

LCD용 백라이트의 구성원리 및 기술동향

홍병희 (광운대학교 전자물리학과 교수)

1 서 론

현재 상품화된 평판 디스플레이로는 LCD, PDP, OLED 등이 있는데, 이들의 기술 개발 경쟁이 점점 치열해지면서 평판 디스플레이가 현대인의 실생활과 더욱 밀접해지고 있다. 이들 중 아직까지는 단연 LCD가 확고한 시장을 확보하고 있다. 현재 LCD는 아주 소형의 모바일 제품부터 Note-PC, 모니터 그리고 TV 시장에까지 진출하였고, 계속 그 응용 시장을 넓혀가고 있다. 이렇게 LCD가 시장을 주도하게 되는 과정에는 LCD의 핵심 부품 기술개발이 함께 뒷받침 되었으며, 특히 백라이트(BLU : Back Light Unit)의 기술 발전은 LCD 기술발전에 중요한 역할을 담당하였다. LCD라는 제품에는 백라이트가 반드시 필요하기 때문에, 백라이트 산업은 LCD 산업의 규모와 비례하여 함께 성장하여 왔다. LCD의 주요한 제품 특성 중에는 백라이트에 의해서 결정되는 항목들이 매우 많다. LCD의 광학적 특성 중 휘도, 휘도의 균일도, 색온도 등은 백라이트에 사용되는 광원 및 그 광학 부품들의 구성에 의해서 결정되며, LCD의 소비 전력 중 대부분은 백라이트에서 소비되기 때문에 LCD의 소비전력 및 에너지 효율도 백라이트에 의해서 결정된다. 또한 LCD 제품의 두께, 무게, 사이즈 등도 모두 백라이트와 관계가 있다. 근래에는 LCD의 응답 속도가 낮아 동화상에서 화상 번짐이 생기는 문

제를 백라이트의 구동 방법을 이용하여 개선하려는 연구도 많이 진행되고 있다. 이와 같이 백라이트에 의해서 결정되는 LCD의 제품 특성 항목이 많다는 점과 LCD 산업이 급속도로 더 커져가고 있다는 점 때문에 백라이트는 점점 더 중요한 산업군이 되어가고 있다. 또한 LCD의 응용 시장이 커지면서 그에 따라 백라이트에 대한 요구 조건 또한 매우 다양해지고 있다.

LCD TV가 대형 디스플레이 시장에서 타 경쟁 제품과 치열한 생존 다툼을 하기 위해서는 무엇보다 생산 원가 절감이 필요하며, 이에따라 백라이트의 생산 원가 절감 또한 매우 중요한 문제가 되고 있다. LCD 모듈의 생산 원가에서 백라이트가 차지하는 비중이 Note-PC나 모니터 제품에서는 10~20(%) 정도이지만, TV에서는 30(%) 정도까지 차지한다. 더구나 LCD가 대형 생산 시스템에서 더욱 더 대량 생산되어 감에 따라 패널부의 가격은 더욱 작아지고 있어 백라이트도 이러한 가격 하락 추세를 따라갈 새로운 기술의 필요성이 절실해지고 있다. 세부적인 백라이트의 구성 부품들을 살펴보면 광원과 그 광원을 구동하는 인버터의 가격 비중이 매우 높기 때문에 새로운 광원에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 또한 핵심 부품인 몇몇 광학 시트들은 특정 업체에의 의존도가 너무 높아 생산 원가 절감 활동이 상대적으로 약하다가 근래 들어 이들 기존 업체들의 시장 장악력을 위협하는 새로운 제품들이 등장하기 시작하면서 백라이트

부품들에 대한 연구 개발도 활발하게 진행되기 시작하였다. 본 고에서는 백라이트의 기술 원리와 그 동향을 살펴보고 그 흐름의 맥을 파악해보자 한다.

2. 백라이트의 구성 원리

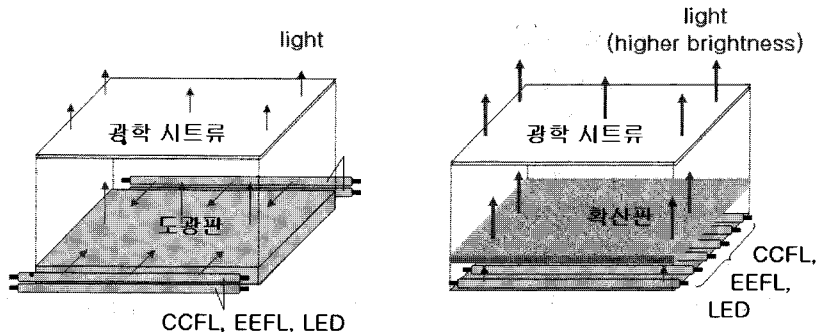
그림 1에서 보여주고 있는 바와 같이 백라이트의 분류는 램프의 위치에 따라 램프가 도광판(Light Guide Plate : LGP)의 옆에 위치해서 빛이 도광판을 거치면서 전면을 향하도록 하는 도광판 방식과 램프가 TFT-LCD 뒤쪽에서 바로 전면을 향하여 빛을 발하는 직하형 방식이 있다. 도광판 방식은 다시 램프가 도광판의 한쪽 사이드에만 위치하고, 경사진 형태를 가진 쐐기형 도광판 방식(Wedge Type)과 램프가 도광판의 양 사이드에 위치하는 평판형 도광판 방식으로 분류할 수 있다. 일반적으로 쐐기형은 주로 Notebook PC용으로 사용되고, 평판형은 모니터용으로 사용되며, 직하형은 대형의 TV용으로 사용되고 있다.

쐐기형의 경우는 램프를 1개 정도만 사용하기 때문에 주로 저 소비 전력용의 백라이트(notebook 등의 소형 LCD)에 사용된다. 그림 1 (a)에서 보여주는

구조는 평판형 구조로써 lamp를 양방향에 설치하여 고휘도에 목적을 두었고, 일반적으로 모니터 모델에 사용되며 두께가 두껍다. 반면 그림 1 (b)의 직하형 구조는 일반적으로 대면적 및 고휘도 백라이트에 사용되는데 주로 TV 모델에 주로 사용되다가 근래에는 20인치급의 모니터 모델에도 사용되고 있다.

도광판형과 직하형 백라이트 모두 이들을 구성하는 부품은 크게 네 종류로 분류해 볼 수 있다. 첫째는 광원, 둘째는 각종 광학 부품, 셋째는 램프를 동작시키기 위한 인버터, 넷째는 램프 및 각 광학 부품들을 조립하여 지탱해주는 프레임류이다. 본 고에서는 주로 광원과 광학 부품의 기술에 대한 내용을 다룬다. 광원은 크게 나누어 LED와 CCFL로 나눌 수 있는데, 모바일용은 대부분 LED를 사용하고 있으며 Note-PC, 모니터, TV용은 대부분 CCFL을 사용하고 있다. 근래들어 CCFL을 대용할 수 있는 새로운 광원에 대한 연구 개발이 많이 진행되고 있으나, 아직까지는 LED와 CCFL이 가장 많이 사용되고 있다. 광학 부품에는 반사시트, 도광판, 확산판, 확산시트, 프리즘 시트, 반사 편광 필름 등이 있는데, 왜 이러한 부품들이 백라이트에 필요한지를 살펴보기로 한다.

그림 2에서 볼 수 있는 바와 같이 백라이트는 자체



용도: Mobile, Note-PC, Monitor

용도: LCD TV

(a) 도광판형 BLU

(b) 직하형 BLU

그림 1. 백라이트의 분류: 도광판형과 직하형

발광 기능이 없는 LCD 패널의 광원으로 사용되는데 단순한 조광기능을 넘어 효과적인 빛의 분포와 산란을 위해 여러 종류의 광학 부품들이 사용된다. 백라이트를 구성하는 기본 부품들 중 핵심적인 광학 부품들을 살펴보자면 먼저 액정의 특성을 살펴보아야 한다. LCD는 편광을 이용하여 디스플레이를 하는 것으로서 LCD 패널의 밑면에는 제1편광판이 있다. 따라서 백라이트로부터 나온 빛은 제1편광판의 방향으로 편광된 빛만이 통과할 수 있으며, 액정부에서 이 편광들의 방향을 바꿔주어 이들이 제2편광판을 통과할 수 있도록 한다. 한편 백라이트에서 나온 빛은 백색광이지만 R, G, B셀들로 이루어진 컬러 필터를 통과하면서 컬러를 구현하게 된다. 이러한 점을 고려하여 백라이트의 구성 원리를 살펴보면 다음과 같다. 우선 백라이트에서 나오는 빛은 액정 패널 면, 즉 백라이트 면에 수직 방향이어야 이용 효율이 높다. 빛이 제1편광판과 액정부, 컬러 필터, 제2편광판을 통과하여 우리 눈에 들어와야 하기 때문이다. 둘째는 백라이트에서 나오는 빛이 되도록이면 제1편광과 동일한 방향으로 편광된 빛이어야 광손실이 적다. 편광되지 않은 빛이 액정 패널에 입사되면 적어도 50[%]는 손실되어버리기 때문이다. 따라서 백라이트의 핵심 부품 중에는 빛을 수직으로 세워주는 프리즘 시트, 모든 빛을 한쪽 방향으로 편광된 빛을 만들어주는 시트 등이 있다. 한편 선광원 또는 점광원을 면광원으로 바뀌는 부품

도 필수적이며, 이렇게 면광원으로 바뀐 빛이 면 전체에서 고르게 빛이 나도록 해주는 확산 기능의 부품도 필수적이다. 그리고 만약 백라이트에서 R, G, B color의 빛을 직접 낼 수 있다면 액정부에서 컬러 필터를 없앨 수 있는 장점이 있어 이에 대한 연구도 많이 되고 있다.

그림 3은 도광판 타입 백라이트와 직하형 타입 백라이트에 대해서 선광원으로부터 평면화, 균일화, 수직 방향화, 편광화가 어떻게 되는지에 대해서 비교한 그림이다. 이를 보면 도광판 타입과 직하형 타입 모두 동일한 원리에 의해서 면광원이 만들어지고 있다. 우선 점광원 또는 선광원으로부터 나온 빛을 면광원화시키는 과정이 필요하고 다음으로는 이 면광원을 균일화시키는 과정이 필요하다. 이렇게 얻어진 면광원은 백라이트 면에 수직인 방향보다는 기울어진 방향으로 향하는 빛이 많은데 이 빛들을 수직 방향화시키기 위해서 프리즘 시트가 사용된다. 마지막으로 이 빛들이 액정부의 제1편광판과 동일한 방향으로 편광되어 출광되도록 해주는 반사 편광 필름이 사용된다.

다음의 그림 4는 왜 프리즘 시트, 반사편광필름 등의 광학 시트들을 사용하는지를 설명하고 있다. Open circle과 사각형 데이터(왼쪽 축)는 CCFL에서 나온 빛을 1.0이라고 할 때 각 광학 부품들을 통과할 때마다 빛이 얼마나 손실이 일어나는 가를 보여주고 있다. Solid circle(오른쪽 축)은 수직 방향의 빛

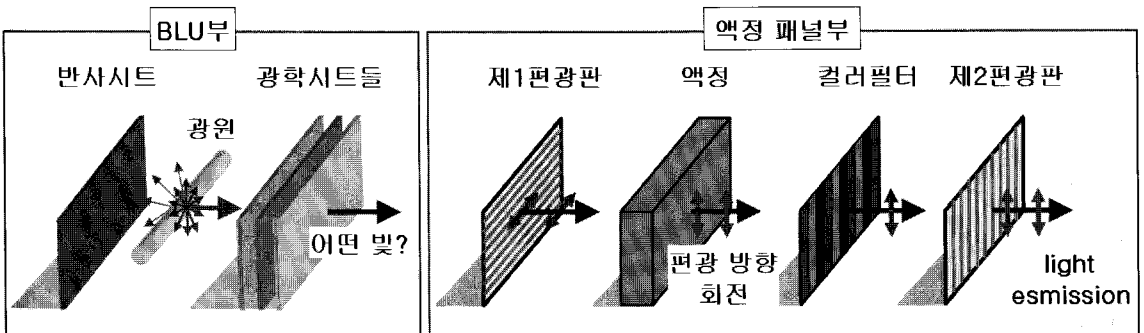


그림 2. LCD의 원리와 백라이트의 필요성

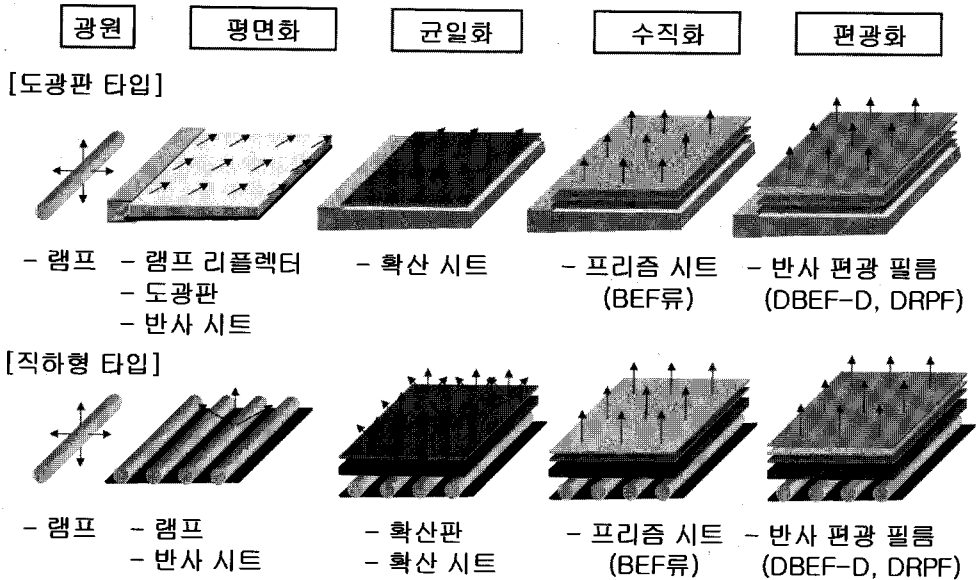


그림 3. 백라이트의 구성 원리

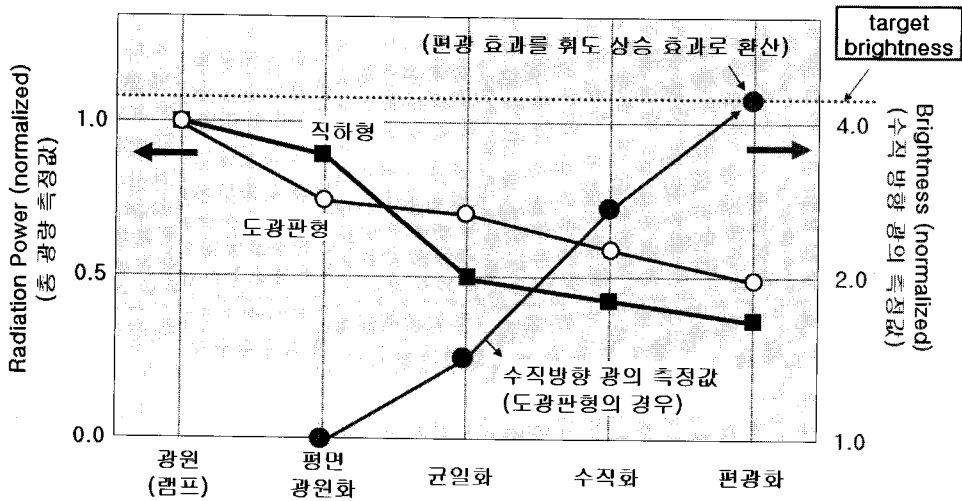


그림 4. 백라이트에서 광학 시트 사용에 따른 총광량 손실 효과와 수직 방향 광의 증가 효과

의 광량을 측정하는 값으로써 각 광학 시트들을 통과할 때마다 수직 방향의 빛의 광량이 증가하고 있음을 볼 수 있다. 따라서 광학 시트를 사용할 때마다 총 광량 자체로는 손실을 일으키고 있지만 수직 방향의 광량은 오히려 증가되게 하는 효과가 있기 때문에, 어떤 목표 휘도를 달성하기 위해서는 광학 시트를 사용해

야 함을 알 수 있다. 특히 면광원화 과정에서 도광판 타입은 도광판을 사용해야 하기 때문에 백라이트의 윗면으로 빠져나오는 빛의 방향이 수직 방향에서 상당히 기울어져 있어 프리즘 시트의 사용이 필수적이다. 하지만 직하형에서는 빛의 방향이 이미 상당히 수직 방향으로 되어 있기 때문에 프리즘 시트의 효과도

광관형 만큼 크지 않다. 또한 프리즘 시트와 반사 편광 필름은 매우 고가이기 때문에 백라이트의 저가격화를 위해서 이들을 백라이트의 구성에서 빼고자 하는 움직임이 있다. 하지만 광학 시트를 하나 빼버리게 되면 목표 휘도를 달성하기가 쉽지 않다. 따라서 광원 자체의 광량을 늘려주거나 광학 시트의 수직 방향 광이용 효율을 높여 주는 방법이 많이 연구되고 있다. 예전에는 광원 자체의 밝기를 올리는 비용보다는 광의 수직화, 편광화에 사용되는 비용이 적게 들기 때문에 프리즘 시트 또는 반사 편광 필름을 백라이트의 필수 부품으로 사용하였으나 현재는 이 구도에서 조금씩 벗어나고 있다.

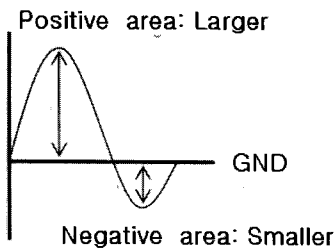
3. 백라이트의 핵심 부품들

3.1 광원 - CCFL

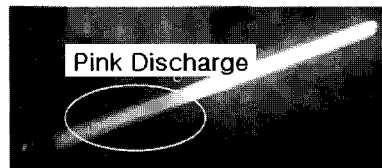
백라이트의 광원으로 가장 많이 사용되고 있는 것은 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)로서 모바일용 LCD를 제외한 전 LCD 영역에 모두 고루 사용되고 있다. CCFL은 휘도가 높으면서도 직경을 세관화 할 수 있고 또한 길이도 길게 할 수 있으며, 램프 자체의 발열량이 적고, 전력 소모가 작으며, 수명이 길어 중대형 LCD의 백라이트 광원으로 가장 많이 사용되고 있다. 일반적인 CCFL의 구조는 세관형의 유리관 내에 방전 개스로서 네온(Ne)과 아르곤

(Ar)을 일정 비율로 넣고 여기에 소량의 수은(Hg)을 포함시킨다. 유리관의 양단에는 전극이 부착되어 있으며, 유리관의 표면에는 형광체가 코팅되어 있다. 이러한 구조에서 전극 사이에 전압차를 인가하여 전계가 발생되면 전극으로부터 전자가 방출된다. 이 전자는 가속되어 Ne 또는 Ar 개스와 충돌하면 2차 전자를 방출하고 이 전자들이 양단의 강한 전계에 의해 계속 가속되어 수은 증기와 충돌한다. 이 때 충돌된 전자에 의해 수은 증기의 에너지 상태가 높아지고, 수은 증기의 여기된 전자가 바닥상태로 전이되면서 에너지를 방출한다. 여기서 발생하는 에너지는 자외선 형태로 방출되고, 이 자외선이 형광체와 충돌하여 형광체에 의해 가시광선의 빛으로 방출된다. 이러한 CCFL은 방전 개스의 구성에 따라 특성들이 약간씩 달라지는데 사용 목적에 따라 그 특성들을 조절한다. 관전류 변화에 따른 휘도 특성을 살펴보면 Ar 비가 높을수록 저전류에서 우수한 휘도 특성을 나타내므로 Note-PC용 LCD에 적합하고, 반대로 Ar 비가 낮으면 고전류에서의 휘도 특성이 우수하므로 일반 모니터나 TV에 적합하다.

CCFL 발광의 핵심은 수은인데 수은 때문에 여러 단점도 나타나고 있어 이에 대한 대책 안이 필요하다. 우선 수은은 환경 유해 물질로 분류되어 있기 때문에 수은량의 사용에 국제적인 제재가 진행되고 있어 향후 저함유 수은량 램프 또는 무수은 램프의 개발이 필



(a) 비대칭 형태의 구동 파형



(b) 수은 편중에 의한 pink discharge

그림 5. 구동 파형의 비대칭에 의해서 생긴 수은 편중과 그에 의한 pink discharge

요하다. 관내의 수은이 고갈되면 CCFL의 수명이 다하기 때문에 관내의 수은 함유량을 늘려 50,000시간 이상의 수명을 보장하고자 하나 이러한 제재 때문에 어려움을 겪고 있다. 한편 수은을 사용함으로써 발생하는 문제가 환경 문제만 있는 것은 아니고, 수은 편중 현상, 또는 전극 뒤쪽에 수은이 몰려 비활성화되어 못쓰게 되는 현상들이 있어 pink discharge나 휘도 저하 등의 불량을 유발한다. 다음의 그림 5는 수은 편중에 의해서 pink discharge가 나타나는 경우이다.

CCFL을 구동할 때 한쪽 전극은 그라운드에 연결하고 다른 쪽 전극에는 sine파 형태의 전압을 인가하는 방법이 많이 사용된다. 그런데 만약 +전압이 인가될 때와 -전압이 인가될 때의 파형이 심하게 비대칭적일 경우에는 수은이 한쪽으로 몰리면서 수은이 없는 부분에서는 Ne에 의한 발광만 두드러지게 나오는 'pink discharge'가 발생할 수 있다. 이는 위 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 +전압이 인가될 때와 -전압이 인가될 때의 이동 거리가 차이 나기 때문에 발생하는 현상이다. TV용 백라이트에서는 램프의 전극 쪽을 그라운드 시키지 않고, 양 전극에 서로 위상이 바뀐 전압을 인가함으로써 수은이 어느 한 방향으로 몰리지 않는 구동 방법을 사용하기도 한다.

3.2 도광판

도광판은 백라이트에서 가장 핵심이 되는 부품으로서 광의 경로가 전면으로 향하는 곳이다. 그런데 도광판의 측면에서 도광판 내로 입사된 광은 전반사 특성 때문에 도광판의 전면으로 빠져 나오지 못한다. 빛이 도광판의 전면으로 빠져나오게 하기 위해서는 도광판의 후면에 광산란 패턴을 형성시켜 주거나, 빛이 반사되어 수직 방향으로 경로가 바뀌도록 해주는 패턴을 형성시켜 준다. 이러한 광산란 패턴은 도광판 후면에 인쇄를 통해서 만들거나 도광판을 사출할 때 표면에 반사/산란 패턴을 함께 형성하는 방법등이 사용된다.

그림 6 (a)는 주로 모니터용 백라이트에 사용되는 도광판으로서 평판의 투명 아크릴판에 인쇄 패턴을 형성해 준 그림이며, 그림 6 (b)는 사출로 제작되는 17인치급 이하의 도광판에 사용되는 금형 패턴의 그림이다. Dot Screen 인쇄 방법에서는 도광판 하부면에 광산란제가 포함된 잉크를 인쇄하여, 도광판에 입사된 빛이 이 산란제에서 산란되고 그 중에서 표면으로 향한 빛이 도광판의 전면을 빠져나와 LCD Panel로 향한다. 광산란제의 성분은 주로 SiO₂ 또는 TiO₂가 사용되는데, SiO₂가 일반적으로 더 많이 사용된다. SiO₂(n=1.6 정도)가 도광판의 주 재질인 PMMA(n=1.49)와 굴절률이 비슷하여, TiO₂(n=2.8 정도) 보다도 광산란 손실이 상대적으로 적은편이다. 광효율외에도 고온, 고습의 안정성 문제에서도 SiO₂가 더 안정적이다. 한편 사출 방법은 금형에 패턴을 직접 형성 시켜줘야 하는데 가장 많이 사용하는 방법은 스템퍼 방식이며, 스템퍼는 Ni 전주 도금을 사용하여 제작하거나 또는 polishing이 매우 잘된 SUS plate 표면에 패턴을 만들어 줌으로써 제작한다. SUS plate에 패턴을 만들어주는 방법은 레이저 가공, sand blasting, chemical etching 등 다

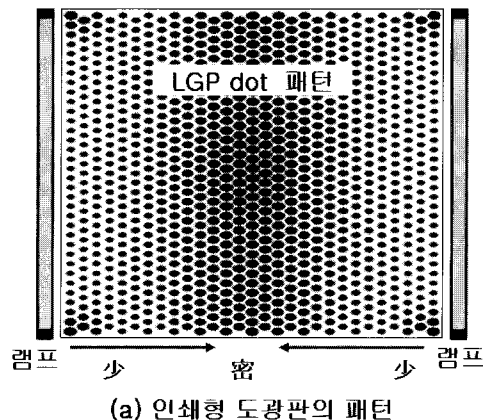


그림 6. 도광판의 광산란/반사 패턴 형성 방법과 그 형태

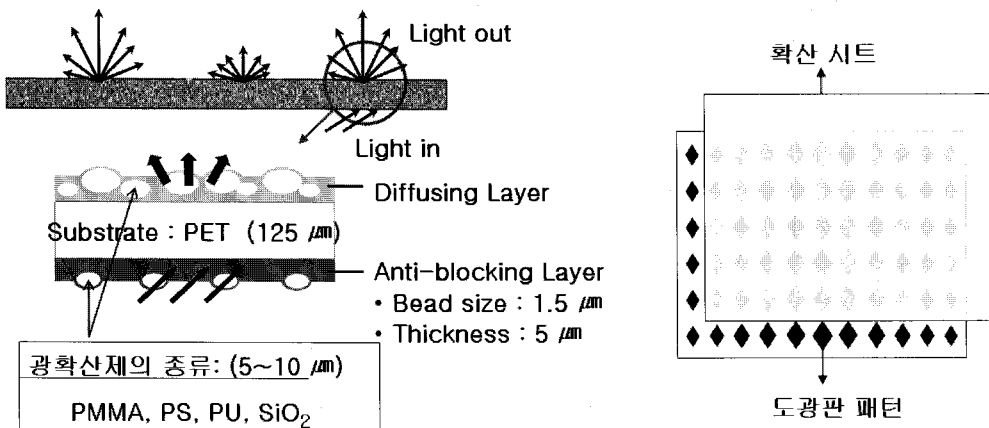
양한 방법이 사용된다.

3.3 확산 시트

확산 시트는 도광판의 윗면 또는 확산판의 윗면에 위치되어 선광원 또는 점광원으로부터 평면 광원화가 된 면광원으로 부터 나오는 빛을 확산시켜 균일하게 만드는데 사용된다. 확산 시트는 모재(base materials; substrate) 필름 위에 표면 확산 능력을 높이기 위한 아크릴 bead 등의 확산층을 표면에 도포하여 제작된다. 모재 필름의 재질로는 폴리에스테르(PET) 수지를 많이 사용하는데, 가격이 싸고 광확산력이 우수한 특성을 갖고 있다. 확산 시트의 두께는 90~130(μm)정도이며, 가시광선 투과율은 66~96(%)정도이다. 근래에는 확산 시트의 표면을 렌즈 형태로 만들어 확산 시트를 통해 방출되는 광이 집속되어 고휘도화가 가능토록 해주는 프리즘 기능이 포함된 확산 시트도 있다. 한편 확산 시트의 특성은 투과율과 헤이즈 값으로 판정하는데, 헤이즈는 빛을 확산시키는 정도를 나타낸다. 다음의 그림 7은 확산 시트의 구조와 역할을 보여주는 그림이다.

3.4 확산판

확산판은 직하형 백라이트에서 필수적으로 사용되는 부품으로서 이 위에 여러 종류의 광학 시트들을 적층하는 지지대 역할도 하지만 가장 중요한 기능은 램프의 발광 휘선을 없애주는 확산 기능이다. 확산판의 재료로 초기에는 아크릴(PMMA)이 많이 검토되었었는데, 아크릴은 열과 습기에 매우 취약하여 신뢰성 테스트 시 자주 문제를 일으켰었다. 반면에 PC 재료는 아크릴 보다는 신뢰성 측면에서 좋은 특성을 보이거나 가격이 비싸다는 단점이 있다. 현재는 아크릴, COP, PC, MS, PS 등 여러 가지가 사용되고 있는데, 아무튼 확산판은 내열성, 내습성, UV 내광성능이 좋아야 한다. 특히 UV 내광성능을 높이기 위해 UV 차단막을 확산판의 양면에 코팅하는 제품도 있다. 확산판의 성능은 투과율과 헤이즈(확산성) 값으로 평가할 수 있는데, 투과율을 높이면 확산성이 떨어지고 확산성을 높이면 투과율이 떨어지는 경향이 있다. 현재 주로 사용되는 확산판의 투과율은 55(%) 정도로서 확산판에서 너무 많은 양의 광 손실이 일어나고 있다. 따라서 투과율도 높고 확산성도 좋은 새로운 방식의 확산판에 대한 연구가 필요하다. 다음의 그



(a) 확산 시트의 구조와 재질

(b) 확산 시트의 역할

그림 7. 확산 시트의 구조와 역할

림 8은 확산판의 기능을 도식적으로 그려놓은 그림이다.

3.5 프리즘 시트

도광판으로부터 빛이 출사되는 각을 살펴보면 도광판 면에 수직인 방향보다는 누운 각으로 출사되는 빛들이 더 많다. 그런데 LCD에서 우리 눈에 들어오는 빛들의 대부분은 주로 액정 패널에 수직인 방향의 빛이다. 프리즘 시트는 여러 방향으로 분포된 빛의 방향을 액정에 수직인 방향으로 바꿔주어 액정에 입사되는 빛을 효율을 높여주는 역할을 한다. 이렇게 함으로써 LCD의 가시 휘도를 높여준다. 프리즘 시트는 띠

모양(stripe type)의 Micro-prism 형상을 모재(base materials : PET) 상부에 형성하여 제작한다. 그림 9는 프리즘 시트를 통과하는 빛의 경로를 설명하고 있다. 수직 방향으로부터 어느 정도 기울어진 방향으로 입사하는 빛은 프리즘 시트의 굴절을 때문에 출광될 때 수직 방향으로 나온다. 그 외의 각으로 입사하는 빛들은 전반사에 의해서 프리즘 시트 내부로 되돌아가는 리사이클링이 일어난다. 최종적으로 프리즘을 통과한 빛은 약 70[°]의 시야각을 가지면서 전면을 향하게 되고 수직 방향의 휘도가 향상된다. 한편 누운 각도로 입사하는 빛들 중에서 일부는 프리즘 시트로 되돌아가지 않고 위로 빠져나오기는 하지만 상당히 누운 각도로 출광되는데 이들 빛은 모두 손실

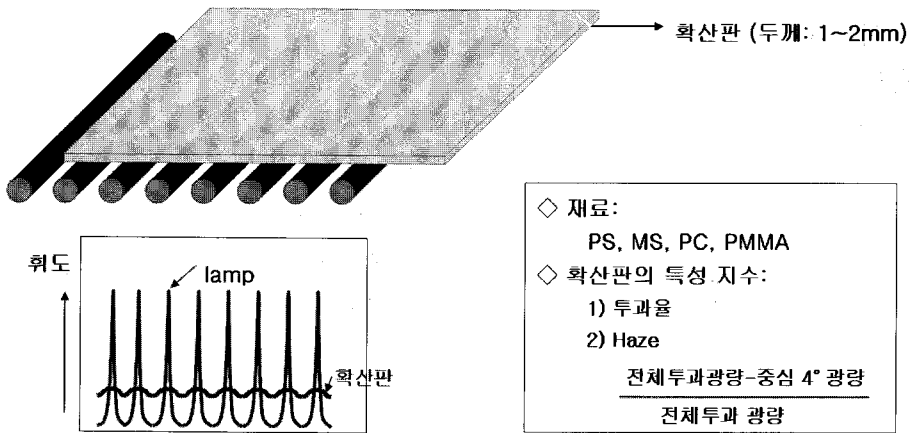


그림 8. 확산판의 형태와 역할

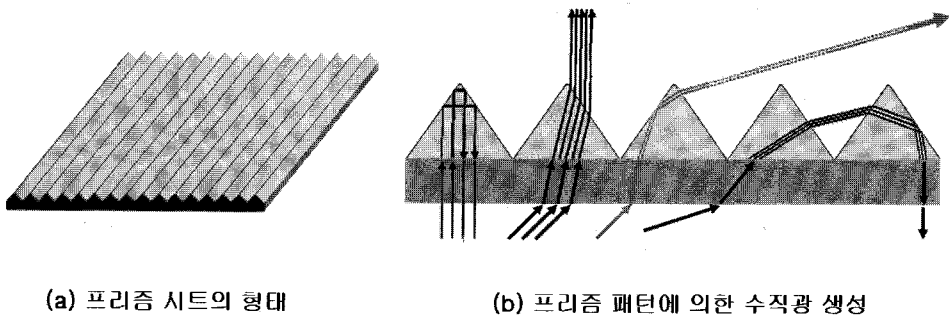


그림 9. 프리즘 시트의 패턴 형태와 프리즘 시트에서의 광 경로

로 간주할 수 있다.

한편 이 프리즘 시트는 3M사의 고유 특허로 수년 전까지만 해도 3M사로부터 전량 수입에 의존하고 있는 실정이었었다. 하지만 현재는 프리즘 시트의 대체 시트도 개발되어 사용되고 있고, 프리즘 시트 자체를 양산하여 공급하는 업체도 다수 생겼다. 따라서 현재는 공급원이 다양해진 부품이 되었으며 가격도 많이 내려갔다.

3.6 반사 편광 필름

반사편광필름은 백라이트에서 출광되는 광들이 LCD의 제1편광판과 동일한 방향으로 편광되게 함으로써 광의 이용 효율을 높여주는 시트이다. 빛은 진동하는 전기장과 자기장으로 이루어진 전자기파인데, 빛들이 모두 일정한 방향으로만 진동하고 있으면 이것을 편광이라고 한다. 한편 LCD의 구조를 보면 하측과 상측에 편광 필름이 있어 백라이트에서 나온 빛이 하측의 제1편광판으로 입사한 후 액정을 통과하여 상측의 제2편광판을 통과하여 나온다. 백라이트의 확산시트 또는 프리즘 시트로부터 나오는 빛은 수많은 방향으로 진동하는 빛들이 섞여 있는 것인데, 이것들

의 성분을 분해하면 서로 수직하는 방향으로 진동하는 두 종류의 편광으로 나눌 수 있다. 따라서 만약 반사편광필름을 사용하지 않고 백라이트에서 출광된 빛을 LCD에 입사시키면 이 중에서 50[%]만이 LCD의 제1편광판을 통과할 수 있고 나머지는 흡수되어 손실되어 버린다. 반사편광필름은 제1편광판과 편광 방향이 달라서 흡수 손실되어 버릴 광들을 recycling 시켜 그 중의 반을 제1편광판을 통과할 수 있는 편광 상태로 만들어 준다. 따라서 반사편광필름을 사용하면 이것을 사용하지 않았을 경우보다 LCD를 통과하여 우리 눈에 들어오는 빛의 양이 2배 가까이 늘어난다. 다음의 그림 10은 반사편광필름의 기능을 도식적으로 그려놓은 것이다. 그런데 반사편광필름은 프리즘 시트와 마찬가지로 3M사에서 독점 공급하고 있으며 아직까지 이를 대체할 수 있는 시트가 개발된 예가 없다. 3M사의 시트에는 DEBF-D와 DRPF가 있으며, DRPF는 DEBF-D보다 상대적으로 저렴한 가격이다. 하지만 이 시트들은 워낙 고가이기 때문에 LCD의 cost-down을 위해서는 이 3M사의 반사편광필름을 사용하지 않고도 휘도를 높일 수 있는 방안 마련이 시급하다.

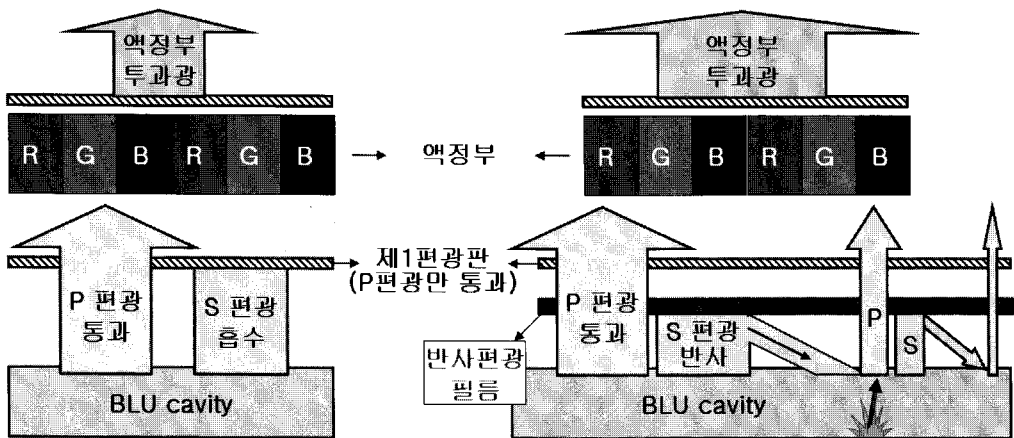


그림 10. 반사편광필름 사용에 의한 LCD 휘도 향상 효과

4. 백라이트의 신기술 동향

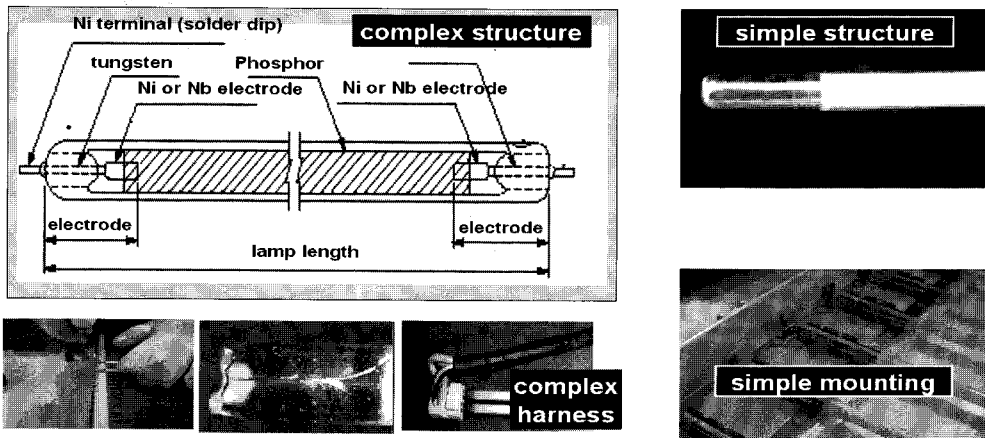
4.1 광원 - EEFL

직하형 방식의 백라이트는 여러 개의 세관 램프를 한 평면에 배치하고 확산판 등을 이용하여 이를 평면 램프화 시키는 것이다. 여기에 사용되는 세관 램프로 이제까지는 CCFL이 사용되었으나 새롭게 대두된 EEFL을 이용하는 것이 유리한 점이 많아 근래에는 이에 대한 개발이 매우 활발하게 진행되고 있으며 양산에도 일부 적용되고 있다. CCFL과 EEFL의 구조상의 특징을 살펴보면 CCFL은 방전관내의 개스부에 전극이 노출되어 있으며, EEFL은 방전관내에는 개스만 주입되어 있고 전극은 방전관 양단의 외부에 형성되어 있다. 이러한 구조상의 특징은 현재 AC-PDP와 매우 유사하며 그에 따른 구동 방법도 비슷하다. 구조상 기본 방전 메카니즘은 dielectric barrier discharge 로서 이는 이미 Xe lamp에 많이 응용되고 있는 기술로서 EEFL이 향후 Hg-free 백라이트에서도 유력한 후보가 될 수 있음을 암시한다.

CCFL은 관내에 전극이 있기 때문에, EEFL에 비

하여 전극 삽입 공정이 까다롭고 전극 자체의 가격도 비싸다. 또 수명에서도 EEFL이 CCFL 보다 유리하다. 램프로서의 성능을 말해주는 발광효율에서도 EEFL-백라이트가 CCFL-백라이트 보다 더 좋다는 연구 결과들이 발표되고 있다. 일반적으로 CCFL은 각 램프 별로 일대일 대응되는 인버터가 있어야 하지만, EEFL은 모든 램프를 병렬로 연결하여 단 한 개의 인버터 만으로 구동할 수 있어 인버터의 배치, 배선 문제 및 가격 측면에서 많이 유리하다. 또한 백라이트 조립 공정에서 램프의 장착 방법이 CCFL 보다 EEFL이 훨씬 유리하다. 다음의 그림 11은 CCFL과 EEFL의 구조 및 백라이트 장착 과정을 비교한 그림으로서 EEFL이 CCFL 보다 유리한 점들을 강조해 놓았다.

한편 이렇게 EEFL이 CCFL 보다 많은 장점이 있지만 구동 전압이 CCFL 보다 약간 높으며 램프 개개의 휘도가 약간 낮기 때문에 40인치 이상의 백라이트에의 적용은 아직은 안되고 있다. 근래 대형 백라이트의 기술 개발 방향의 하나는 램프의 휘도를 높이고 대신에 값비싼 광학 시트를 빼려는 움직임이 강하다. 이러한 측면에서 EEFL의 적용이 대형 백라이트



(a) CCFL의 구조와 BLU 장착을 위한 harness 준비

(b) EEFL의 구조와 BLU 장착

그림 11. CCFL과 EEFL의 구조 비교 및 백라이트 장착 과정의 비교

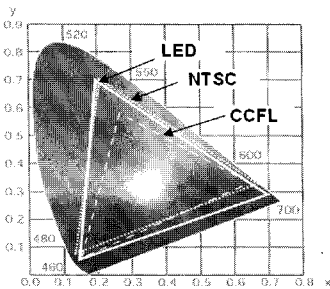
에서는 약간 주춤거리고 있다. 더구나 근래에는 CCFL도 전극부(전선을 soldering하여 사용하지 않고)에 소켓을 씌워 EEFL처럼 쉽게 장착할 수 있게 하는 방법이 개발되었고, CCFL도 EEFL처럼 병렬 구동을 할 수 있는 인버터가 개발되어 많은 저가격화를 이루었다. 따라서 EEFL은 더 낮은 공급 가격과 고휘도 달성 등이 해결되어야만 CCFL의 틈새를 뚫고 시장을 확대해 나갈 수 있을 것이다.

4.2 광원 - LED

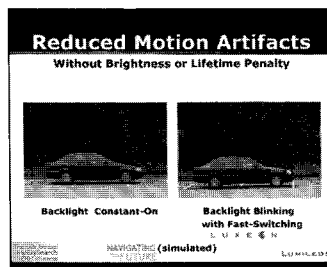
다음의 그림 12는 LED 백라이트의 장점들을 표현해 놓은 것으로서 CCFL보다 색재현성이 낫다는 점, LCD의 동화상에서 나타나는 잔상을 없앨 수 있다는 점, 그리고 field sequential 구동에 의해서 color filter 없이도 color를 구현할 수 있다는 점 등이 표현되어 있다. 그러나 무엇보다도 수은을 사용하지 않기 때문에 친환경적이라는 점이 LED 백라이트의 가장 큰 장점이다. 이러한 장점들이 있어 고가임에도 불구하고 차세대 광원으로 주목받고 있다. 현재에도 이미 Note-PC와 모니터에는 LED 백라이트가 채용된 제품들이 시장에 나오고 있으며 일부 고가형 LCD TV에도 LED 백라이트가 이용되고 있다. 한편 LCD에

필수적으로 사용되는 칼러 필터는 그 가격 비중이 약 10[%] 이상이 되며 공정 비용까지 합하면 칼러 필터로 인한 코스트가 꽤 높은 편이다. 그런데 LED 백라이트에서 R, G, B의 LED를 순차 구동하면 칼러 필터 없이도 칼러를 구현할 수 있다는 장점이 있다. 이 때문에 LED 백라이트 가격이 약간 비싸더라도 칼러 필터를 뺄 수 있다면 전체 LCD 모듈의 가격을 비슷하게 유지할 수 있으며 따라서 LED 백라이트가 매우 유망하다고 예상하기도 한다. 하지만 이 방식은 아직까지는 실용화 단계까지는 이르지 못했다. 아무튼 LED 백라이트는 백라이트의 기술 로드맵 상 맨 마지막 종착역으로 설명되곤 하는데, 이는 친환경적이며 색 재현성이 좋고 가격은 향후에 충분히 싸질 수 있다고 보기 때문이다.

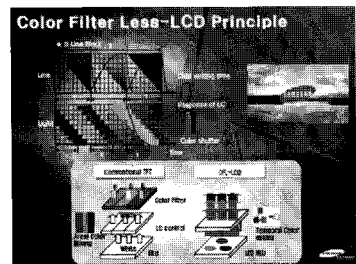
하지만 LED 백라이트가 극복해야 할 문제들이 몇 가지 있는데 그 중 가장 큰 문제는 높은 가격과 낮은 효율 문제이다. TV용 LED 백라이트에는 주로 1[W]급을 많이 사용했었는데 단가가 매우 비싼 편이라 LED가 수백 개씩 필요한 대형 백라이트에서는 CCFL 방식에 비교할 때 광원의 가격이 상당히 비싼 편이다. 그리고 낮은 효율 때문에 발열량이 매우 높은 편이며 이 발열량의 처리가 중요한 연구 과제가 되고 있다. 또한 온도에 따라 색상이 변한다는 점과 휘도가



(a) 색재현 범위의 광역화



(b) Motion Blur Reduction (출처: Lumileds)



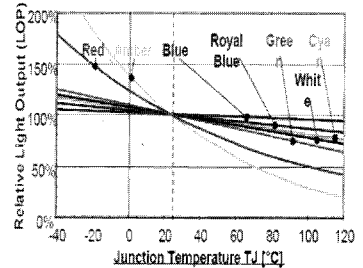
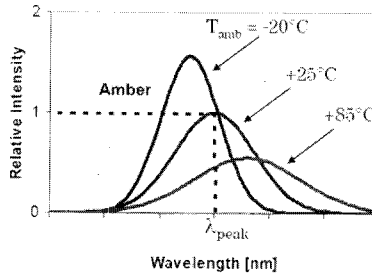
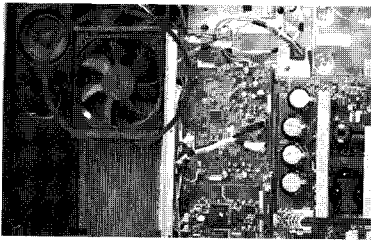
(c) Field Sequential Driving (출처: 삼성전자)

그림 12. LED 백라이트 장점들 (a) 넓은 색재현 범위, (b) 동화상의 화면 번짐 저감, (c) Color Filter-less LCD 모듈 구현

많이 변한다는 점도 LED의 큰 단점 중의 하나이다. 다음의 그림 12는 LED 백라이트의 몇 가지 단점들을 보여주고 있는데, 높은 발열 때문에 백라이트에 팬을 달아 방열을 처리한 백라이트의 사진과 LED 칩의 온도 의존성을 보여주고 있다. 한편 LED의 효율은 현재 급속도로 높아지고 있는 상황이지만, 그러면 다시 균일도 확보 문제가 어려운 과제로 떠오른다. LED는 점광원이기 때문에 적은 개수를 사용하면 빛을 고르게 분포시키는 것이 어려워지기 때문이다.

4.3 광학 시트 - 확산시트와 프리즘 시트의 복합화

백라이트의 부품 개발 분야에서 광원 이외에 가장 활발하게 진행되고 있는 부분이 '다기능 복합 시트'의 개발이다. 현재의 백라이트에는 여러 종류의 시트들이 사용되고 있는데, 균일도를 확보하기 위한 확산시트, 휘도 향상을 위한 프리즘 시트, 편광을 출광시키기 위한 반사 편광 필름 등이 거의 필수적으로 사용되고 있다. 그런데 이들 시트들은 상당히 고가이기 때문



(a) 방열팬을 장착한 LED BLU (Sony사의 QUALIA 2005)

(b) Peak wavelength shift (출처: Lumileds)

(c) 휘도의 온도의 의존성 (출처: Lumileds)

그림 13. LED의 단점들: (a) 높은 발열 때문에 방열 팬을 장착한 LED 백라이트, (b) 피크 파장의 온도 의존성, (c) 휘도의 온도 의존성

■ 광학필름 통합 구조도 (출처: 전자신문 '06.4.27)

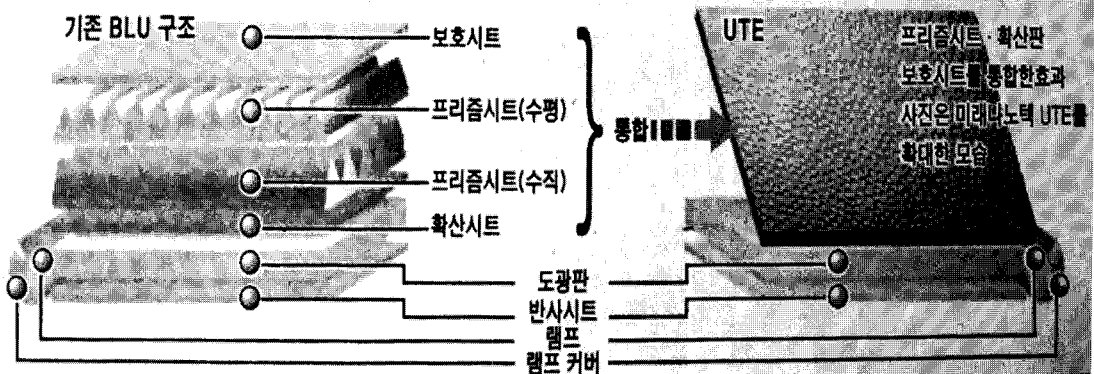


그림 14. 미래나노텍의 다기능 복합 시트의 개념도

에 백라이트의 가격 저감을 위해서는 이들 시트들을 대체할 수 있는 방법이 주요한 연구 테마이다. 광 이용률 향상 시트는 프리즘 시트가 대표적이었으며 이것의 시장은 3M사가 독점해 있었다. 하지만 현재 광 이용률 향상 시트는 프리즘 시트의 형태에서 벗어난 다양한 형태로 개발이 되고 있다. 반사편광필름은 기술적으로 상당히 어려운 분야라서 3M사의 DBEF-D 또는 DRPF 시트를 대신하여 사용할 수 있는 대체 시트에 대한 연구보다 이 시트를 사용하지 않고도 고휘도를 달성할 있는 방법에 대한 연구가 주로 되고 있다. 즉 다른 광학 시트들의 휘도 향상 효과를 극대화시켜 목표 휘도를 달성하는 것이다.

시트들에 대한 이러한 연구 개발의 결과로 등장한 것에 확산 시트와 프리즘 시트의 기능을 통합한 형태의 시트가 있다. 다음의 그림 14는 다기능 복합 시트의 효시격인 미래나노텍의 UTE 시트를 보여주고 있다. 이 시트는 프리즘 시트 만큼 휘도 향상 효과가 크지는 않지만 확산 시트보다는 휘도 향상 효과가 좋으며, 또 여러장을 적층하여 사용하면 상당히 휘도 향상 효과가 커진다. 더구나 상당히 저렴하기 때문에 백라이트의 저가격화에 매우 적절한 시트이다. 미래나노텍 시트의 개발 및 양산 적용을 시발점으로 하여 이러한 통합 기능 시트에 대한 연구 개발이 많이 되고 있는데, 근래에는 확산판에도 이러한 통합 기능을 포함시키는 연구도 많이 되고 있다.

이와 같이 전형적인 프리즘 패턴의 시트보다는 확산 기능이 함께 포함된 복합 시트의 개발이 활발해지면서 프리즘 시트의 기술 개발 방향도 매우 다양하게 전개되고 있으며 무엇보다도 수많은 업체들이 이 사업에 뛰어들고 있다는 것이 특징적인 점이다. 이미 복합 시트에 대한 사업을 하고 있거나 준비하고 있는 업체는 약 30여개 정도 된다. 우선 기존의 메이저 업체로는 3M, 미쯔비시 레이온, LG 전자, E-fun, 니포수지 등이 있다. 생산을 본격적으로 시작했거나 새로 진입을 시도하고 있는 업체는 테이진, 썬테크, 소니

케미칼, 코오롱, LGS, 미래나노텍, 리플렉사이트, 코닥, 감마, GE 플라스틱, 두산, 신화인터텍, 삼성정밀화학, SKC, 제일모직, LG 화학 외에 도 수많은 업체들이 있다. 이렇게 많은 업체와 기술들이 난립하고 있는 상황이기 때문에, 시트 사업이 그리 낙관적이지만은 않다. 하지만 백라이트 시장이 날로 커지고 있다는 점을 고려하면, 확실한 기술적 우위를 갖고 사업을 한다면 좋은 사업 효과를 볼 수도 있을 것이다. 아무튼 이렇게 많은 업체들이 프리즘 시트 사업에 매진하려는 이유는 크게 두 가지이다. 첫째는 LCD의 시장이 계속 급성장을 하고 있기 때문에 그의 핵심 부품인 백라이트의 시장도 계속 성장할 것이고, 그에 따라 휘도 향상용 광학 시트의 시장도 계속 커질 것이라고 보기 때문이다. 둘째는 기술 진입의 장벽이 높지 않다는 점도 있다. 특히 3M사의 특허가 만료되었다는 판단 아래 많은 화학 소재 업체들이 프리즘 시트 사업에 뛰어들고 있기 때문이다.

4.4 도광판 - Note-PC용 역프리즘 방식 도광판

Note-PC용 백라이트의 구성을 보면 기존 방식은 도광판 위에 확산 시트 1매와 프리즘 시트 2매, 보호 시트 1매가 있다. (Note-PC 액정에서는 반사편광필름이 백라이트에 있지 않고 액정 패널부에 있다.) 기존 도광판은 상하면이 모두 경면 형태인데 그 하면에 광산란 패턴을 인쇄하여 사용하는 방식이었다. 그런데 새로운 기술로 등장한 역프리즘 방식 백라이트는 단지 프리즘 시트 1매와 보호시트 1매로 구성되어 있다. 대신에 도광판의 상하면에 광학 기능을 가진 패턴들이 형성되어 있다. 다음의 그림 15는 기존 방식의 Note-PC용 백라이트의 구성과 역프리즘 방식 도광판의 구성을 보여주고 있다. 이 그림에서 보이는 바와 같이 역프리즘 방식에서는 프리즘 시트의 방향을 프리즘 산이 아래로 향하도록 배치하는 것이 특징이다.

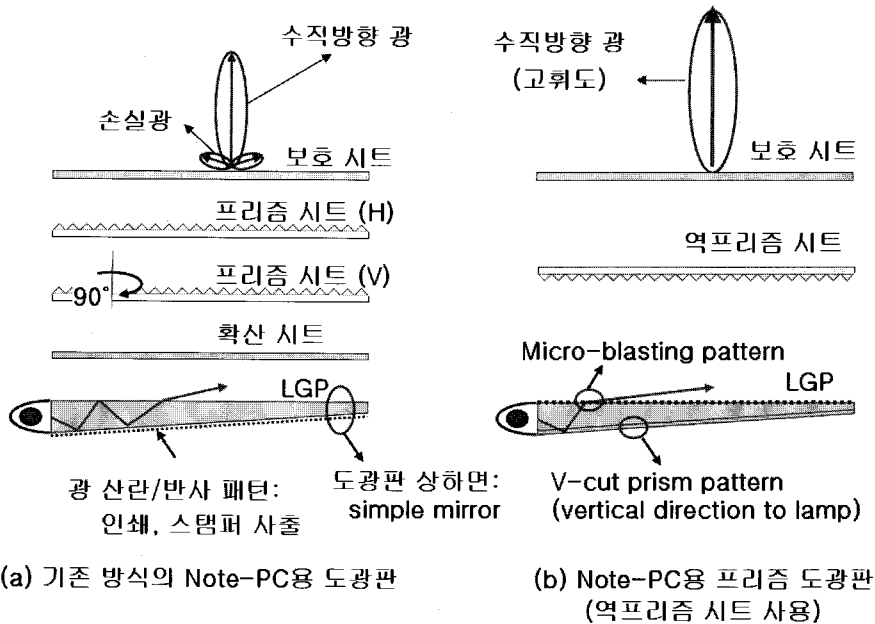


그림 15. 기존 방식의 Note-PC용 백라이트의 기본 구성과 역프리즘 방식 백라이트의 구성 비교

기존 방식과 새로운 방식의 특징 중 큰 차이점은 시트 구성 만이 아니라 휘도 특성이 큰 차이를 보인다는 점도 있다. 기존 백라이트에서는 백라이트로부터 출광되는 빛의 성분 중에 액정 기관에 수직으로 입사하지 못하고 옆으로 빠져나가는 빛의 성분이 꽤 많이 있다. 반면에 역프리즘 방식 백라이트에서는 기존 방식에 비해 낮은 각도로 빠져나가는 빛들이 거의 없어 고휘도화도 함께 달성된다. 이렇게 백라이트의 휘도가 높아지면 고가의 반사편광필름을 뺄 수 있어 cost-down을 많이 시킬 수 있다. 역프리즘 방식에서는 역프리즘 시트 1매와 보호 시트 1매를 일체화시켜 1매의 시트로 만드는 것도 가능하다. 이렇게 되면 통상적으로 시트를 5매(확산시트 1매, 프리즘 시트 2매, 보호시트 1매, 반사 편광 필름 1매) 사용하던 것을 단 1매로 줄일 수 있다. 한편 역프리즘 방식 백라이트에서는 심각한 화면 불량 문제가 있어 그 사용성의 확대에 제약을 받고 있는데, 이는 램프가 위치한 입광부 쪽의 화면에 명암의 줄무늬가 생기는 현상이다. 이에 대한 대책으로 현재는 이 줄무늬를 근본적으로 없애

지 못하고 약하게 만드는 방법을 사용하고 있는데 앞으로 반드시 해결해야 할 문제중의 하나이다.

한편 모니터용 백라이트에서는 평판 형태의 투명한 아크릴판에 광산란/반사 패턴을 인쇄한 도광판이 많이 사용되어 왔다. 하지만 국내 업체에 의하여 처음으로 개발되고 양산에 성공한 양면 프리즘 LGP는 도광판의 양면에 광학 기능 패턴을 넣은 채로 사출하는 방식으로서 고휘도는 물론 저가격화까지 만족시켰다. 우선 도광판의 하측에는 프리즘 형태의 광산란 패턴을 넣어 인쇄 패턴에 의한 휘도값보다 적어도 10[%] 이상 상승하는 효과를 내었으며, 도광판의 상측에도 프리즘 패턴을 형성시켜 기존에는 아무런 기능을 하지 않던 도광판의 상측면도 집광을 시킬 수 있는 광학 기능을 넣어 5[%] 이상의 휘도 상승 효과를 내었다. 이렇게 함으로써 인쇄 타입 도광판보다 시트 구조의 설계가 저렴해지도록 할 수 있었으며, 또한 여러 단계를 거치던 도광판 제작도 사출로 한번에 끝냄으로써 제조상의 저가격화도 실현하였다. 하지만 이렇게 도광판 전면이 프리즘 패턴을 직가공하여 사출하는 방

식은 그 생산성 때문에 15인치 정도가 한계이다. 따라서 17인치 이상에서는 아직까지 광산란/반사 패턴을 인쇄하여 사용한다. 대형 도광판에서도 도광판 면에 프리즘 기능을 넣기 위해 dot 형태의 프리즘 패턴들을 전사시키는 연구 개발이 많이 되었으나 널리 실용화되지는 못했다. 한편 근래에는 양면 프리즘 도광판을 Note-PC용에도 사용하려는 연구 개발도 많이 되고 있다.

4.5 Scan Driving - MBR (Moving Blur Reduction)

근래 LCD가 다른 종류의 디스플레이와 시장 경쟁을 하면서 가장 큰 약점으로 지적받았던 것이 빠른 동화상의 재현이 좋지 못하다는 것이었다. 이것은 액정의 낮은 응답속도도 원인이지만, 무엇보다도 TFT LCD의 구동 특성 때문이기도 하다. CRT나 PDP는 한 개의 셀이 발광하는 시간이 1 TV field 시간 동안 아주 일부이지만 LCD는 1 TV field 동안 계속 켜져 있기 때문이다. 이것을 보완하기 위해 근래에는 하나의 화면을 구성하는 주기를 60(Hz)에서 120(Hz)로 빠르게 디스플레이하는 방식을 채택하고 있는데, 이

것이 근본적인 해결책은 아니다. 따라서 LCD에서는 백라이트를 스캔 방식으로 순차 구동하는 방법을 채택하는 연구도 하고 있다. 즉 셀의 발광 시간을 백라이트의 점멸로 조절하는 방식이다. 다음의 그림 16은 스캔 드라이빙을 이용하여 동화상의 번짐을 개선하는 예를 보여주고 있다. 이 그림을 보면 스캔 드라이빙의 개념을 쉽게 이해할 수 있는데, 스캔 드라이빙은 LCD TFT의 신호와 동기시켜 백라이트를 켜는 방식이다. 즉 게이트 신호가 들어가는 수평 라인의 부분에 있는 백라이트 부만을 켜고 그 이외의 백라이트 부는 끄는 방식이다. 한편 스캔 드라이빙을 사용하면 1 TV Field 동안의 평균 휘도가 떨어지기 때문에 이러한 방식을 채택하기 위해서는 백라이트에 사용되는 램프의 순간 휘도가 매우 높아야 한다.

스캔 드라이빙 외에 근래에는 로칼 디밍을 하는 백라이트의 연구도 많이 되고 있는데 이는 화면의 부분 부분의 밝기 신호에 맞춰 백라이트의 밝기를 부분적으로 조절하는 방식이다. 이 방식을 사용하면 매우 다이나믹한 화면을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이것을 구현하기 위해서 사용되는 광원은 low-power LED인데 백라이트 먼 전체에 low-power LED를 조밀하

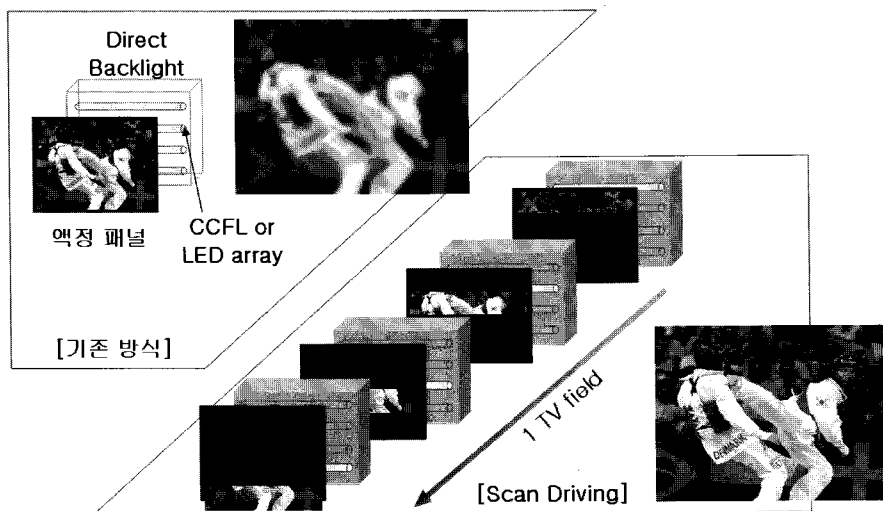


그림 16. 동화상 번짐을 감소시키기 위한 스캔 드라이빙

게 배치시켜놓고 이 LED 들을 개별적으로 스위칭하는 것이다. 이 방식은 근래 연구가 시작되었다.

5. 맺음말

LCD 산업은 한국 산업의 중요한 축이 되고 있는데 이는 세계 평판 디스플레이 시장을 LCD가 주도해 나가고 있으며, 한국이 이 시장의 큰 부분을 차지하고 있기 때문이다. 하지만 부품 재료의 핵심기술은 아직도 일본이 앞서가고 있으며, 일본은 이를 바탕으로 기술적으로 한국을 장악하려 하고 있다. 그리고 LCD 산업의 후발 주자인 중국은 저가격화를 내세워 한국이 차지하고 있던 시장에 무섭게 침투해 들어오고 있다. 일본과 중국의 사이에서 한국이 더욱 확고한 기술 및 시장을 장악하기 위해서는 액정 패널은 물론 그 핵심 부품의 기술 개발에서도 앞서 나가야만 한다. 그 중에서도 LCD의 가격과 품질을 가장 크게 좌우하는 백라이트 기술 개발이야말로 가장 역량을 집중시켜야 할 분야이다. 특히 백라이트의 각 부품들은 물론 기술 방식에 있어서 저가격화와 성능 향상에 대한 연구는 매우 중요하다. 본문에서 살펴본 바와 같이 이를 위해서는 방전 램프 기술, LED 기술, 고휘도 도광판 기술, 광학 시트 기술, 백라이트 구동 기술 등 여러 방면의 기술들이 골고루 필요하다. 이 기술들을 다시 분류해보면, 플라즈마 방전 기술, 반도체 광원 기술, 광학 기술, 회로 기술들로 정리할 수 있는 있는데, 이 기술들은 조명 기술과 밀접한 관계가 있기 때문에 조명 기술 분야의 많은 노하우들이 디스플레이의 백라이트 기술과 접목된다면 더욱 효율적인 연구 개발 결과들이 나올 수 있을 것으로 기대한다.

◇ 저 자 소 개 ◇



홍병희(洪柄熙)

1962년 3월 17일생. 1995년 KAIST 물리학 박사. 1993~2000년 삼성 SDI (PDP 사업팀). 2000~2005년 (주)우영 영상사업부. 2006년~현재 광운대학교 전자물리학과 교수.

TEL : (02)940-5770

E-mail : bhhong@kw.ac.kr