전후이면서 얇은 형으로 휘도(輝度)의 균제도가 뛰어나고 경량이어서 휴대할 수 있다는 이점이 있다. 종래는 램프 한 개로 구비했던 15인치 이하의 모바일 기기·중소형 기기에 사용되어 왔다(그림 13(a)). 최근에는 대형모니터 용도의 15인치부터 20인치 사이즈에 까지 채용되고 있지만, 램프 한 개로는 필요한 빛의 양이 얻어질 수 없기 때문에 양사이드에 각

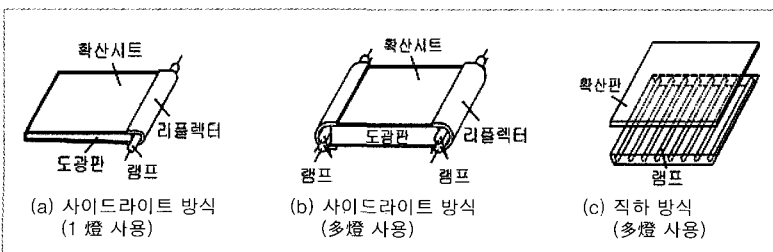


그림 1 백라이트 유닛의 구조램프 사용 예

표 1 백라이트유닛의 램프 사용 예

용도		모바일 기기 중소형 일반 국민기기	대형모니터 (대형TV)	대형TV (대형모니터)
액정디스플레이 사이즈		15인치이상	15~20인치	20인치이상
백라이트 방식		사이드라이트방식	사이드라이트방식	직하방식
냉음극 형광램프	사용개수	1개	(편측1~3개) 합계 2~6개	8~20개
	램프경(徑)	φ1.6~2.0mm	φ2.2~2.6mm	φ2.6~4.0mm

1~3개 (합계 2~6개)의 램프를 배치한 방식이 쓰여 지고 있다(그림 13 (b)).

② 직하 방식

확산판의 바로 아래에 여러 개의 램프를 배치하는 방식이다(그림 13 (c)). 빛의 이용 효율은 60% 이상이고, 주로 고휘도가 요구되는 대형모니터·대형TV 용도로 채용되고 있다.

2) 모바일 기기·중소형 일반 민생용 기기예의 대응

① 세관화

휘도는 램프 내경에 거의 반비례하며 증가한다. 사이드라이트 방식에서는 이것이 세관화에 따른 도광판으로의 빛의 입사효율의 향상과 더불어 관면휘도를 높이는 점에서 효과가 있었다. 얇은 형이 중요시되는 사이드라이트 방식의 백라이트 유닛에 있어서는 15인치 등급에서 외경 φ 1.8~2.0mm의 램프가 주류를 차지하고 있고, 8인치 이하의 등급에서는 외경 φ1.6mm까지가 사용되고 있다. 급후, 유닛의 얇은 형·경량화는 더욱더 가속될 것으로 보이고, 외경 φ1.2~1.4mm의 극세관 냉음극 형광 램프가 검토되고 있다.

② 고효율화

가. 유리관 두께의 최적화

저전력 영역에서의 고효율화를 목표로 하고 유리관의 두께를 얇게 하는 기술이 행해지고 있다. 램프 전력이 낮은 영역에서는 유리관의 두께가 얇을수록 고효율화가 되고 있다. 이것은 두께를 얇게 하는 것에 의해 관벽 온도, 즉 수은 증기압이 상승하기 쉬워지고 램프 자체의 발광효율이 상승하고 더욱이 램프 외경의 축소에 의한 도광판으로의 빛의 입사효율 향상에도 기여하고 있다고 여겨진다. 현재로는, 모바일기기·중소형 일반 민생용 기기에 채용되는 외경 φ2.0mm 이하의 램프에서는 유리두께

0.2~0.25mm가 주류이다.

나. 음극강하 전압의 저감

냉음극 형광 램프는 전극에 고전압을 인가해서 2차 전자방출에 의해 전자를 방전 공간에 방출시키는 기구 때문에 음극 강하 전압은 130~140V로 높았다. 이 대책으로서 일함수가 낮은 물질(이하 에미트로 칭한다)을 전극상에 형성해서 음극 강하 전압을 낮게 감소시키려는 시도가 계속되어지고 있다. 물질은 이트륨화합물, 바륨화합물, 란타나화합물, 세슘화합물

등이 있지만, 냉음극 형광 램프의 경우, 이온충격에 의한 전극의 스퍼터링의 영향으로 에미트가 사방으로 발산한다. 이 때문에 에미트에 의한 음극강하 전압 효과를 10,000시간 이상 확보하는 것이 곤란하고, 게임기나 비디오카메라 등 그다지 긴 수명이 요구되지 않는 분야에서 채용되고 있다. 앞으로도 저전력화의 요구에 대해서 에미트 도포 전극은 유력한 수단이고 보다 한층 장수명화가 기대되고 있다.

최근에는 전극 구조를 유지원통형으로 해서 홀로캐소드(holocathode) 효과에 의한 음극 강하전압의 낮은 감소를 목표로 한 구조가 주류이다. 더욱더 전극재질을 변경하는 개발도 진행되고 있다. 종래의 니켈전극을 몰리브덴으로 변경하여 약 20V의 램프전압의 저감이 가능하다.

3) 대형모니터·대형TV로의 대응

① 고평속화

대형모니터·대형TV용도로는, LCD상 휘도가 노트북의 약3배 이상 필요하다. 따라서 램프도 고전류로 작동시켜 광속을 증가시킬 필요가 있다. 램프 온도가 높아져 수은 증기압이 더욱 상승하여 광속은 포화되어버린다. 현재는 램프관경을 두껍게 하는 것과 더불어 램프 봉입가스 종류·가스압을 최적화하고 고전류에서 작동시켜도 광속이 포화되지 않고 더욱더 백라이트의 얇은 형화가 가능한 의

경 $\phi 2.2 \sim 20$ mm의 램프가 주류가 되고 있다.

② 장수명화

대형 모니터·대형TV 용도에 있어서는 고광속을 얻기 위해 고저류에서 작동 시키고, 게다가 장수명(50000시간 이상)이 요구된다. 일반적으로 냉음극형광 램프의 수명모드는 수은소모에 의한 광속저하(희(希)가스 방전모드)와 형광체의 열화에 의한 광속저하의 2가지 모두가 있다.

종래의 냉음극 형광 램프는 고전류를 작동시키면 전극의 스퍼터링이 격해지게 되고, 사방으로 발산되던 전극물질과 수은의 화합에 의한 수은 소모가 급격했다. 따라서 수명 모드는 수은 소모에 의한 광속저하(희(希)가스 방전모드)가 지배적이었다. 오늘날에는 수은 봉입량을 늘리는 방책으로서 외부보다 임의의 수은량을 봉입하는 방법이 개발되었다.

전극 표면적의 확대는 램프 점화중의 수은 소모량을 낮게 감소하는 것이 가능하다. 종래에는 제조방법의 문제로 전극표면적에 제한이 있었다. 그러나 현재에는 제조 기술의 개량에 의해 전극 표면적의 확대가 진행되고, 유리관 내경 가둬히 크게 한 전극(유리관 내경과 전극 외경의 사이 : 0.15mm 정도)이 대응 가능하다. 더욱더 스퍼터링하기 어려운 전극의 개발도 진행되고 있다. 전극재질을 Mo로 하는 것에 의해 $\phi 2.4$ mm급의 세관 형광램프이면서 70,000시간을 보증한 램프가 상품화되고 있다. 앞으로는 대형모니터·대형 TV 분야에서도 세관화·협액축화에 의한 전극장의 단축화의 요구가 필요하고 전극표면적·전극재질의 개량은 더욱더 가속될 것으로 보인다.

③ 광속유지율의 향상

LCD(액정디바이스)의 휘도유지율은 램프자체의 광속유지율 외에 LCD의 구성부재인 반사경이나 도광판·확산판의 열화가 상승되어 저하한다. 따라서, 냉음극 형광램프의 광속유지율에 비해 백라이트의 휘도유지율은 더욱더 저하하게 된다. 대형모니터·대형TV 용도의 경우, 요구수명시간은 50,000시간 이하로 길고, 종래의 냉음극 형광 램프의 이 순간의 휘도유지율은 55~60%이며, 백라이트로서의 휘도유지율은 50%를 밑돌 가능성이 있다. 그 대책으로서

가. 유리관 내면의 보호막, 형광체 분자 간의 보호막형성에 의한 유리관 착색 방지
나. 형광체의 조성개량·표면처리·제조기술의 개량에 의한 형광체 열화방지

다. 전극표면적 확대, 전극 재질의 개량에 의한 전극의 스퍼터링 억제 등의 개발이 진행되고 있다.

④ 고효율화

사무실·가정생활 등에 사용되는 대형 모니터·대형 TV 용도에서도 최근에는 한층 보다 고효율화의 요구가 강해져 모바일 기기나 중소형 일반 민생용 기기와 같이 구부러진 관으로 그 위에 장축(長尺) 타입의 램프가 채용되기 시작하고 있다. 냉음극 형광램프는 전극부에서 소비된 전력이 크기 때문에 램프효율(전광속/램프전력)은 램프 길이가 길수록 유리하다. 따라서, L자관램프나 κ 자 램프를 사용하는 쪽이 백라이트 상에서도 고효율이고, 또 램프 개수를 줄이는 것이 가능하기 때문에 백라이트의 비용절감도 가능하다.

그러나 이 방법은 램프 1개당의 시동전압·램프전압의 상승을 불러일으키기 때문에 개발·설계에 있어서는 장축 램프의 배치방법·점등회로·유닛설계를 포함시키는 종합적인 설계개발이 중요하다.

⑤ 외부 전극 냉음극 형광램프(EEFL)

최근 내부전극의 대응으로 램프 양단의 유리관 외벽에 전극을 설치하고 유리관벽을 캐패시턴스(capacitance)로서 이용하는 유전체 배리어(barrier) 방전형 형광램프(EEFL: External Electrode Fluorescent Lamp)의 개발이 진행되고 있다. 종래의 냉음극 형광램프는 램프 1개에 대한 각각의 고주파 점화회로(인버터)가 필요한 것에 비하여 EEFL은 개개가 캐패시턴스 배리스터를 가지게 되기 때문에 인버터 1대로 다수의 EEFL을 점화하는 것이 가능하다.

발광효율은 종래의 냉음극 형광램프와 동등하지만, 고 휘도가 요구되는 다등사용의 백라이트에는 전체 시스템의 비용절감이 가능해지고, 주로 대형 LCD용 백라이트 광원으로서 채용이 검토되고 있다.

⑥ 색 재현범위의 확대

냉음극 형광램프를 LCD백라이트 광원으로서 사용할 경우, 종래는 발광효율(고효율)이 최중요 항목이고, 형광체도 발광효율이 좋은 형광체가 채용되어 왔다. 표준적인 R·G·B형광체의 조성을 나타낸다.

R : Y2O3: Eu

G : LaPO4: Ce, Tb

B : BaMg2Al15O27:Eu

이들의 형광체를 사용한 냉음극 형광램프를 컬러 LCD

디스플레이에 도입한 경우의 색 재현범위를 NTSC 규격과 비교하면, 색 재현범위가 좁아지고, 특히 R, G가 뒤떨어진다. 이 대책 방법으로서 보다 색순도가 높은 R, G의 형광체를 사용하는 방법이 있지만 표준적인 형광체를 사용하는 경우에 비해 약 65%의 광속 밖에 얻을 수 없다. CRT로서 대신하기 위해서는 색 재현범위의 확대는 중요 항목의 하나이고, 현재와 비슷한 형광효율을 계속 유지하면서 색 재현범위를 확대할 수 있는 새로운 형광체의 개발이 기대되고 있다.

4) 환경문제에의 대응

LCD 디스플레이를 구성하고 있는 부품으로서 냉음극 형광램프에도 환경보전이 요구된다. 냉음극 형광램프에 사용되는 재료로 환경에의 영향이 염려되는 물질은 유리관과 뿔납에 포함되어 있는 납 및 램프 내에 포함되어 있는 수은이다. 납에 대해서는 유리관의 납의 유리(遊離)화 및 납땀의 유리(遊離)화, 또 납땀 이외의 접속방법에의 전환이 진행되고 있다. 램프내의 수은에 대해서는 램프 디자인의 개량에 따른 수은 소모량의 저감화, 봉입 수은량의 불규칙 제어 등으로 함유 수은량의 저감화가 진행되고 있다.

최근에는 환경보전의 입장에서 수은을 사용하지 않는 냉음극형광램프가 전망이 있고, 그 해결 방법으로서 수은 대신에 회가스(Xe 가스 등)를 봉입한 램프의 개발이 활발화되고 있다. 형상으로서서는 평면형이나 관형이 있다. Xe 냉음극형광램프는 수은에 비해 발광효율이 떨어지지만, 전극구조나 점하방법의 고안, 형광체의 개량 등에서, 효율은 수은냉음극형광 램프의 65% 정도까지 상승해 왔다. 더욱이 Xe 가스방전 특유의 주위 온도에 영향을 끼치지 않은 발광 효율, 광출력의 빠른 회복 등의 이점도 있고 차재용을 중심으로 곧 시장에 투입될 것으로 예상된다. <그림 2-80>은 한쪽의 관단부에 내부전극을 배치하고, 또 다른

한쪽의 전극으로서 나선형의 외부전극을 갖춘 Xe 냉음극 형광램프의 구조 예를 나타낸다.

2. 평판형 광원 백라이트

액정디스플레이용 백라이트는 세관형광램프의 개수와 도광판 등을 사용한 에지라이트(edge light) 방식이 노트 북용으로서 주류가 되고 있지만, 이 방식은 이용할 수 있는 램프의 개수가 한정되어 있고, 도광판 등에 의한 빛의 손실에 따른 고휘도화가 어렵다. 그 때문에 보다 높은 휘도가 필요한 데스크탑 PC의 액정 디스플레이나 액정 TV 용으로서 광원이 되는 램프를 액정 디스플레이의 뒷면에 배치하는 직하방식의 백라이트가 사용되게끔 되어왔다. 직하방식으로서서는 8개 정도의 세관형광램프를 평행으로 배치하고, 후면 측에 반사판, 전면 측에 발광을 균일하게 하기 위한 확산판을 사용하는 백라이트 시스템이 일반적으로 사용되고 있다. 그러나 이 시스템도 최근의 액정 TV의 고휘도화 및 고화질화라는 요구에 대해 불충분한 점도 보이고 있다. 사용하고 있는 세관형광램프의 휘도는 20,000~30,000cd/m²이지만 반사판, 확산판 등을 이용해 평면 광원이 되면 시스템으로서의 휘도가 수천 cd/m² 정도가 되어버린다. 램프개수를 늘리는 것으로 고휘도화가 가능해지지만, 램프구동회로의 수가 늘거나 소비전력이 증가한다. 이와 같은 중에 램프자체가 평면형상을 한 평판형 백라이트가 주목받고 있다. 평판형 백라이트도 직하방식의 백라이트이고 그 시스템은 대부분 방전영역이 되기 때문에 고휘도를 얻는 것이 비교적 쉽다. 여기까지 개발되고 있는 평판형 백라이트는 이용하는 방전의 형태로부터 복수의 직관형 방전을 이용하는 것, 미세방전을 이용하는 것, 평면방전을 이용하는 것 및 무수은 평면방전을 이용한 것의 네 가지로 나뉜다.

1) Xe 방전

수은방전 형광램프는 휘도가 높고, 발광효율이 높다는 등 발광 특성이 뛰어나지만, 수은 증기압은 온도 의존성을 가지기 때문에 발광특성의 주위온도 의존성이 높고 또 저온에서의 시동이 곤란하다고 하는 문제가 있다. 그 때문에 옥외에서 사용하는 경우가 많은 기구 백라이트로서 수은 램프가 불충분한 경우가 있고, 예를 들어 저온에서 점등할 필요가 있는 기기에서는 히터를 이용하는 경우도 있다. 더욱이 수은은 환경에 끼치는 영향이 문제시되고 있고 또 안전 면에서 차량

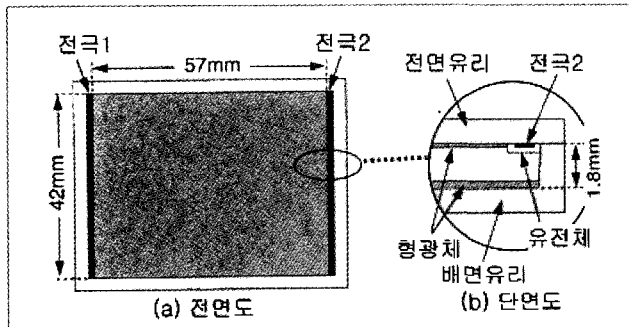


그림 2 대각 2.8인치 평면방전 형광램프의 구조

용 네비게이션 용도로서는 바람직하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 무수은 평면방전 형광램프가 개발되었다. 디지털 카메라의 뷰파인더나 디지털카메라, 차량용 네비게이션 시스템 등의 LCD 백라이트로서 0.5부터 5.2인치까지의 것이, 또 조명용으로서 발광면적이 444×27mm로 비교적 큰 램프도 개발되고 있다.

일반적으로 Xe 방전은 수은방전에 비해 양광주(陽光柱)의 수축경향이 강하고 그 때문에 고휘도화가 곤란하다. 또 발광효율도 낮다. 고휘도, 고발광효율을 얻기에는 방전의 수축을 억제할 필요가 있다. 방전의 수축은 국소적인 전류밀도상승이 요인으로 보여진다. 따라서, 이것을 막기 위해서는 어느 정도의 방법으로 전류를 제한하는 것이 필요하다. 그 방법으로서 무전극의 이용이나, 펄스구동의 사용이 이루어지고 있다. 평면방전 형광램프의 경우, 전극을 유전체로 덮는 것으로 방전의 자동 정지에 의한 전류제한을 이용하고, 또 전극 폭이나 구동주파수 등을 적절히 설정하는 것에 의해 평면방전을 얻고 있다.

2) 램프구조와 구동방법

예로서 그림 2에 대각 2.8인치의 평면방전 형광램프의 구조를 나타내고 있다. 전면 유리 기관, 배면유리용기로 둘러싸인 공간이 방전공간이 된다. 전체의 두께는 3.5mm이다. 전면 유리 기관에는 2개의 은(銀) 전극을 평행으로 배치하고 그 위에 두께 0.06mm의 유전체로 덮는다. 유전체상을 제외한 전면 유리 기관 및 배면 유리용기에 3파장 백색발광의 형광체를 도포한다. 백라이트로서 사용하는 경우는 배면층의 형광체를 두껍게 도포하여 배면층에서 빠져 나가는 빛의 손실을 적게 한다. 방전공간에는 Ne+Ar+Xe의 혼합가스를 10kPa 정도의 압력에서 봉입한

다. 유전체에 의해 전극이 방전과 접촉하지 않기 때문에 이온의 충돌에 따른 열화는 생기지 않는다. 이 때문에 긴 수명을 기대할 수 있다. 또 유전체에 MgO를 도포하여 더욱더 장수명화와 발광특성 및 구동특성의 향상이 가능해진다.

평면방전 형광램프는 그림 3과 같은 수10kHz의 교류전압 펄스 V_1 , V_2 를 전극 1, 2에 인가하여 구동한다. 각각의 전압파형은 전압, 폭(W), 주기(T)가 흡사하지만 위상이 반주기 벗어나고 있다. 그림 3과 같이 펄스듀티 (W/T)를 50%로 하면 고휘도, 고발광효율을 얻을 수 있다. 전극이 유전체로 막고 있기 때문에 방전에서 발생한 전자나 이온이 전극 상에 축적되고, 그 전하가 형성하는 전계가 외부로부터 인가하고 있는 전압이 형성하고 있는 전계를 소거하는 방향으로 되기 때문에 전류가 흘러감에 따라 실효적인 내부전압은 저하된다. 그 때문에 그림 3과 같이 1전압 펄스 내에 방전이 자동적으로 정지한다. 다음에 그것과는 반대의 극성이 되는 전압펄스가 인가되면, 그 전압에 방금 축적된 전하에 의한 전압이 중첩하고 새로운 방전을 개시한다. 평면방전은 휘도균제도가 90% 정도이기 때문에 확산시트 등은 필요 없다. 단지 스페이서를 사용해서 대형화하는 경우는 필요해진다.

3) 램프 발광 특성

그림 4는 대각 2.8인치의 무수은 평면방전 형광램프 (Ar + 32%Ne + 9%Xe, 13.3kPa)와 대각 5.2인치의 수은을 포함한 평면방전형 광램프 (Ar + 10%Kr + Hg, 13.3kPa)의 휘도와 발광효율의 관계이다. 대각 크기는 다르지만 기본적인 구조는 같다. Xe램프의 휘도는 수은램프에 비교해 낮기는 하지만 백라이트로서 충분한 가치를 얻고 있다. 그

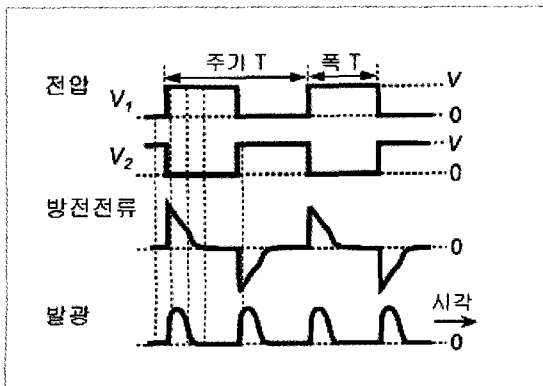


그림 3 구동전압, 방전전류 및 발광파형

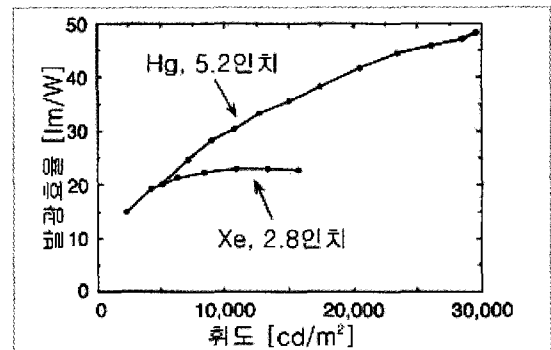


그림 4 Xe 평면 방전램프와 Hg 평면 방전램프의 발광효율과 휘도의 관계. 구동주파수: 60 μ s.

러나 발광효율이 낮다.

최근 효율향상을 위해 Xe 혼합비의 상승, 보다 좁은 전극 폭의 이용, MgO의 이용이라는 방법이 시험되었다. Xe 혼합가스비의 상승은 Xe 엑시머의 유효이용에 대해 효과적이지만, 방전이 수축하기 쉽게 되는 문제가 있다. 이것

표 2 대각 2.8인치 램프의 발광특성

Xe혼합비 (혼합압력)	전극폭 (mm)	MgO (cd/m ²)	휘도 (lm/W)	발광효율
9% (1.2kPa)	1.0	없음	11,820	21.0
9% (1.2kPa)	0.5	없음	10,590	25.3
32% (3.0kPa)	0.5	있음	10,140	35.0

을 해결하기 위해 보다 좁은 전극을 이용하여 전류를 제한했다. 표 2에 나타낸 것처럼 개선수단에 의해 개선 전의 1.7배의 효율을 얻었다.

3. 플라즈마 디스플레이

얇고 큰 화면의 멀티미디어 디스플레이로서 기대되는 플라즈마 디스플레이 (이하 PDP)는 1996년 42형 풀 컬러 PDP 제품화 이래, 표시성능이 개선되어 최근에는 CRT를 능가하는 화질을 얻을 수 있기까지 되었다. PDP는 당초 주로 공중표시용이었지만, 2001년부터 32형 HDTV 제품의 발매를 계기로 가정용이 크게 늘고 PDP TV로서의 본격적인 보급의 단계에 와 있다. 2002년은 월드컵축구의 순풍도 있어 각 PDP 메이커도 출하대수를 대폭 늘렸다. 앞으로 생산량효과에 의해 한층 더 가격저하도 예상되고, 일반 가정에 있어서 보다 가까워질 것이라고 기대된다.

PDP는 기본적인 구조와 동작의 차이로부터 DC형과 AC형으로 크게 나뉘어지지만, 현재 컬러 PDP로서 제품화되고 있는 것은 AC형뿐이다. 본 보고에서는 AC형 컬러 PDP의 기본원리와 기본기술을 기술하겠다. 또 최근의 PDP 고성능화에 대해서 보고한다. 또한, 앞으로의 기술개발과제에 대해서 기술하겠다.

1) 고정세화 기술

최초의 42인치 PDP의 화소수는 852×480이었지만, 정보표시는 VGA로부터 XGA로, TV는 디지털 HDTV로의 고정세화의 방향이 분명하여 고정세화 기술이 요청되었다. 우선 고정세 PDP 모니터로서 25인치 SXGA가 개발되었다. 대각 25인치, 화소수 1280×1024이고 화소 피치 0.39mm, 셀 크기 0.13mm로 42인치의 약 1/3로 세밀하다.

따라서 이 작은 셀 크기를 실현하는 리브 형성 기술이 큰 과제였다. 형성법으로서 샌드 브래스트 (sand blast)법을 개량하여 리브 폭 40μm의 기술을 확립하였다.

25인치 SXGA 패널의 표시휘도는 150cd/m²이었다. 종래의 셀 구조를 답습한 사이즈 축소이었기 때문에 방전공간이 좁아지고 표시휘도도 저하하였다. 그러나, HDTV 용도에서는 주사선수가 증가해도 휘도의 확보는 필요한 항목이다. 이것을 해결하기 위해 고안된 것이 ALIS (Alternate Lighting Surface Method) 방식의 PDP이다.

2) ALIS 방식 플라즈마 디스플레이

ALIS 방식은 지금까지의 PDP가 프로그레시브 (progressive) 구동 (순차 주사)이었던 것에 반해, 인터레이스 (interlace) 구동 (건너뛰는 주사)이다. 종래는 1쌍의 전극을 표시 1라인에 대응시키고 있다. 인접하는 표시라인 간에는 방전을 분리하기 위해 비표시부를 마련하고 있다. ALIS 방식에서는 이 비표시부도 표시에 사용한다. 따라서 전극수가 같음에도 불구하고 표시라인 수가 2배가 된다. 표시는 우선 홀수 라인의 전극쌍이 표시되고, 그 다음의 필드에서 짝수 라인이 표시에 사용되고 합쳐서 2배의 라인수의 화상이 비추어진다. 비표시부가 없기 때문에 화소가 크고, 고휘도화가 가능한 것이 특징이다. 또, 표시라인 수의 절반의 표시전극과 구동회로에서 완료되는 것 외에 address 동작도 표시라인 수의 절반으로 완료된다. 이 때문에 회로 코스트를 증가시키지 않고 HDTV 표시를 실현할 수 있다. 42인치 ALIS 방식 HDTV용 PDP는 현재, 1000cd/cm²의 높은 최고 휘도를 실현하고 있다.

3) 고휘도·고효율화 기술

고휘도·고효율화를 위해서는 표시 셀의 개구율 향상이 필요하다. 고개구율을 얻는 수법으로는 앞서 기술한 ALIS외에 BOX형 리브, 미앤더 (meander)형 리브가 있다. BOX형은 비표시측의 전극 간격을 리브로 감춰 불필요한 방전을 막고 비표시 부분을 최소한으로 좁히는 구조이다.

미앤더 (meander)형 리브의 PDP는 삼색의 셀 배치가 삼각형이기 때문에 델타 셀 PDP라고 불린다. 비표시측 전극 간격부의 리브 간격을 좁혀 불필요한 방전을 억제하고, 비표시부를 최소한으로 좁히는 구조이다. 리브 협공부는 가로 방향의 방전 간섭을 없앨 수 있으나, 극간을 남겨 패널의 배기·가스봉입 과정 및 형광체 도포 과정을 쉽게 하

고 있다.

델타 셀 PDP의 셀 배치로부터 얻어지는 큰 특징으로서 수직 해상도의 향상이 있다. 표시전극 500라인의 델타 셀 PDP는 주사선 1000개의 고정세 표시가 가능하게끔 해상도 변환처리를 할 수 있다. 이것은 델타 셀 배열에서는 1라인피치의 절반의 피치에서 서브픽셀이 배치되고 반피치 단위로 라인표시 제어가 가능한 것을 이용하고 있다.

또한, 델타 셀에서는 육각형의 셀 형상과 조합한 경우에 표시방전이 최적화 되게끔 전극형상을 고안하여 3.1lm/W 라는 고효율화를 달성하고 있다. 통상의 스트레이트 리브나 BOX 리브에서는 1셀의 방전공간은 가로 길이 형상이 된다. 이것에 대응하여 델타 셀에서는 방전공간이 원에 가깝고 리브에 의한 억제효과를 막기 어려운 방전형상이 가능하고, 고효율화가 얻어지고 있다.

4) 색재현 범위의 확대

HDTV 표시에는 화면의 정세도와 함께 높은 색재현 범위가 요구된다. PDP의 표시 색 순도는 CRT와 비교해 이제까지 충분했다고 말할 수 없었다. 이것은 방전가스에 포함되어 있는 네온이 방전의 경우 585nm의 오렌지색의 빛을 발생하는 것이 원인이다. 이것에 의해 특히 청색의 셀에서 색 순도를 저하시키고 있다. 한편, 적색의 형광체는 단파장측에도 발광 스펙트럼을 갖기 때문에 빨강색 좌표도 오렌지 방향으로 열화하고 있다. 이들의 색 순도 저하를 보정하고, 충분한 색 순도를 얻기 위해서 특수한 흡수 스펙트럼을 갖는 전면 필터가 개발되고 있다. 그림 5 (a)에

그 필터의 투과 특성을 나타내었다. 585nm 부근에 강한 흡수대를 가진 유기색소에 의해 불필요한 광을 흡수한다. 이것에 의해 네온의 오렌지색 발광 및 적형광체의 색 순도 보정을 동시에 행하여, 높은 색 재현범위를 얻고 있다. 그림 5 (b)에 나타난 것처럼 이 필터에 의해 PDP의 색재현 범위는 CRT와 동등 이상까지 확대되었다.

4. 프로젝터용 광원

렌즈를 통하여 화상을 확대 투영하는 프로젝터가 대화면 표시장치로서 일반적이 되고 있다. 프로젝터의 방식으로서 스크린 전면으로부터 투영하는 프론트 프로젝터와 스크린 뒷면으로부터 투영하는 리어 프로젝터가 있으며, 그중에도 데이터용 프론트 프로젝터는 프레젠테이션 툴로서 컴퓨터의 보급과 함께 수요가 확대되고 있다.

현재 제품화되어 있는 프로젝터는 화상표시 방식별에 「CRT 방식」(Cathod-Ray Tube : 브라운관 방식) 「투과형 액정 방식」 「반사형 액정 방식」 「DLP방식」(디지털·라이트·프로세싱 방식)의 4방식으로 분별된다. 그 내부에 백라이트를 필요로 하지 않는 「CRT 방식」을 사용한 CRT 프로젝터는 시장성을 계속 잃고 「투과형 액정 방식」과 「DLP 방식」이 대다수를 차지해 현재도 시장을 늘리고 「반사형 액정 방식」의 프로젝터도 앞으로 그 기술의 진정과 함께 영역을 늘려갈 것으로 예상된다.

CRT 방식과 다르게 다른 세 방식의 화상표시 소자는 자발광 소자가 아니기 때문에 백라이트로서의 광원이 필요하다. 이들의 프로젝터가 제품화되었을 당초 광원으로서

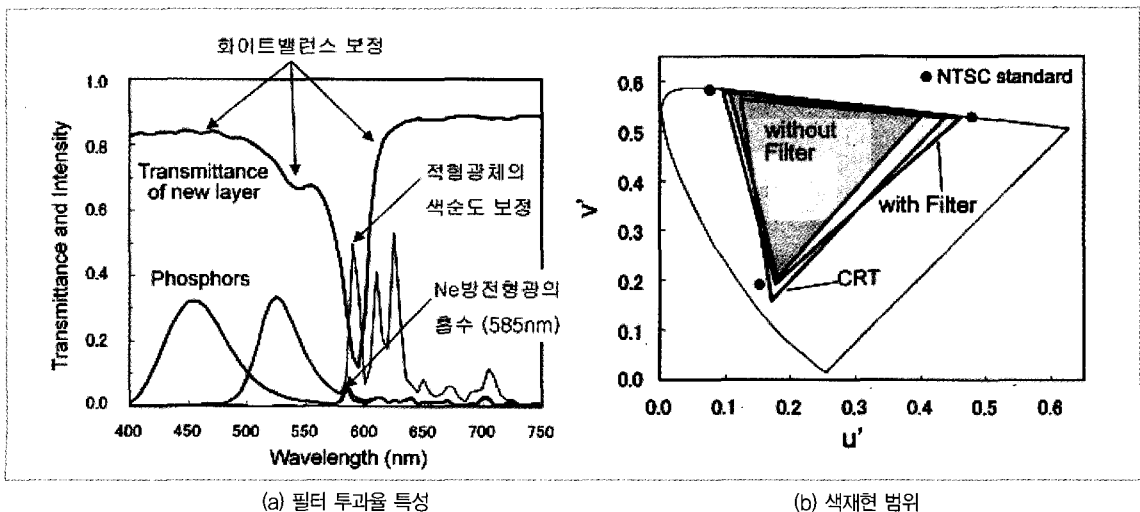


그림 5 전면 필터에 의한 색보정

는 할로겐 램프나 교류 점등형 메탈 할라이드 (metal halide) 램프가 주로 사용되었지만 짧은 arc화·장수명화가 가능하다는 점 등으로 90년대 중경에는 직류 점등형 메탈 할라이드 램프가 액정 프로젝터의 중심적인 광원으로 사용되고 있다.

그 후 프로젝터형 초고압수은 램프가 개발되어 소형 고휘도 장수명인 점으로 급격히 사용되어 현재에는 대부분의 메이커가 초고압 수은 램프를 사용하고 있고 프로젝터용 광원이라고 한다면 주로 초고압 수은 램프를 가리킨다.

또 short arc형 크세논 램프는 고가이지만 고휘도의 고출력 광원으로서 반사형 액정이나 DMD 등의 반사형 화상소자를 사용한 대출력 프로젝터용에 사용되고 있다. 이하의 각 광원의 원리구조에 대해 기술한다.

1) 할로겐 램프

할로겐 램프는 석영유리제의 벌브 (bulb)와 텅스텐 필라멘트로부터 만들어져 아르곤 등의 불활성 기스와 함께 미량의 할로겐 가스를 혼합 봉입하고 할로겐 사이클에 의해 텅스텐 필라멘트의 증발을 억제하고 있다.

수명을 통해서 밝기나 색의 변화가 매우 작고 또 소형·경량·저가이고 색의 재현성에도 특징이 있다. 그러나 광전등이라고 한다면 arc 길이에 맞는 발광 영역이 비교적 크기 때문에 집광효율이 극히 낮고 저휘도라고 하는 결점이 있다. 게다가 일반 조명용에 사용되는 할로겐 램프에 비해 필라멘트의 온도를 높게 하고 효율이나 색온도를 개선하고 있기 때문에 비교적 단수명이다. 이 때문에 사용용도는 휴대용이나 저가의 프로젝터에 한정되어 있다.

2) 메탈 할라이드 램프

메탈 할라이드 램프는 고압 수은 램프에 금속 할로겐화물을 첨가하는 것으로 발광효율 및 발광 스펙트럼을 개선하고 있다. 조명용 메탈 할라이드 램프는 외관과 함께 사용되고 있기 때문에 소형화에는 적당하지 않았다. 그래서 외관이 없는 소형으로 arc 길이가 짧은 메탈 할라이드 램프가 광학 기기용으로 개발되었다. 할로겐 램프와 비교해서 short arc 메탈

할라이드 램프는 고휘도, 고연색성인 점으로부터 프로젝터용의 표준적인 광원으로서 사용되게 되었다.

메탈 할라이드 램프의 구조는 발광관에 석영 유리를 사용하고 텅스텐 전극을 봉지하고 있다. 발광관 내부에는 희가스, 수은, 발광물질인 금속 할로겐 물질이 봉입되고 있다. 발광물질로서 R (빨강), G (녹색), B (파랑)의 밸런스

를 중시하고, 희토류 금속 중에 디스프로슘, 홀뮴, 네오뮴, 가도리늄, 란탄, 루테튬 등의 옥화물 또는 취화물 등으로부터 두 종류 정도의 조합을 골라서 세슘 할로겐 화합물과 함께 봉입되는 것이 일반적이다.

직류 점등형 램프는 대항하는 전극의 크기가 다르고 음극을 작게 하고 양극을 크게 설계하고 있다. 음극이 작은 것은 음극선단의 온도를 높게 하여 전자방출을 충분히 확보하기 위해서 이고 양극이 큰 것은 열용량을 크게 하여 전극이 발열하지 않는 온도를 유지하기 위해서다. 상품화 당시에는 arc 길이 5mm 정도의 교류 점등형 메탈 할라이드 램프가 사용되었

지만 메탈 할라이드 램프는 단(短) arc화나 대전력화를 하였을 때 봉입되어 있는 희토류 금속원자가 석영유리와 반응하여 발광관 내벽의 투명함을 잃거나 흰색으로 탁해 지므로 단수명이 되는 문제가 있다.

이 문제의 개선하기 위해 개발된 것이 직류 점등형 램프이다. 직류 점등형 램프에서는 내벽의 투명함을 잃는 것이 빛의 방해가 되지 않는 국소적으로 발생하기 때문에 교류 점등형에 비해 스크린 광속 저하의 경감이 가능하다. 또 직류 점등형 램프에서는 전자점등회로의 부품개수를 줄일 수 있고 소형화, 경량화, 저가화를 꾀할 수 있다. 또 교류 점등형 램프에서 발생한 아크 스파트의 이동에 따른 반짝임도 직류 점등형으로 하는 것에 의해 저감이 가능하였다. 한편 직류 점등형 램프는 교류 점등형 램프에 비해 초기 스크린 광속이 느린 것, arc중의 얼룩이 커지는 등의 단점도 있다.

3) 크세논 램프

short arc형 크세논 램프는 색 밸런스가 좋고 고휘도인 점으로 인하여 영화관의 영사기 등, 특히 대출력 프로젝터 용으로서 사용되고 있다. 크세논 램프는 크세논의 발광을 이용하기 때문에 발광 스펙트럼이 자외 영역으로부터 적외 영역에 걸쳐 비교적 균일하고 강한 연속 스펙트럼을 가진다. 이 때문에 매우 연색성이 우수하다. 또 크세논 가스는 열용량이 작고 전기 입력의 변화에 대해서 반사 강도가 곧바로 추종하여 변화하기 때문에 점등과 동시에 실용상 지장이 없을 정도의 방사휘도, 조도, 색조가 된다. 또 소등 후 바로 재점등이 가능한 이점도 있다. 그러나 가시광뿐만 아니라 적외 영역에서도 발광하기 때문에 기기내의 온도를 상승시킨다. 발광효율은 낮고, 램프 점등시에 고전압 펄스를 필요로 한다. 램프 전압이 낮기 때문에 램프 전류가 크고 점등회로가 대형이 되는 등의 단점이 있다. 현재

는 대출력 프로젝터용이 주류이지만 색재현성이 좋은 점으로부터 저와트 (W)화나 저가화가 진행된다면 일반 민생용 프로젝터에도 기대가 가능하다.

4) 초고압 수은 램프

초고압 수은 램프는 수년간 프로젝터용 광원으로서 급속히 보급되고 있다. 초고압 수은 램프란 보통의 고압 수은 램프와 비교해서 점등시에 수은 증기압을 보다 높게 한 것으로 반도체 디바이스 등의 노광용 광원으로서의 고압 수은 램프가 점등시에 수십 기압 정도의 수은 증기압인 것에 대하여 프로젝터용 초고압 수은 램프는 점등시의 수은 증기압은 100기압 이상도 된다. 이것은 수은 증기압을 100 기압 이상으로 하는 것에 의해 수은 휘산뿐만 아니라 가시 영역의 연속 스펙트럼 성분이 증대하므로 연색성을 개선할 수 있기 때문이며 또 수은 증기압을 높여 램프전압을 높게 설계할 수 있기 때문에 arc 길이를 1mm 정도까지 짧게 해도 점등회로 설계상 실용적인 램프 전압을 얻을 수 있다.

발광관에 석영유리를 사용하여 몰리브덴 박을 사이에 두고 외부 리드선에 접속된 한쌍의 텅스텐 전극을 봉지하고 있다. 발광관 내부에는 수은, 아르곤 등의 희가스, 미량의 할로젠 가스가 봉입되어 있다. 발광관 실링부는 점등중의 높은 동작 압에 견디도록 슈링크 실링 방식이 사용되어 있다. 초고압 수은 램프는 할로젠 가스가 봉입되어 있지만 이것은 전극재료인 텅스텐이 점등 중 증발하고 발광관의 내측에 부착 (黑化)하여 스크린 광속의 저하를 초래하지 않게끔 할로젠을 봉입하여 할로젠 사이클을 이용하여 이 흑화를 억제하게끔 하고 있다. 할로젠 사이클을 이용하는 데는 어떤 일정 이상의 온도가 필요하지만 한편 너무 높으면 석영유리의 투명성을 잃는 원인이 되기 때문에 열적 밸런스를 고려한 램프 설계 및 프로젝터 내에 램프가 적당한 온도가 되게끔 냉각조건의 적정화가 중요하다.

① 고휘도화, 고와트 (W)화

100와트로부터 프로젝터용 초고압수은 램프도 프로젝터의 고휘도화에 따라 고와트 (W)화가 진행되고, 현재는 300와트급의 램프가 제품화되고 있다. 그 중에도 판매대수가 가장 많은 모바일 타입의 프로젝터에 사용되는 램프로서는 99년에는 50×50mm의 리플렉터로 편성된 120와트급의 램프가 주류였던 것에 비해 현재는 150와트급의 램프가 2004년부터 2005년에 걸쳐서 200와트급의 램프가 주류가 될 것으로 기대되고 있으며, 해마다 장치 및 램프

가 소형화되고 있으며, 램프 입력은 고와트화되어가는 경향에 있다. 200와트를 넘는 램프의 짧은 arc화나 수명 개선 등의 신속성 향상이 전망되고 있다.

② 조광

최근의 프로젝터에서는 조광 (전력 절환) 기능을 추가한 프로젝터가 계속 주류가 되고 있다. 전력 절환 기능은 밝기가 필요한 때는 고와트 (W) 모드에서 사용하고 저와트 모드에서는 판넬 (panel)이나 안정기의 열이 적어지는 것으로부터 냉각팬의 구동전압을 낮추는 것이 가능하기 때문에 팬노이즈의 저감이 가능해지고 또 램프 전류값이 낮아지기 위해 텅스텐

의 증발이 억제되어 장수명화에 이르는 이점이 있다. 그러나 전력 절환 기능의 추가에는 아래와 같은 문제도 있다. 램프에는 적절한 온도 범위가 있지만 이 온도 범위를 고와트·저와트 각각에서 실현하지 않으면 안 되고, 저와트 모드에서는 전극 동작 온도가 낮아지기 때문에 깜빡임 (flicker)이 발생할 가능성이 있다. 깜빡임에 대해서는 전극 형상이나 점등전류파형을 고안하여 개선이 진행되고 있다. 현재 시판되고 있는 프로젝터의 전력 절환 폭은 10~20%이지만 앞으로는 전력 절환이 당장의 목표라고 생각되어진다.

③ 고효율화

arc 길이를 짧게 하여 광학 효율이 높아지므로 해마다 short 아크화가 진행되고 있다.

120~150와트급에서 아크 길이가 0.8mm, 200와트급에서도 아크 길이 1.0mm의 램프가 조금씩 전망되고 있다.

그러나 해결해야할 과제로서 아크 길이를 짧게 하여 램프 전류가 증대하기 때문에 전극증발의 증대나 점등회로의 대형화 등이 있다. 또 광학계와 조합시켜 광학 효율 향

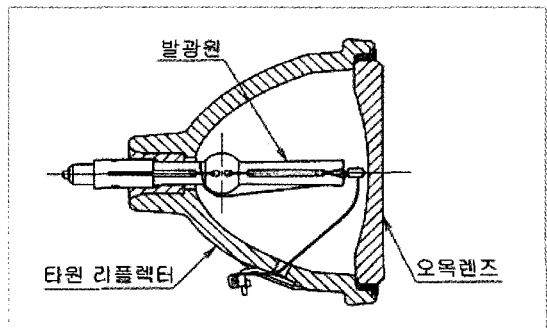


그림 6 타원 리플렉터 (반사경)와 오목렌즈의 조합 예

상의 연구도 하고 있다. 예를 들어 램프에 사용되는 리플렉터의 반사면 형상을 타원형상으로 하고, 오목렌즈와 조합시켜 사용하는 방법이나(그림 6), 방물면 형상으로도 보다 짧은 초점의 리플렉터가 이용되고 있다. 또 리플렉터 형상에 크기 등 제한이 있는 가운데 램프로부터 출사된 빛의 이용 효율을 좋게 하기 위해 리플렉터에 유효 반사면을 크게 하는 등 다양한 연구를 하고 있다.

④ 저가화

근래의 프로젝트는 기술의 진보, 해외 생산체제의 확립에 의해 저가화가 두드러진다. 현재는 업무용이 주류이지만 앞으로 민간용 시장도 확대할 것으로 예상되고 저가화의 요구는 더욱더 강해질 것으로 생각된다. 그 때문에 램프에 요망되는 가격도 매우 낮아지고 있지만 초고압 수은 램프에 사용되는 석영 유리 등의 재료는 다른 램프와 비교해서 불순물이 극히 적은 고품질의 재료를 사용하고 있기 때문에 고가이다. 또 고온, 고압에서 동작시키고 있기 때문에 제조과정에서 가지각색의 처리가 필요하고 고가화된다.

앞으로는 램프 특성을 유지하면서 사용 재료(예를 들면 석영유리나 리플렉터 재료 등)의 변경이나 부품 개수의 삭감, 제조방법의 개선, 또는 해외 생산 등에 의한 코스트 대응이 전망되고 있다.

5. LED 디스플레이

디스플레이용 가시광발광 다이오드(Light-Emitting Diode : LED)는 GaAs, GaP, GaN계 III-V족 화합물 및 혼합 반도체로 제작되고 있다. 1993년 이후 이들 화합물 반도체의 결정성장·디바이스·프로세스 기술 및, 물성 평가법이 비약적으로 진보하여 고효율 적색·호박색 그리고

녹색·청색 LED의 제품화로의 길이 개척되었다. LED의 빛 방사는 기본적으로 반도체 고유의 발광 메커니즘에 의한 것으로 일정 방향으로 전류를 흘려보내어 생긴다. 발광은 열이나 방전의 빛은 아니기 때문에 LED광원은 "cold light"로 불리고, 통상의 백열전구와 다르게 손으로 만져도 뜨겁지 않고 안전하다. 게다가 수명이 길기 때문에 폐기할 필요도 적도 또, 수은 등의 유해한 물질이 포함되어 있지 않기 때문에 지구환경에 좋은 표시용 및 조명용 광원으로 서 기대가 가능하다.

특히 AlInGaP 시원혼정 반도체는 발광 효율을 비약적으로 향상시키는 방법을 사용하여 610nm의 황등색 LED에서 발광효율 100lm/W 이상의 것이 개발되어, 형광등의 발광효율과 비슷하다. 또 InGaN을 사용한 청색 LED가 상품화되어 풀 컬러 표시가 가능해져 고휘도 청색 LED와 형광체(YGA:Ce)의 조합을 사용한 LED도 개발되어 차세대 에너지 절약 표시·조명광원으로서 각광을 받고 있다. 단 파장의 자외 영역에서 발광하는 자외선(UV) LED에 대해서도 최근 혁신적인 소자 구조가 개발되어, 외부 양자 효율이 30% 이상의 근자외 LED(380~400nm)와 3파장 형광체의 조합에 의한 조명용 백색 LED 광원이 실현되었다.

1) 각종 LED의 특성과 최신 기술

① 발광특성

표 3은 현재 제품화되어 있는 가시광, 근자외 및 자외의 각종 LED의 발광특성을 나타내고 있다. 발광효율은 단위 lm/W로 나타내고 있다. 빛의 외부출력 효율은 재흡수, 내부반사등 때문에 30%가 한계이었지만, 표 3으로부터 알 수 있듯이 이른치의 30%를 넘는 LED가 등장하고 있다. AlInGa P황등색 LED에서는 외부양자효율 50%를 넘는 값을 얻고 있다.

표 3 제품화되어 있는 각종 LED의 특성(실온, 20mA에서 측정)

색	소재	발광파장 (nm)	광도 (cd)	광출력 (mW)	외부전자효율 (%)	발광효율 (lm/W)
빨강	GaAlAs	660	2	4800	30	20
황색	AlInGaP	610~650	10	>5000	50	100
갈색	AlInGaP	595	2,6	>4400	>20	60
녹색	InGaN	520	12	3000	>20	40
청색	InGaN	450~475	>2,5	>10000	>20	20
근자외	InGaP	382~400		16000	24-31	
자외	InGaP	371		500	7,5	

표 4 전형적인 LED의 종류와 특징


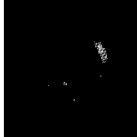

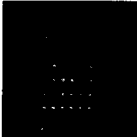
형	포탄형 LED	표면 실장형 LED		칩 원보드형 LED
외관	 디스크리트 부품	 파워형	 고광속형	 소형의 다점 광원용 (하이브리드화)
특징	<ul style="list-style-type: none"> • 에폭시 수지 렌즈에 의한 ($\phi 3\text{mm}/\phi 5\text{mm}$ 사이즈) • 20~30mA에서 광속은 1~2lm 	<ul style="list-style-type: none"> • 최적열대책 • 70mA에서 약 4 lm 이상의 광속 	<ul style="list-style-type: none"> • 충분한 열대책 • 400A 이상에서 20lm 이상의 광속 	<ul style="list-style-type: none"> • 충분한 열대책 • 1A에서 100lm 이상의 광속 • 광학계가 필요 • 칩을 램프로 대체 가능 • 커스텀 가능화

표 4는 전형적인 LED의 종류와 그 특징을 나타낸다. 포탄형 LED는 지향성이 강한 빛을 방사하는 것에 알맞다. 표면실장형 LED는 방열대책에 우수하고, 고전류를 흘려 고광속(수10lm 이상)을 실현할 수 있다. 또한 기판위에 수10개의 LED칩을 등재하여 간편한 LED 집적화 광원을 제작할 수도 있고, 수100lm 이상의 고광속 LED 광원을 제작할 수 있다. 또, 사용자의 요구에 응할 수 있는 LED도 제작되고 있다.

그림 7은 현재까지 보고되고 있는 InGaN/GaN계 QW LED의 발광파장에 대한 외부양자효율의 최대값을 플롯한 것이다. 4개의 다른 연구조직(□: 미국 A사, △: 일본 B사, ○: 미국 C사, ◆: 21세기의 빛 프로젝트)로부터 보고되고 있는 정식의 값이다. 그림 7에서 발광 파장이 짧은 것은 활성층에 포함된 In의 양이 적은 것에 대응하고 있다. 경향

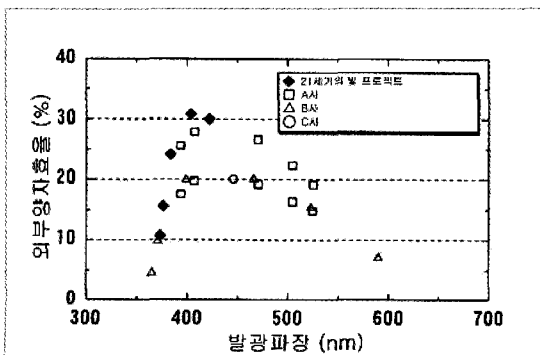


그림 7 각 연구기관에서 보고된 각 파장에 대한 외부양자효율의 최대치

으로서 외부양자효율 값에 최대치가 있으며 그 파장은 40nm 전후로 추정된다.

「21세기의 빛」프로젝트에서는 현재 외부양자효율 31% 이상(발광파장 399-410nm, 동작조건: 3.4V, 20mA)를 달성하여 세계 최대치를 기록하였다. 고효율발광의 메커니즘은 다음과 같이 생각된다. 활성층에 투입된 전자와 정공은 각각 고유의 국재효과에 의해 결정격자에 포획되어 있기 때문에 전자와 정공의 속박 효율은 낮다고 생각된다. 이 같은 상태의 캐리어에 국재효과를 최대한 발휘시키는 데는 역시 결함 밀도의 저감을 철저히 하고, 거기에 In 조성을 제어할 필요가 있다. 즉, 다른 발광 프로세스 과정을 최대한 제어하고, 전자와 정공의 재결합 프로세스에 의해 원래의 과정으로 발광하게 하는 것이 중요하다.

② 수명

청색, 근자외, 자외 LED 이외의 가시광 LED의 수명은 LED 자신의 전기적, 광학적 특성의 열화에 의해 발생한다고 생각되고 있으나, 통상의 20mA 정격 전류화와 실온에서 정규의 동작을 하고 있는 한 수명은 3만시간 이상이 보증되고 있다. LED 자신은 결정성장법의 개선에 의해 결함 밀도가 저감하고, 소자자체의 수명은 늘어나고 있다. 고전류(예를 들어 청색 LED, 근자외 LED에서는 수100mA 이상)에서 작동할 경우는 결함이 증식하고 다크라인(dark line)이 관찰되고 있다. 포탄형 LED에서 생기는 열화는 대부분이 투명 에폭시 수지가 변색하는 것에 의한 발광강도의 저하가 원인이다.

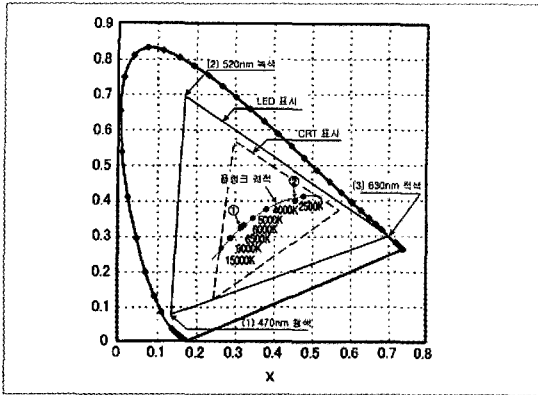


그림 8 InGaN계 청색, 녹색, 백색 LED와 AlInGaP 적색 LED의 색도도

③ 색상, 색조, 색도

그림 8은 InGaN계 청색, 녹색, 백색 LED 및 AlInGaP계 적색 LED의 CIE 색도 좌표점을 나타낸다. 청색, 녹색, 적색은 각각 (1) (0.12, 0.08), (2) (0.18, 0.7), (3) (0.7, 0.3)이다. 3점을 연결하는 삼각형이 LED에서 실현가능한 색 표시이다. 비교를 위해 CRT 표시도 나타내었다. LED의 구동은 다이내믹 모드 및 스테틱 모드가 가능하지만, 발광 특성에는 전류 의존성이 있고, 더욱이 주위온도에 의존하여 발광파장, 발광강도, 발광대폭이 변화한다. 청색 LED의

1995년 이후 청색, 녹색 LED의 등장에 의해 풀 컬러 고정세 LED 대형 디스플레이 모듈이 상품화되고 있다. 정보 디스플레이, 신호등, LCD용 백라이트 광원, 스캐너, 광 LAN, 자동차용, 센터 하이마운트 스트랩 (CHMSL) 등의 응용이 있다. 청색 LED의 가격이 내려 디스플레이 장치의 보급이 기대 가능해졌다. 또한 최근, 잔상효과를 이용한 LED 표시등 등이 시장에 보급되고 있다. 또, 일본과학미래관의 직경 6.5m 대형원형 디스플레이는 약 100만 개의 가시광 LED를 사용하여, 위성에서 보내는 지구의 변화를 비출수 있다.

3) 백색 LED의 연구 개발 동향

LED를 이용하여 발광효율 (K) 및 평균 황색 평가 수 (Ra)=80)가 높은 백색을 얻으려면 표 5와 같이 기본적으로 멀티칩형과 원칩형의 두 가지 방식이 있다. 전자는 적색·녹색·청색 (R·G·B)의 3 종류의 LED를 동시에 점등시키는 방식이고, 후자는 청색, 자색이나, 자외의 광을 방사하는 LED를 여기용 광원으로 사용하고, 형광체 또는 결정을 여기하는 방식이다. 전자의 방식에서는 각 LED의 구동전압이나 발광출력에 차이가 있고 또한 온도특성이나 소자 수명에도 차이가 있는 등 실용화하기에는 아직도 과제가 많다. 한편 후자의 방식은 소자가 한 종류에 걸쳐 구동회로의 설계가 매우 쉽다.

표 5 백색광을 발생하는 LED의 2방식

방식	여기원	발광 재료 및 형광체	발광원리	특성	
				효율	Ra
멀티칩형	청색 LED 녹색 LED 적색 LED	InGaN, AlInGaP, AlGaAS	3색의 LED를 하나의 패키지에 실장	20	80
원칩형	청색 LED	InGaN/YAG, 결정	청색광에서 형광체 또는, 결정 (황색발광)을 여기	2p	>80
		R, G 형광체	R, G 발광과 합쳐서 R, G, B 3원색	>30	>70
	근자외·자외LED	InGaN/R, G, B 등 3, 4종류의 형광체	형광램프와 같은 자외광에서 형광체를 여기	>30	>90

온도에 따른 최고 파장의 변동은 -0.12nm/°C, 녹색 LED는 -0.25nm/°C 정도의 변화로 다른 LED와 비교해서 비교적 작다.

2) 제품화 기술과 응용 예

표 6 현행 백색 LED와 근자외 RGB에 의한 백색 LED의 성능 비교

특성	백색 LED	현행 타입	근자외 (RGB) 타입
발광 효율	>20 (lm/W)		30 (lm/W)
색온도	6500K (주백색)		4000K (주백색)
평균연색평가수	> 80		> 90

후자의 2방식이 실용화되고 있다. GaN계 화합물 반도체의 청색~자의 LED의 실용화에 의해 표 3의 일부 백색 LED는 1996년부터 상용화되고 있다. 즉, ① 청색 LED로 황색발광 형광체를 여기하는 방식과 ② 근자의 LED로 RGB형광체를 여기하는 방식이다. 표 5에는 효율, 평균 황색 평가수 Ra의 값을 각각의 방식에 대해서 기록하였다. 최근 LED에서 R, G 형광체를 여기하여 백색을 얻는 방식도 제안되고 백색 LED는 시판되고 있다.

최근 ② 타입의 근자의 (UV), LED 여기의 백색 LED (nUV white로 불린다)의 개발과 실용화가 국내·외에서 활발하게 이루어지고 있다. 표 6은 「21세기의 빛」프로젝트에 의해 실현된 현행의 백색 LED (BY:Blue-YAG의 머릿글자)와 비교한 것이다. 발광 스펙트럼으로부터 알 수 있듯이 ②의 타입에서는 적색 성분이 얻어지고 있다.

5. Active형 풀컬러 유기 EL 디스플레이

멀티미디어 시대를 맞아 다양한 정보단말이 개발되고 있다. 이런 단말에는 많은 정보를 정확하게 전하기 위해 우수한 디스플레이의 탑재가 기대되고 있다. 이 요구에 응하기 위해 자발광이며 표시가 잘 되고, 시야각의 의존성도 없는 고속응답이며 동영상의 재생에 적합한 액티브형 풀컬러 유기 EL 디스플레이를 개발되었다. 유기 EL 디스플레이는 그 특성으로부터 차세대 디스플레이로서 주목받고 있지만, 지금까지 없었던 전혀 새로운 디바이스인 점으로부터 실용화에는 높은 기술적 장애물을 넘지 않으면 안 된다. 본 보고에서는 유기 EL의 특성에 대해 기술하면서, 앞으로 해결해야 하는 과제에 대해서도 설명하겠다.

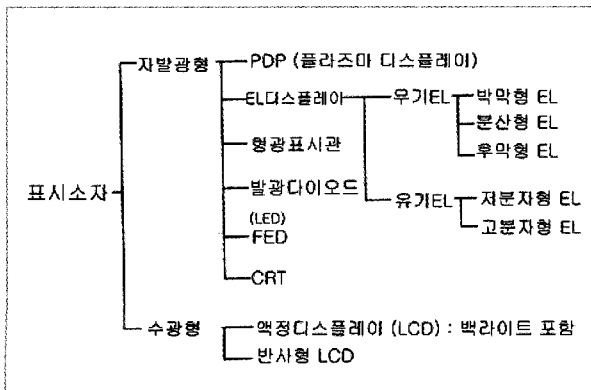


그림 9 디스플레이의 종류

1) 유기 EL 디스플레이

그림 9는 현재 실용화 혹은 개발되고 있는 디스플레이를 분류한 것이다. 디스플레이는 스스로 빛을 내는 자발광과 다른 광원을 이용하는 비자발광형으로 크게 구별할 수 있다. 우리들의 생활에서 친숙한 CRT (cathode ray tube)나 최근 진출이 두드러지는 PDP (Plasma Display Panel : 플라즈마 디스플레이) 등은 자발광형이며, 이것에 비해 최근 10년 비약적인 발달을 거둔 액정 디스플레이는 비자발광형 디스플레이이다. 본 보고에서 기술하는 유기 EL은 전자적 자발광형 중에 EL 디스플레이에 포함된다. EL 디스플레이는 무기 EL과 유기 EL로 크게 구별되고 유기 EL은 저분자형과 고분자형으로 분류된다. 여기에서는 유기 EL중 저분자형 유기 EL 디스플레이에 대해서 기술하겠다.

2) 대표적인 유기 EL 재료

형광 혹은 인광을 가진 유기재료는 예부터 알려져 있으며, 잉크, 염료 등의 다양한 용도로 널리 이용되고 있다. 유기 EL 디바이스는 이런 빛나는 유기재료를 응용한 소자이다. 유기 EL재료는 전류를 흘려 빛을 방출하는 것이 가능하기 때문에 디스플레이로서의 응용뿐만 아니라 면발광 원으로서도 응용을 기대하고 있다. 유기 EL 디바이스의 발광 재료는 저분자계와 고분자계로 나눌 수 있다. 저분자계와 고분자계의 큰 차이는 성막법에 있고, 저분자계는 진공 증착법등의 dry process이지만, 고분자계에는 cast법, wet process가 중심이다. 따라서 재료의 설계에도 그 점을 고려해야 한다.

그림 10에 대표적인 유기 EL재료를 나타내었다. 저분자계 재료는 이것을 사용한 패널이 상품화된 것도 있고, 실용적인 특성을 나타낸 재료가 여러 가지 발광되고 있다. 일반적으로 저분자계 재료는 기능별로 홀 수송재료, 발광재료, 전자 수송재료로 크게 구별할 수 있다.

홀 수송재료는 홀의 이동도가 전자에 비해 큰 재료가 사용되고, NPB나 MTDATA와 같은 페닐아민 (phenylamine)계 화합물이 널리 사용되고 있다. 또 양극 (ITO)과 접하는 재료는 특히 홀 주입 재료라 불리며, CuPc 등 ITO와 이온화 포텐셜이 가까운 재료가 사용되고 있다. 홀 수송재료의 개발은 그 홀 수송성의 향상과 함께 내열성의 향상도 중요시되고 있다. 이것은 유기 EL 재료 중에서 홀 수송 재료가 가장 내열성이 낮기 때문이다. 현재 100℃ 이상의 고유리전

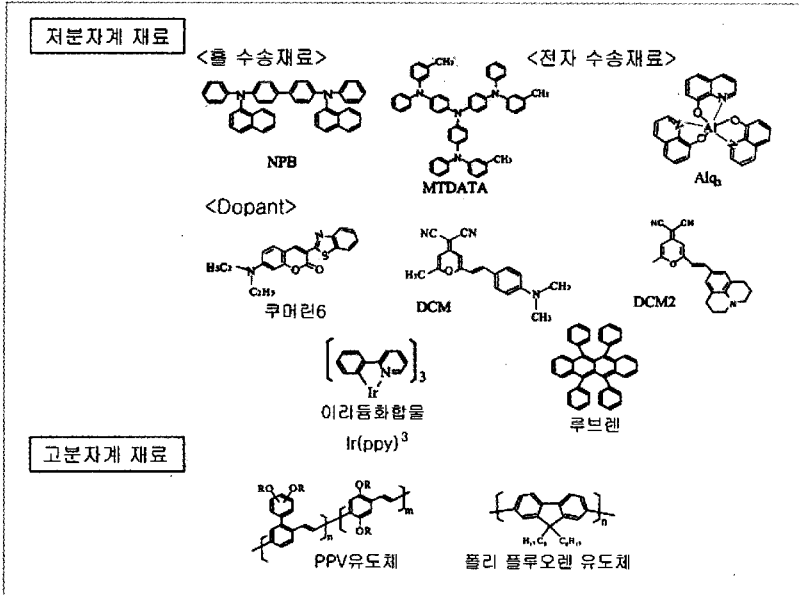


그림 10 대표적인 유기 EL 재료

이점을 가진 재료의 개발을 서두르고 있다.

한편, 전자수송재료는 홀보다 전자의 이동도가 큰 재료이고, Alq₃나 옥사디아졸 유도체가 그 대표이다. 그러나 Alq₃, 옥사디아졸 유도체 모두 불안정성이 보고되고 있고, 앞으로 더욱더 우수한 재료의 모색이 기대된다.

발광층은 고효율을 얻기 위해 호스트와 dopant에서 형성되는 경우가 많다. 대표적인 호스트는 Alq₃이고, 녹색~적색용의 호스트로서 사용되고 있다. 단지, 청색의 경우는 Alq₃를 사용하면 Alq₃의 녹색이 반짝이기 위해, Alq₃보다 더욱더 큰 에너지를 가진 재료 (예를 들면 디스틸 유도체 DPVBi)가 사용된다. 대표적인 dopant로서는 녹색에서는 퀴나크리돈 (quinacridone), 쿼머린 (coumarine) 유도체, 황색에서는 루브렌, 적색에서는 DCM 유도체, 청색에서는 페릴렌 등을 꼽을 수 있다.

또, 최근 새로운 dopant로서 이리듐 (Ir) 화합물이 주목 받고 있다. 종래의 dopant는 일중항 여기자를 경유하여 발광하는 데 반해, 이리듐 화합물은 삼중항 여기자에 의해 발광한다. 이론적으로는 삼중항 여기자 발생 확률은 일중항 여기자의 3배이기 때문에 고효율을 기대할 수 있다. 실제로 이리듐 화합물을 사용한 소자는 30cd/A 이상의 고효율을 나타내고 있다. 이것은 응용 면에서 생각하면 종래의 dopant와 비교해, 소비 전력이 적은 디스플레이를 실현할

수 있다. 앞으로 유기 EL 디스플레이가 휴대용 기기에 탑재되면 소비전력의 저감이 요구되기 때문에, 이리듐 화합물의 중요성이 증가할 것이라고 생각한다. 현재 녹색과 적색의 이리듐 화합물은 안정적으로 고효율을 실현할 수 있으나 청색은 아직 이들의 기술 과제를 만족할 재료는 찾지 못하였다. 안정적인 청색 재료의 개발이 이리듐 화합물의 당면 과제이다.

고분자계 폴리 파라페닐렌비닐렌 (PPV) 유도체나 폴리 thiophene 유도체가

저분자계 재료와 같은 레벨의 뛰어난 적~녹색 발광을 나타내고 있다. 그러나 청색 발광은 발광효율, 수명과 함께 요구를 만족할 재료를 찾지 못한 채 폴리플루오렌을 중심으로 재료 개발이 진행되고 있다. 현재 고분자계 재료는, 실용화에서는 저분자계 재료에 선두를 넘겨주었지만, 우수한 청색재료의 실현, 잉크젯이나 인쇄법 등 새로운 성막법의 향상이 진행된다면 저분자계를 능가할 가능성도 잠재하고 있다.

이와 같이 유기 EL 재료는 여러 종류가 존재하며, 발광하는 빛의 스펙트럼도 여러 가지이다. 통상 디스플레이에는 RGB 각각의 원색에 가까운 스펙트럼을 갖는 재료가 바람직하지만, 재료를 연구함으로써 백색광을 만들 수 있다.

3) 패시브형과 액티브형의 비교

표 7은 패시브형과 액티브형 유기 EL 디스플레이의 특징을 비교한 것이다. 유기 EL 디스플레이는 응답성이 높고, 잔광특성이 없으므로 패시브형과 같은 튜터구동의 디스플레이에서는 필요한 휘도인 Row 라인 수배가 1개의 Row 라인에 필요한 휘도가 된다. 예를 들면 디스플레이의 평균 휘도가 200cd/m², Row 라인수 480개라고 하면 각 화소에는 200cd/m² × 480개 = 96,000cd/m²라는 고휘도가 필요하게 되며, 유기 EL 재료의 수명을 현저하게 저하시킨

표 7 유기 EL 디스플레이의 종류와 비교

구동법	패시브 매트릭스		액티브 매트릭스	
		듀티구동 (ROW라인 선택시만 점등)		스터틱 구동 (항시 점등)
고휘도 고정세화	△	ROW라인 증가에 따라 휘도 저하. ROW라인 수에 한계가 있다(현재 240개)	◎	ROW라인 증가 수에 관계없이 고휘도를 실현할 수 있다.
저소비 전력	△	ROW라인 선택시 요구 휘도 × ROW라인 수의 휘도가 필요 → 고전압 구동	○	요구휘도의 구동 전압에서 항시 발광 → 저전압 구동 (저소비 전력화)
소형화	○	구동 IC를 외부에 접합	◎	구동회로를 판넬 위에 내장 → 협액녹 (소형화)
소자구조 코스트	◎	단순 매트릭스+유기EL → 심플한 과정, 저가	△	저온 p-Si TFT + 유기 EL → 복잡한 과정

다. 더욱이, 구동전압·전류의 상승을 초래하며, 그에 더하여 배선의 전압강하의 문제에 의하여 고휘도·고정세화에는 제약이 생긴다. 또한, 이 고휘도에서의 점등은 플릭터주파수의 상승을 초래한다. 통상의 TV 신호의 경우 필드주파수는 60Hz이지만, 이 순간적인 고휘도에 의하여 필드주파수를 올리기 위한 변환회로가 필요하다. 현재는 가능한 화소휘도를 낮게 억제하기 위하여 화면을 상하로 분할 구동하여 Row 라인수 240개 정도의 디스플레이가 현실이다.

이에 대하여 액티브형은 상시 발광하고 있으므로, 이와 같은 제약은 발생하지 않는다. 그러므로, 저전압 구동이 가능하고 저소비 전력화에 유리하다. 또, 뒤에 기술할 폴리실리콘 TFT 기술을 사용하여 주변 드라이버를 내장하여 협액녹이 가능하게 되며 소형화에 유리하다. 액티브형의 최대 과제는 디스플레이 전체에 균일한 전류를 공급할 수 있는가이다.

이 때문에 TFT 회로구성 및 화소 배열 구성의 최적화가 필요하다.

4) 액티브형 유기 EL 디스플레이의 앞으로의 과제

액티브형 유기 EL 디스플레이의 앞으로의 주요한 기술적 과제로서는

- ① 유기 EL 재료의 개발
- ② 유기 EL 프로세스에 적합한 제조장치의 개발
- ③ TFT 특성의 개선
- ④ 인터페이스 (I/F) 회로를 포함한 시스템으로서의 저소비 전력화

⑤ 디스플레이로서의 신속성의 향상 등을 들 수 있다.

① 유기 EL 재료의 개발에서는 적색·청색의 효율 향상과 청색의 색도개선 및 유기 EL 재료와 그것의 신속성 향상이 필요하다. 재료 면에서는 역시 수명을 어떻게 늘릴까 하는 부분에 가장 관심이 집중되어 있다. 유기 EL 디스플레이의 수명을 늘리는 것과 소자의 발광효율을 향상시키는 것은 같은 방향에 있는 개발의 주제이다. 어떻게 하면 효율이 좋고 안정된 유기 재료를 개발할 것인가가 초점이 된다. 동시에 발광효율의 향상은 구동면의 트랜지스터의 능력이 작아도 사는 것과 같은 가격이기 때문에 효율이 비약적으로 향상된다면 더욱더 저소비 전력화가 가능해진다.

② 유기 EL 프로세스에 적합한 제조장치의 개발에는 대량 생산의 개선이나 샷도우 마스크에 의한 도장 기술의 향상, 또한 접합·실링 기술의 고도화 등을 들 수 있다. 유기 EL용의 제조 장치는 아직 개발 단계에 있는 것이 많고, 앞으로의 기술혁신에 따른 디스플레이의 특성 개선이 크게 기대할 수 있는 부분이다.

③ TFT 특성의 개선에 대해서는 전류 구동형 트랜지스터의 특성 균일화가 실현된다면 대면적에서도 불균일이 없는 표시가 가능해진다. 또, 소형의 디스플레이에서는 회로의 간략화에 따라서 비용절감의 요인도 된다. TFT의 균일성이 향상된다면 이런 회로의 소형화, 메모리 등 다른 회로의 조합이나 화소를 작게 하여 고정세의 디스플레이를 실현할 수 있다.

④ I/F 회로를 포함한 시스템으로서의 저소비 전력화의 검토에 의해 종래의 액정 디스플레이와는 다른 자발광 디

스플레이에 적합한 표시방법이나 기기의 시스템, 나아가서는 시스템에 어울리는 구동회로를 형성하여 더욱더 저 소비 전력화가 가능해진다.

⑤ 디스플레이로서의 신속성의 향상에서는 봉지(封止) 기술의 개선 및 구동 조건의 최적화를 꾀하여 보다 장수명으로 표시 품질이 안정된 디스플레이를 실현할 수 있다.

결 론

LCD 디스플레이는 다양한 분야에서 계속 사용되어질 것으로 생각되어지지만, LED나 유기LE 등의 다른 광원도 백라이트광원으로서 실용화가 진행되고 있다. 금후도 냉음극형광 램프가 LCD백라이트용광원의 주류로서 계속되기 위해서는 보다 한층 높은 성능·효율 개선은 물론 에너지 절약·자원의 절약화에 대응한 고효율·장수명화의 개발이 보다 중요해질 것으로 생각된다.

평판형 광원 백라이트를 소개하였으나, 실제로 액정TV 등의 제품으로서 이용되는 것은 더욱더 개선이 필요하다. 미세 방전형 램프나 무수은 평면 방전형 형광램프는 종래의 형광램프와 다르게 Xe를 이용하고 있고, 또 여기에서 소개하지 않았지만 최근 무수은 형광램프의 연구개발이 증가하고 있다. Xe 방전 형광램프의 발광특성은 수은방전 형광램프에 비해 불충분하기 때문에 보다 한층 더 개선이 필요하다.

PDP나 유기 EL, LED 측면에서는 형광체 등의 소재면과 구동 Drive면에서 나노 기술의 이용이 조명의 파급적인 효과를 가져 올수 있다. 형광체의 경우 나노기술을 이용함으로써 형광막의 최적 조건을 수립하여 형광체 효율의 감소 없이 발광에 참여할 수 있도록 최적의 형광막을 제조할 수 있다. 구동 기술 차원에서도 각각의 나노 광원에 대한 구동 Driver 측면에서 나노기술을 이용함으로써 추가적인 효율 향상을 추구할 수 있게 된다.

한편, IT환경의 발전과 함께 발광형, 비발광형 디스플레이에서도 매우 활기에 차 있고 시장의 비약적인 확대가 기대되지만, 10~20인치 사이즈에서는 LCD, OLED, FED, 무기 EL이 경합 관계에 있고, LCD독점 상태가 앞으로도 지속될 것인가 주목되고 있다. 또, 30~40인치의 일반적인 대화면에서는 PDP의 독점이 계속될 것인가, LCD, FED, 무기 EL에 대항할 것인가에 대해서도 주목된다.

또, LCD백라이트에서도 LED, OLED가 사용될 가능성이 있고, 조명에서도 LED, OLED가 본격화된다면 우리들의 생활에 큰 변화를 미칠 것이 예상된다. 디스플레이 및 조명산업에서 중국이나, 대만의 대두에 대해서 한국은 어떤 식으로 대응해야 할까는 한국의 경제 상태에 큰 영향을 미칠 것으로 생각하기 때문에 진지하게 검토하지 않으면 안 될 것이다.