

기술 특 집

Holographic 광확산판 기술

김재홍, 최동훈 (경희대학교, 환경·응용화학부, E-mail : dhchoi@khu.ac.kr)

I. 서 론

액정 디스플레이(LCD)를 포함한 상용화된 디스플레이 기술은 반도체에 이어 많은 발전을 거듭하고 있고 2000년대 이후 우리나라의 주력 수출 상품의 하나로 부상하였으며 최근 LCD 산업분야에서는 세계적인 선두 주자로 나서게 되어 차세대 중점 전략, 성장 동력 기술 산업으로서의 역량이 기대되고 있다. 현재 한국의 TFT-LCD의 경우 세계시장의 30%에 달하는 점유율을 유지하면서 특히, 삼성전자 및 LG-Philips LCD사가 MODULE 생산 대수에 있어서 세계 1, 2위를 경쟁적으로 점하고 있다는 것은 상당히 고무적인 일이라 할 수 있다. 그러나, 실제 module 제조에 필요한 핵심 부품 및 재료의 상당 부분이 수입에 의존하고 있어 향후 국제경쟁력 유지를 위해서는 대만, 중국을 비롯한 후발 국가들에 비해 기술정밀, 가격 경쟁력의 우위 확보가 시급한 문제로 되어 있다.

정보화 사회의 전개와 함께 보급이 크게 증가하고 있는 LCD를 비롯한 디스플레이 기술은 기본적으로 거대한 투자를 요하는 장치산업의 하나인 특징을 가지고 있으며 기술적으로 보면 panel의 설계, 제조 공정, 품질 및 내구성 검사 등 복잡한 공정 기술을 요하고 있다. 따라서 제품 생산 효율이 우수한 제조 장비 및 공정 기술에 우선하여 신기능 고성능 디스플레이 개발의 핵심인 디스플레이용 재료 및 부품 기술의 개발이 디스플레이 관련 중소 산업체 및 대기업의 장기적인 발전 및 국제 경쟁력 확보에 매우 중요하다. TFT-LCD의 경우 핵심이 되는 액정 재료는 물론 배향막, 간극자, 봉지제 및 컬러필터 등을 세부 소재를 수입에 의존하고 있으며, 공정 장비 개발 면에서도 경쟁 대상국인 일본과 비교하여 낮은 수준에 머물고 있다. 이는 디스플레이 소자의 제조 장비와 구동 회로 등 많은 부분에 있어서 연구가 진행되어 왔음에도 불구하고 국내에서 생산된 부품과 재료에 대한 소자로의 신뢰성의 결핍에 원인이 있으며 국내 부품 소재를 개발하는 중소 업체와 대기업간의 기술 교류 문제, 그리고 부품 소재를 제조하는 입장에서 실제 공정 상에서, 그리고 구동시 요구되는 많은 요구조건을 정확히 인식하지 못하여

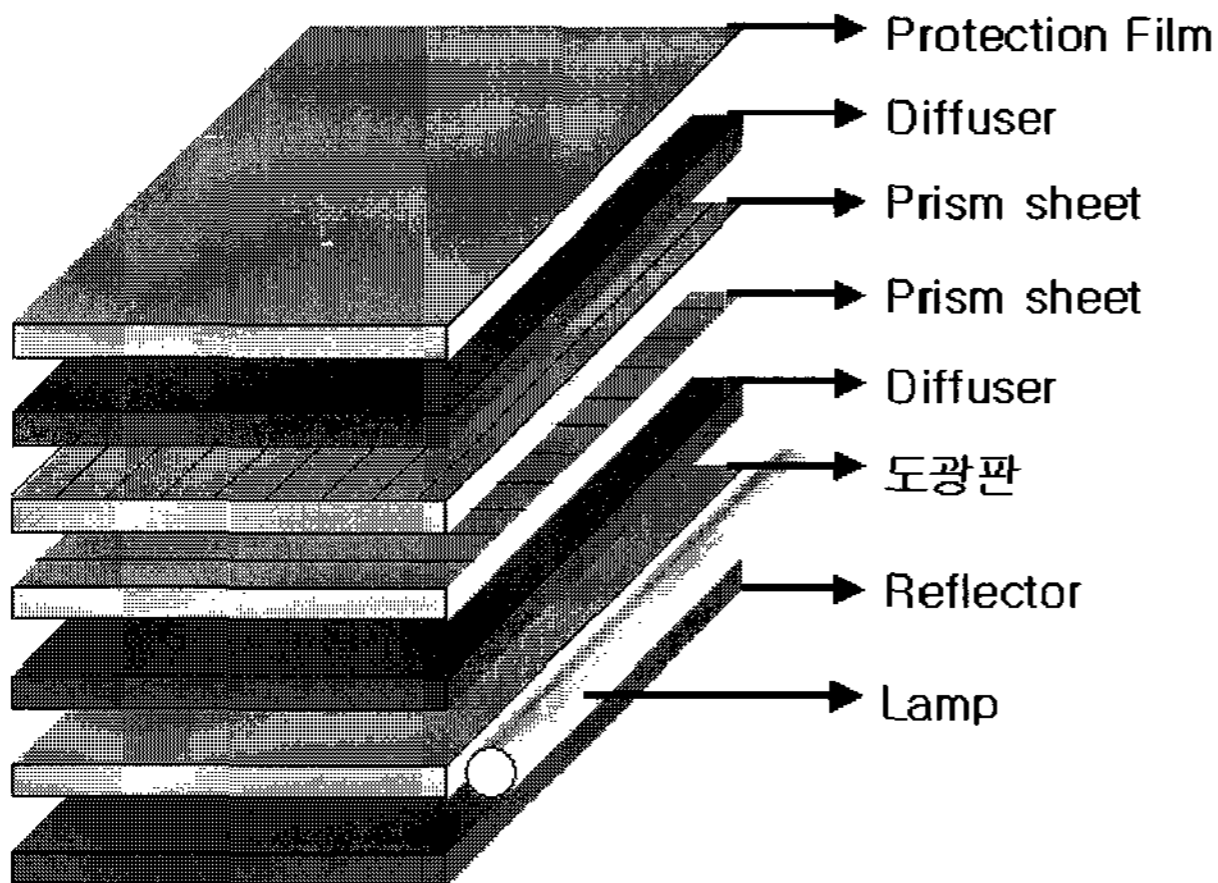
일어난 현상으로 설명 할 수 있다. 특히 기존의 디스플레이에 요구되는 특징을 인식하지 못한 상태에서의 부품과 소재의 개발은 실제 공정 상에서 많은 문제점을 야기시킬 것이라는 것은 자명한 사실이다. 그러므로 디스플레이 재료 및 부품기술 분야에 관해 산·학·연 공동 연구를 기초로 대기업은 그들을 이해할 수 있는 유망 중소기업을 발굴하여야 하고 대학은 그들에게 필요한 학리적인 정보 및 재교육 그리고 유망 기술의 이전할 수 있는 집중적인 공동 연구가 필요하다 할 수 있다.

최근 액정디스플레이기술이 발전하면서 대면적 고해상도의 투과형 LCD의 개발이 시급한 실정에 있으며 화면의 휘도, 효율, 소비전력, 광균일성, 색재현성, 시야각, 박형구조, 가격 경쟁력의 향상이 절실히 요구되고 있는 가운데 콘트라스트와 시야각을 증가시키고 화면전체에 걸쳐서 균일한 휘도를 얻으려는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 위한 핵심 부품인 백라이트 유니트의 경우, 백라이트에서 발산되는 빛을 액정층까지 균일한 휘도와 높은 효율로 전달하기 위하여 내부에 도광판을 사용하여 전 화면에 고른 밝기의 빛을 전달할 뿐만 아니라 보다 더 균일하면서 높은 휘도를 얻기 위하여 표면에 프리즘 필름과 확산판을 사용하게 된다. 따라서 여러장의 필름의 사용에 따른 계면에서의 반사로 말미암은 광손실 및 시야각 축소 등의 문제를 야기시키는 것이 알려져 있고 이를 개선하기 위하여 최근에 균일한 휘도를 얻는 것은 물론, 확산된 빛의 각도를 임의로 조절할 수 있는 홀로그래픽 확산판 제작 기술이 제안되어져 있다.

본 고에서는 LCD 부품 재료에 있어서 핵심 부품인 백라이트 유니트 부품을 중심으로 기술 현황 및 문제점에 대하여 알아보고 이를 해결하기 위한 대체 기술로써 관심이 집중되고 있는 홀로그래픽 광확산판의 제작법 및 관련 기술에 대하여 기술하고자한다.

II. 액정 디스플레이용 백라이트 유니트

백라이트 유니트는 TFT-LCD 패널 뒤쪽에서 배면 광원

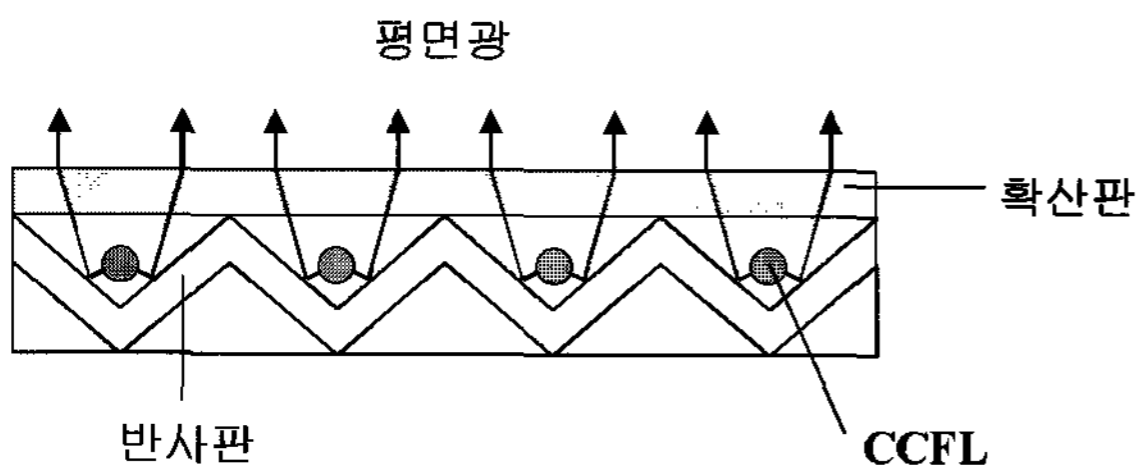


[그림 1] 액정 디스플레이용 백라이트 유니트

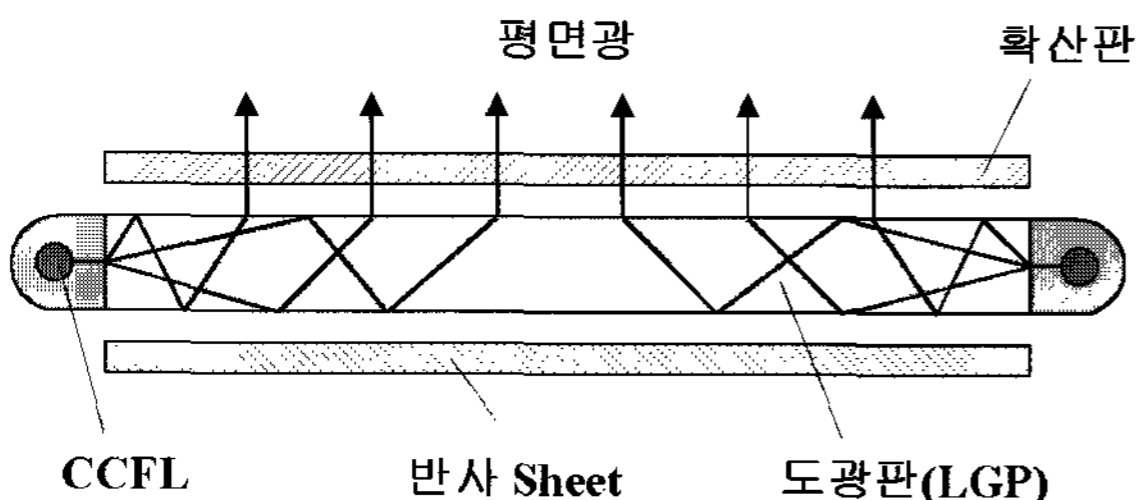
으로 사용되고 있으며 [그림 1]에서 보여 주는 바와 같이 unit 자체가 많은 부품으로 구성되어 있음에도 불구하고 독자적인 제품으로 취급되고 있다. 백라이트 유니트는 50여 종의 부품으로 이루어진 복잡한 구조를 가지고 있으며 그중 핵심을 이루고 있는 부품에 대하여 각 구조의 특징과 기능에 대하여 기술하면 다음과 같다.

1. 백라이트용 램프

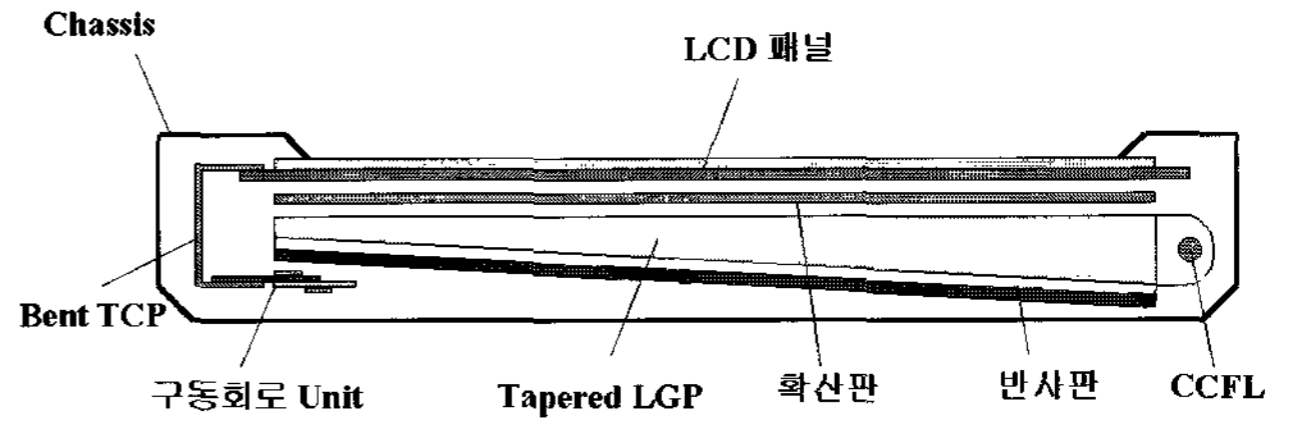
LCD 광원으로 사용되는 백라이트는 형광 램프를 이용하여 밝기가 균일한 면광원을 형성하는 구조로 되어있다. 형광 램프는 소형이면서 고휘도 발광이 가능한 냉음극관(cold cathode fluorescent lamp : CCFL)을 주로 사용하며 냉음극관의 설치 방법에 따라 [그림 2]와 같이 램프가 도광판(Light Guiding Plate)의 아래쪽에 위치하는 직하방식과 [그림 3]과 같이 측면에 위치하는 모서리(edge) 방식이 있다.



[그림 2] 직하방식 Backlight Unit



[그림 3] Edge-Light 방식 Backlight Unit



[그림 4] Bent TCP를 이용한 고밀도 실장 구조

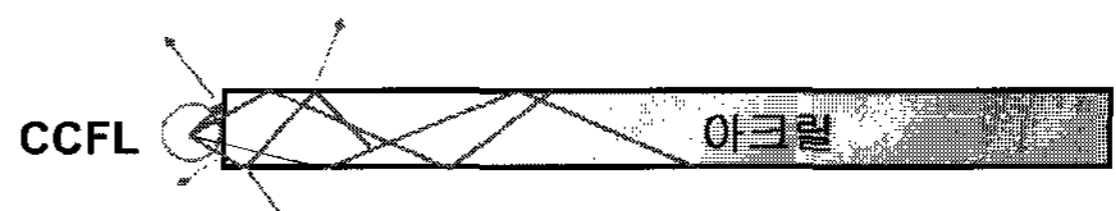
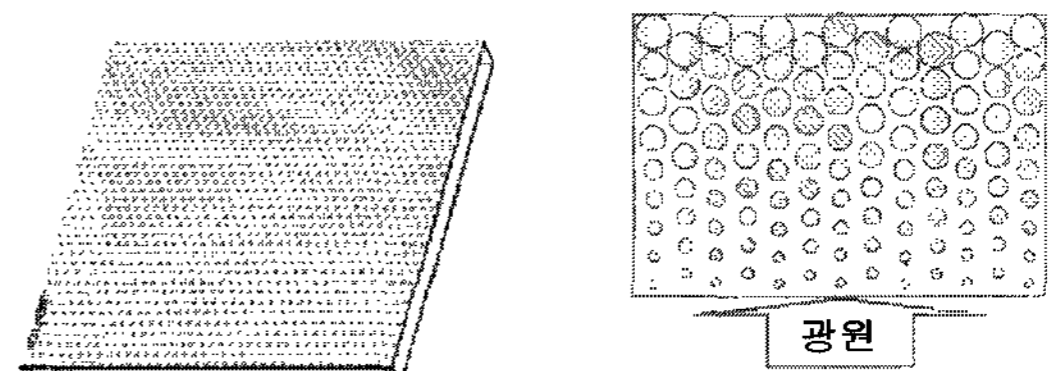
LCD 모듈의 두께 및 무게는 백라이트 부분의 두께와 형태에 의해 크게 좌우된다. 소형 LCD 및 노트북 PC용 패널에서는 [그림 4]의 구조와 같이 한 개의 냉음극관이 도광판의 측면에 위치하는 single edge light 방식이 사용된다. 이러한 구조는 직하방식보다 광효율이 상대적으로 우수하고 백라이트 유니트 구조상 LCD 제품의 경량화와 박형화가 가능하기 때문에 휴대성이 강조되는 노트북 PC용 LCD에 주로 사용된다.

LCD 모듈의 소비전력은 모듈 전체 소비전력의 75% 이상을 사용하는 backlight unit의 광효율에 크게 좌우되기 때문에 저 소비전력이 요구되는 휴대용 제품의 경우에 고효율 백라이트는 매우 중요한 기술이다. TV 및 모니터 시장의 요구에 따라 대면적화 요구와 고속정보 전달을 위한 면광원에 대하여 활발한 연구 그리고 대면적 전기발광형태의 후면광원 개발도 진행되고 있다. 또한 CCFL 효율을 위하여 수은을 사용하고 있는 현 기술을 대체할 수 있는 환경친화형 대체 소재의 개발이 진행중이며 공정을 단순화시키면서도 고휘도를 얻을 수 있는 평면 광원의 개발이 시급한 과제가 되고 있다.

2. 도광판

백라이트 유니트에서 핵심 부품으로써 광의 경로가 전면으로 향하게 하는 부품이다. 도광판은 투명한 아크릴 수지로 되어있으며 측면을 통하여 빛이 입사된 후 임계각 이하에서는 연속적인 전반사가 일어나도록 설계되어 있다.[그림 5]

입사된 빛은 도광판의 이러한 성격과 확산판에 의하여 균일한 면광원을 형성한다. 또한 전반사 특성을 고려하고 균일한 면광원 특성을 가지도록 도광판의 하측 표면에는 램프로



[그림 5] 도광판의 부품 구조

부터 거리에 비례한 정반사 특성을 갖도록 크기와 밀도가 다른 점(dot) 형태의 반사패턴이 인쇄되어 있으며 이 점안에 작은 유리 구슬을 포함하는 구조로 되어 있다. 그러므로 대부분의 광은 이 유리 구슬표면에서 산란되고 산란된 빛이 LCD 표면으로 향하게 된다. LCD 모듈의 무게를 감소시키기 위하여 한 개의 냉음극선관을 사용하고 도광판은 사출 기술을 이용하여 램프의 반대쪽 부분의 두께를 최소화한 점감(taper) 형태의 단면이 되도록 제작한다.

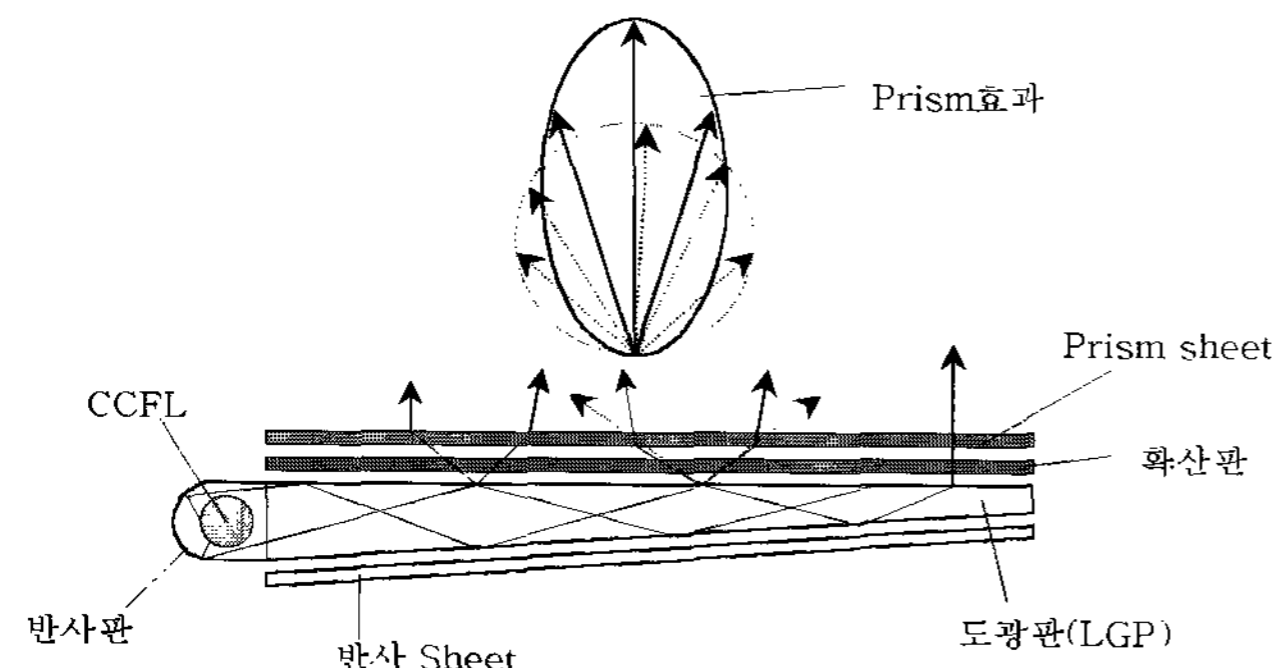
도광판 제작은 기본적으로 재료와 금형 사출 기술로서 많은 경험과 know-how를 필요로 하고 있어 개발을 위한 접근하기가 용이하지 않다. 현재 사출된 도광판은 빛을 전면으로 향하도록 하는 dot 형성을 위한 인쇄공정을 반드시 수반하고 있다. 이 인쇄 공정은 기술이 안정되어 있기는 하나 공정이 복잡하고 인쇄 과정상 많은 불량률 유발시키고 있다. 이에 따른 원가 손실을 감안하면 신속하게 printless LGP(무인쇄 도광판)을 개발하는 것이 시급하다고 할 수 있다. 무인쇄 도광판은 인쇄공정 없이 바로 도광판 자체가 광 산란기능을 가지도록 형상을 만드는 것으로 물리적 형상 제작, 금형 가공, 산란도광판의 방법으로 연구가 진행되고 있다.

3. 확산판(Diffusion sheet)

확산판은 도광판 표면으로 나온 빛을 각 방향으로 확산되도록 하여 도광판의 인쇄패턴이 LCD 전면에서 보이지 않도록 하는 역할을 한다. 이는 polymer 재료를 기본으로 하고 있고 양면에 작은 유리구슬들이 혼합된 구조를 가지고 있다. 컬러 TFT-LCD 패널의 빛투과율은 통상적으로 10% 이하이고 backlight unit에서의 광 이용효율이 매우 낮기 때문에 소비전력을 줄이거나 같은 소비전력에서 밝은 화면을 얻기 위해서는 광 이용 효율을 극대화해야 하며 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

4. 프리즘판(Prism sheet)

광 휘도는 확산판을 거치면서 면에 대하여 수직 수평한 방향으로 확산되면서 급격히 감소하게 된다. 이러한 광을 다시 수직방향으로 집광시켜 광휘도를 증진시키기 위하여 프리즘 sheet를 사용한다. 프리즘 sheet는 [그림 6]과 같이



[그림 6] Prism Sheet를 이용한 Backlight의 휘도 증가

확산판에서 출사된 빛을 굴절시켜 낮은 각도로 입사되는 빛을 정면 쪽으로 집중시켜 유효 시야각 범위에서 LCD의 밝기를 향상 시켜주는 역할을 한다.

프리즘 sheet는 통상적으로 두 장이 사용되어 상하 좌우 각 방향의 빛을 굴절시켜 그 효과를 극대화한다. 또한 냉음극선관에 사용되는 형광물질에 의해 결정되는 램프의 방출 파장대역과 분포가 RGB 컬러필터의 광학특성을 잘 일치시키는 기법도 광효율 증대에서 매우 중요하다. 현재 프리즘 sheet의 경우 3M사의 고유 특허로 전량수입에 의존하고 있으며 국산화 기술개발이 시급한 부분이다.

III. Holographic 광확산판 기술

최근 액정디스플레이 기술이 발전하면서 대면적, 고해상도의 LCD 모듈의 요구가 급격히 증가하고 있다. 기존의 LCD에서는 백라이트에서 발산하는 빛을 액정층까지 균일한 휘도와 높은 효율로 전달하기 위하여 내부에 도광판을 사용하고 있고 프리즘 필름과 확산판을 이용하여 균일한 휘도와 광효율을 증진시키고 있다. 그러나 현재 back light unit에는 다중의 필름을 사용해야 하는 등의 문제점으로 광손실이 발생하게 되어 화면의 휘도, 효율, 소비전력의 상승, 시야각, 박형 구조 제조 등에서 문제점을 야기하게 되었다. 이런 다중 필름을 사용하는데 대한 광손실과 비용을 개선하기 위하여 1994년 폴리머 계열의 제조사인 Dupont사 및 Polaroid사를 중심으로 holographic 광확산판이 제안되어 일부 제품이 생산되는 단계에 이르렀다. Holographic 광확산판의 경우 처음 설계한 방향으로 빛을 균일하게 확산시킬 수 있고 확산된 빛의 각도를 임의로 조절할 수 있으며 확산 패턴을 홀로그램을 통하여 저장하므로 균일한 휘도를 얻을 수 있는 장점이 있다. 그러므로 기존의 다중 필름 방식에 비하여 광효율의 증진과 시야각의 확보에서도 유리한 장점을 가지고 있다.

홀로그래픽 확산판의 재료로 이용가능한 시스템과 각각의 특성에 대하여 다음 [표 1]에 나타내었다.

이중에서도 광학적으로 반응시킬수 있으면서 건식 공정을 이용하므로 처리 방식이 간편한 photopolymer를 응용하는 방식이 유용할 것이다. 이러한 홀로그래픽 확산판을 이용하면 기존의 LCD의 확산판에 비해 후면 산란에 의한 손실을 극소화하고 적절한 시야각으로 광분포를 만들어 낼 수 있다는 가능성 때문에 이의 적용이 증가하리라 예상된다. 다음에서 holographic 소재로 연구되고 있는 photopolymer와 그를 이용한 광확산판의 제작 및 광확산 원리에 대하여 기술하고자 한다.

1. Holographic 광확산판의 재료 및 원리

일반적으로 photopolymer는 여러 가지 화합물들의 혼합체로 구성되어 있다. 가시광을 흡수할 수 있는 광중감 색소, 라디칼 개시제, 광중합형 단량체 및 고분자 바인더로 구성되

[표 1] 홀로그래픽 확산판 재료

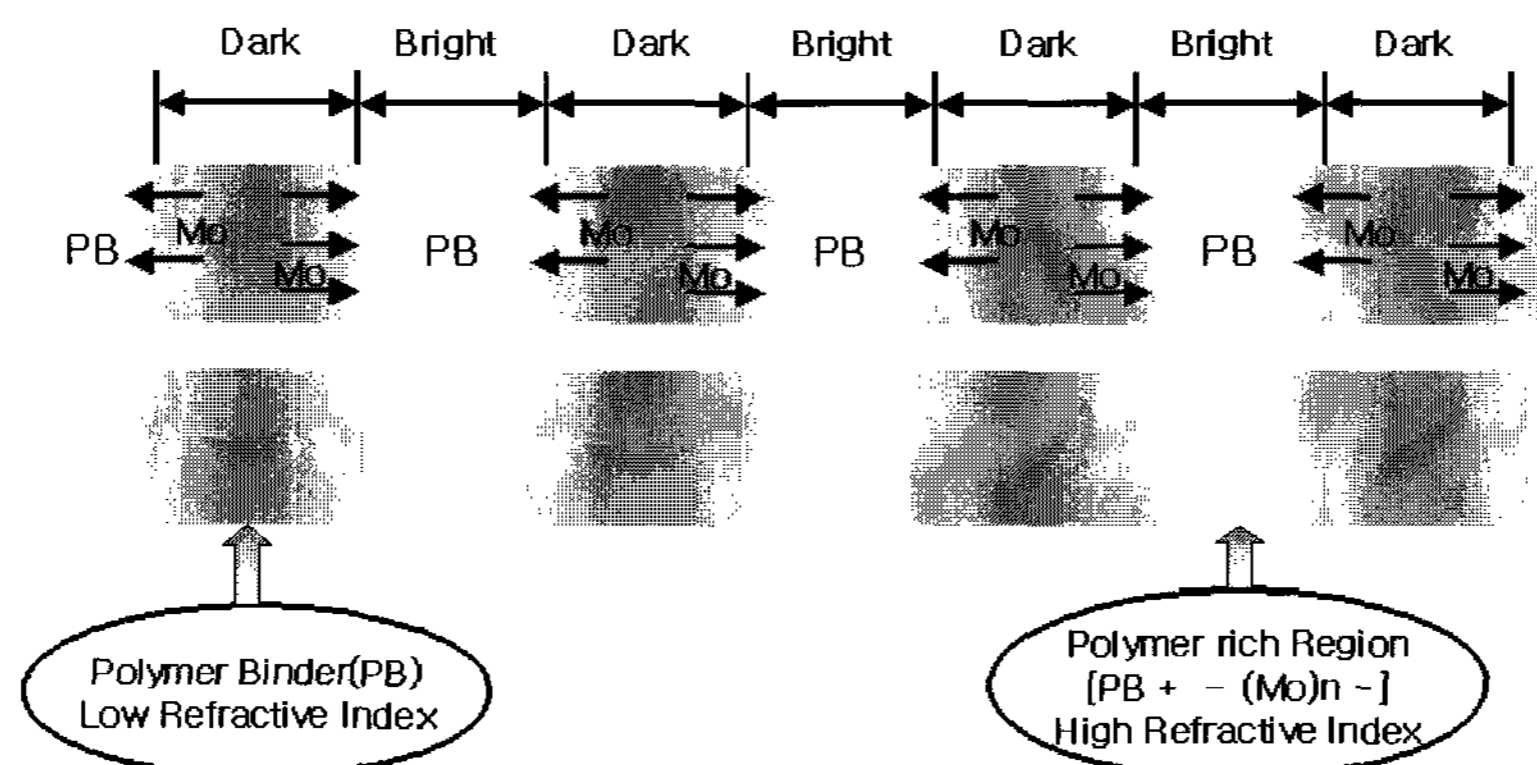
Material	Reusable	Processing	Type of Hologram	Exposure (J/cm ²)	Spectral sensitivity	Resolution (line/mm)	Maximum diffraction effect
silver-halide	No	Wet chemical	Amplitude phase	5×10^{-3}	400~700	2000-12000	0.05 0.90
Dichromated gelatin(DCG)	No	Wet chemical	phase	10^2	350~580	>10000	0.99
Photoresist	No	Wet chemical	phase	10^2	UV~500	3000	0.99
Photochromic	Yes	None	Amplitude	$10^2 \sim 10^3$	300~700	>5000	0.02
Photothermo-plastic	Yes	Charge and heat	phase	10^{-3}	400~650	500~1200 (bandpass)	0.30
photorefractive LiNbO ₃	Yes	None	Phase	10^4	350~500	1500	0.90
Bi ₂ SiO	Yes	None	Phase	10	350~550	>10000	0.91
Photopolymer	No	Post exposure	Phase	$10 \sim 10^4$	UV~650	>7000	0.95

어져 있다. 그러므로 광민감성 소재인 photopolymer에 가시부 영역의 광을 조사하면 광중감 색소의 증감작용에 의해 라디칼 개시제에서 라디칼이 발생되며 광중합형 단량체의 중합을 유도하게 된다. 고분자 바인더로는 poly vinyl alcohol(PVA), poly vinyl acetate (PVAc), poly vinyl butyral(PVB), poly methyl methacrylate(PMMA), cellulose acetate 등과 같이 thermoplastic polymer들이 사용되어지고 있다. 광중감 색소의 경우, yellowish eosin (YE), erithrosine(Xanthine), methylene blue(MB) 등이 사용되고 있다. 라디칼 개시 전구체로서는 triethanolamine (TEA), methyl diethanolamine(MDEA), N-phenylglycine 등이 있고 광중합형 단량체로는 acrylamide(AA), N, N'-methylenebisacrylamide (BMA), pentaerythritol-triacrylate(PETIA), tetraethylene glycol diacrylate (TEGDA) 등과 같이 라디칼에 의해 공격받아 라디칼 종으로 변환 가능한 화합물을 사용한다.

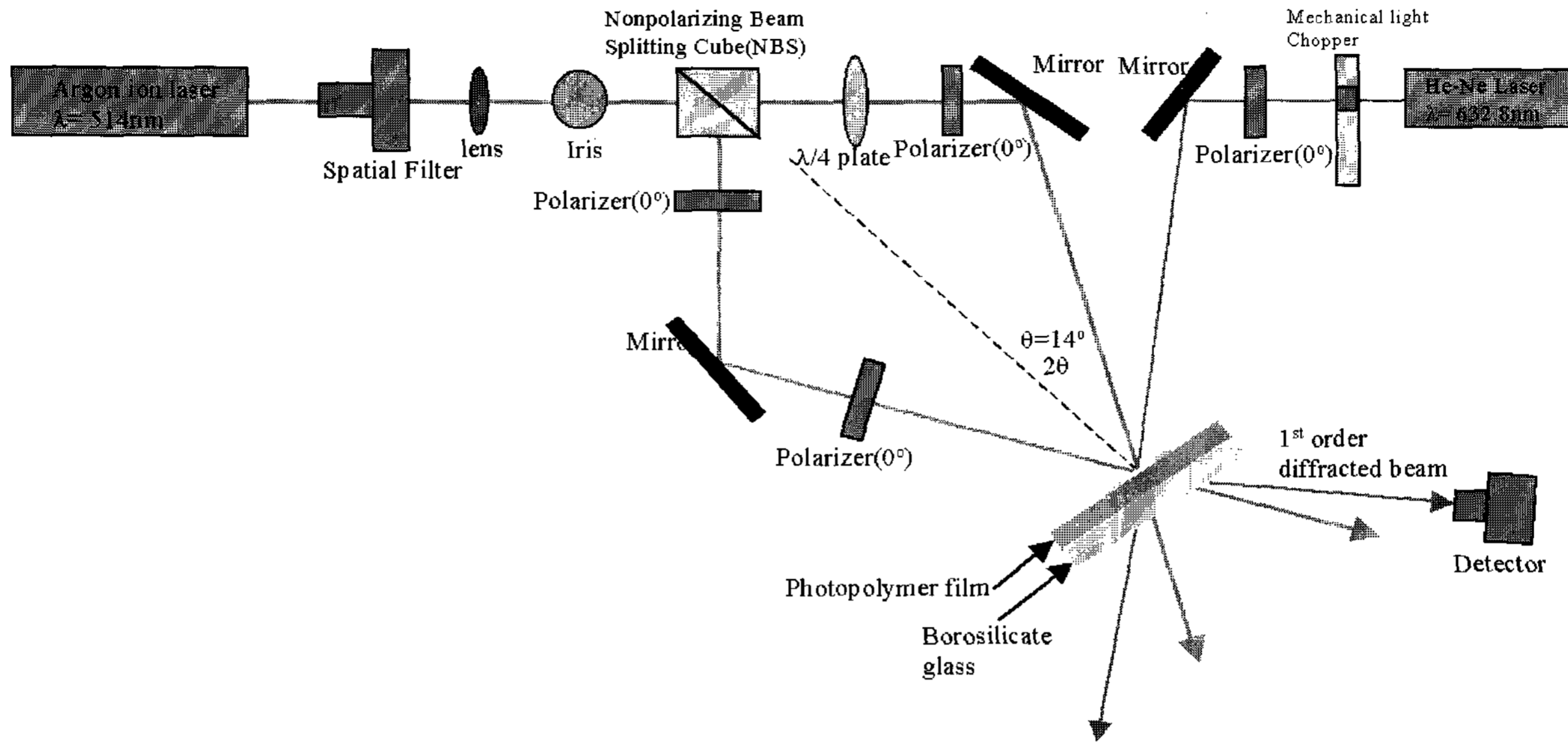
광반응성 재료의 혼합체로 구성되어 있는 photopolymer 재료에 광중감제가 흡수를 나타내는 파장의 두 광을 교차하여 조사하면 광의 간섭 패턴에 따라 보강 간섭영역과 상쇄 간섭 두 영역이 형성되게 되며 보강 간섭 부위에서 선택적

인 광 중합반응이 유도되어 진다. 이로 부터 보강 간섭영역에서 단량체가 빠르게 소진되어 상쇄간섭 영역과의 단량체 농도 구배가 발생된다. 이러한 농도 구배를 최소화하기 위하여 단량체는 보강간섭영역으로 확산되어 지속적인 중합이 되어지므로 결과적으로 고분자 바인더 rich 영역과 단량체로부터 새롭게 중합된 고분자 rich 영역으로 구별된다. 그러므로 보강 간섭 부위는 고분자 바인더 물질과 새로 형성된 고분자의 두 종류의 고분자 사슬이 공존하게 되어 사슬간의 물리적인 결합에 의해 polymer blend 형태가 된다. 이런 이유로 인해 두 고분자의 상용성이 광학적인 투명성을 유지하기 위해서는 중요한 문제로 대두된다. 그러므로 고분자 바인더 재료와 단량체의 선택이 매우 중요하다. 위와 같은 광 간섭 현상으로부터 굴절을 격자가 형성되고 이로부터 보강 간섭과 상쇄간섭 부분의 광굴절율의 변조가 가능해진다.[그림 7]

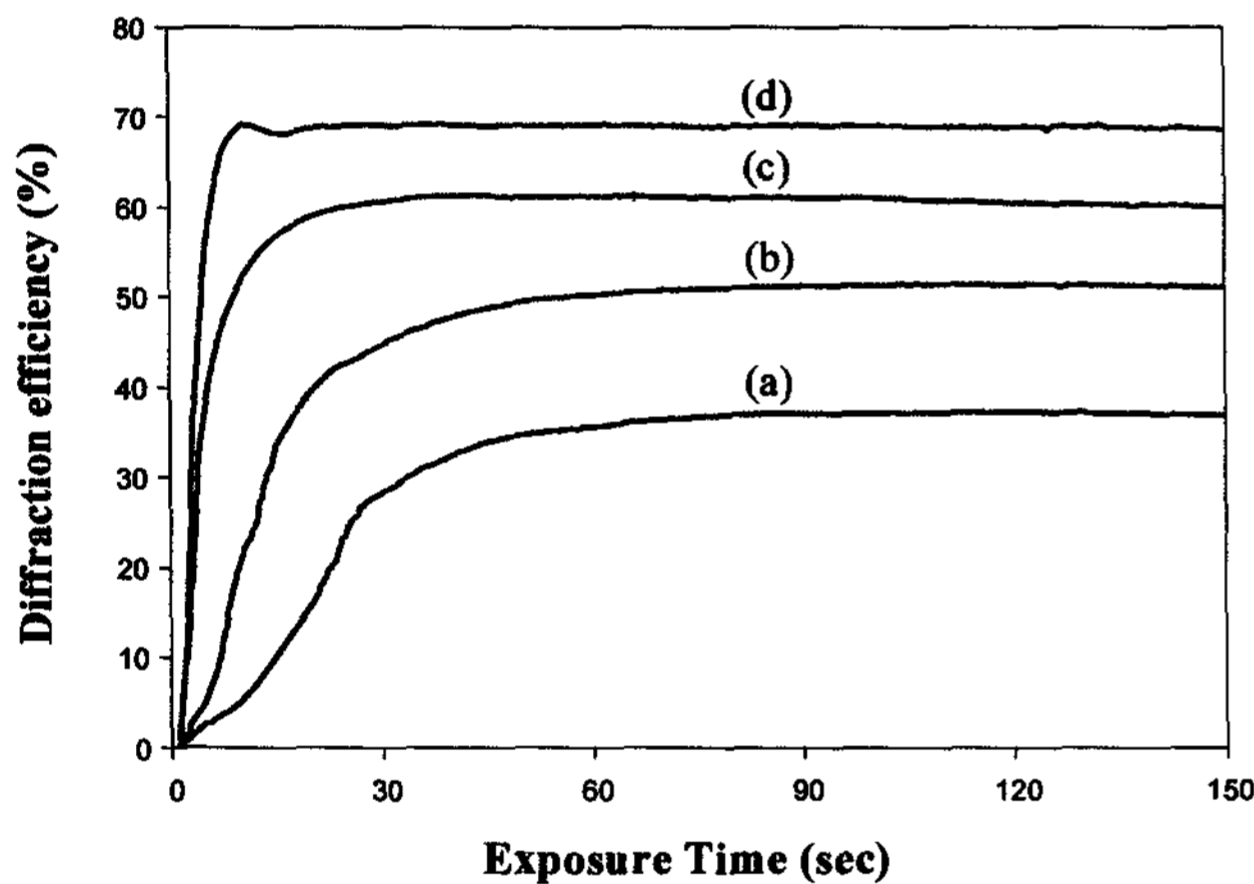
위와 같은 photopolymer의 확산판 적용을 위한 기본 특성을 연구하기 위해서는 광간섭에 의한 회절 효율을 측정함으로써 수행될 수 있다. 기본적으로 잘 알려져 있는 회절 특성을 관찰 할 수 있는 광학계는 [그림 8]에서 볼 수 있듯이 가시광을 발하는 레이저를 펌프 간섭 빔으로 사용하고, 회절



[그림 7] photopolymer의 hologram 형성 원리



[그림 8] 회절 특성을 측정 할 수 있는 광학계.



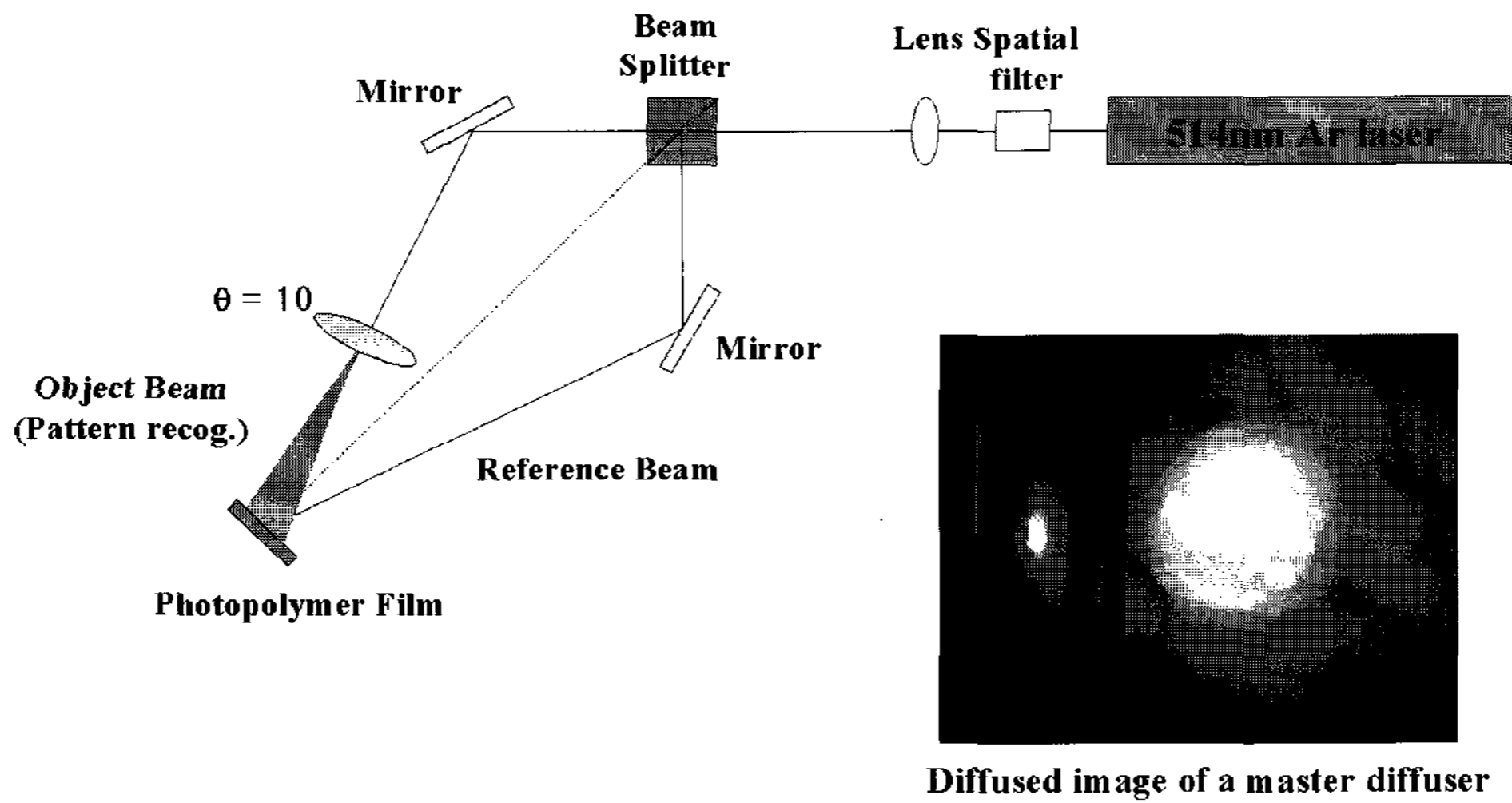
[그림 9] 일반적인 간섭광원의 강도 변화에 따른 photopolymer의 회절 효율 증가 곡선. (a) 1mW/cm², (b) 2mW/cm², (c) 4mW/cm², (d) 6mW/cm².

효율을 감지하기 위해서는 낮은 강도의, 소재가 감응하지 않는 파장 광원을 사용하여 측정하게 된다. 일반적으로 펄스 빔의 조사 후 관찰되는 1차 회절 빔을 이용하여 초기 검출 빔과의 세기와 비교하여 회절 효율을 계산하게 된다. 여기서 결정되는 회절효율은 시료의 두께에 따라 변화하게 되나, 이들 회절 효율로부터 시료의 두께 및 광학계의 특성 상수들을 이용하여 재료의 선천적인 특성인 refractive index modulation을 계산할 수 있다. 이는 즉 소재의 특성을 상대적으로 비교할 수 있는 특성치가 된다. [그림 9]에서 볼 수 있는 바와 같이 펄스 빔의 간섭 후의 일반적인 회절 효율의 증가 경향을 볼 수 있다. (a)-(d)로 갈수록 기록광의 강도를 증가 시킨 회절 특성 경향인데 이로부터 반응 속도, 광민감도, 회절효율을 측정 가능하여 소재의 기본 특성을 가늠할 수 있게 된다. 이로부터 광학산판에 적용 가능한 우수한 소재를 평가할 수 있으므로 최적의 소재를 선택할 수 있다.

2. Holographic 광학산판의 제작

홀로그래픽 광학산판을 제조하고 그들의 특성을 측정하는 방법으로는 우선 앞의 [그림 8]에서의 광학계와 흡사한 광학계를 사용하게 되는데, 우선 사용하는 펄스 빔의 파장에 반응하는 물질인 photopolymer를 사용해서 이에 레이저 빔을 조사함으로써 폴리머 내층에 굴절을 격자인 홀로그램을 만들고, 원하는 방향으로 빛을 확산시키는 광학적 제작방식을 이용한다. 이때, 홀로그램이란 광파를 저장했다가 재생할 수 있는 기술 또는 재생된 상태를 의미한다. 사용광원은 전자파동의 일종으로 이를 그대로 재생하기 위해서는 빛의 세기(amplitude : intensity)뿐만 아니라 위상(phase)에 대한 정보도 고려되어야 한다. 그러므로 광의 위상에 대한 정보도 기록하기 위해서는 기록하고자 하는 빛인 신호빔(object beam)과 기준빔(reference beam)의 간섭으로 나타나는 세기 패턴을 기록한다. 이 경우 Object beam에 원하는 정보를 실어서 간섭을 시키게 되면 격자 형태로 기록이 가능하게 되는데 이에 의하면, 대상파의 세기 뿐만아니라, 위상 정보도 일종의 암호화를 통해 기록되게 된다. 또한, 원래의 기준파와 파장과 방향이 같은 동일한 파면의 읽기빔(reading beam)을 주면 회절에 의해 원래의 신호빔 즉 기록된 정보가 재생되는 것이다.

이러한 홀로그램을 기록하는 방법은 기준빔과 신호빔 간의 방향에 따라서 투과형 홀로그램과 반사형 홀로그램으로 나눌 수 있는데, 재생 시에 입사하는 기준빔의 방향은 동일하여도 재생되는 빛의 방향이 각각 서로 반대인 것을 알 수 있다. 광학적으로 제작되는 홀로그래픽 광학산판은 [그림 10]과 같은 구조의 광학적 배치를 통해 제작된다. 투과형 홀로그램 제조 방법을 주로 사용하게 되는데 기록 물질에 기준빔과 신호빔으로 두 방향에서 빛을 입사시키며, 이때 기준빔은 빔 확대기를 통해 확대된 평행광이고, 목적빔은 유리 광학산판을 통해 확산된 패턴을 가지게 되고 이 패턴이 고분자



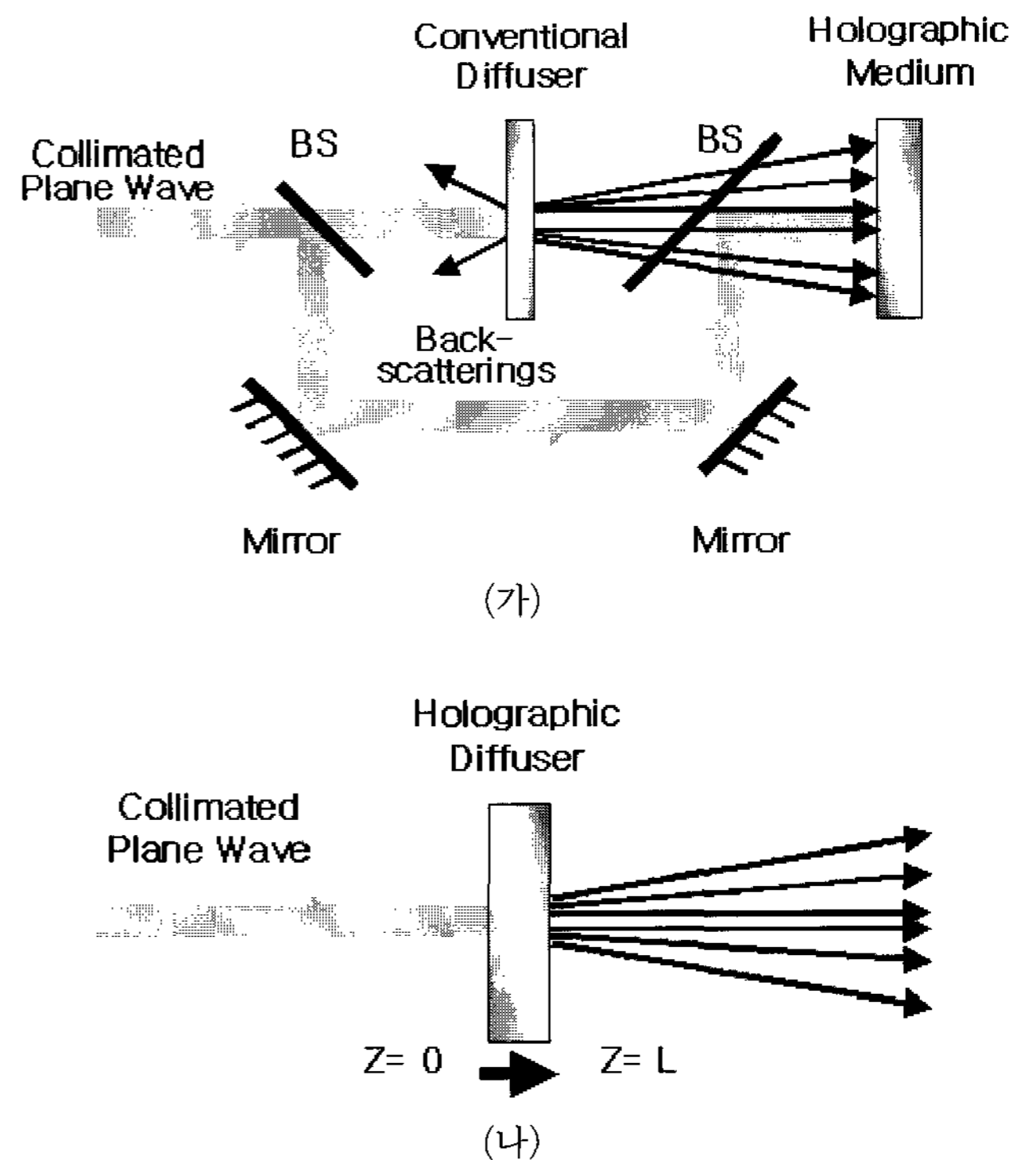
[그림 10] Holographic 광확산판의 제작 set up.

표면위에 격자 형태로 기록되게 된다. 홀로그래픽 기록 물질인 광 폴리머에 입사하는 두 빛의 각도는 약 30도 이지만 이는 사용하는 master 확산판의 특성에 따라 15도에서 60도까지 가변할 수 있다. 이렇게 확산판 무늬의 홀로그램을 photopolymer 표면 위에 기록된 후에는 자외선 램프를 조사하여 기록된 홀로그램을 고정하는 공정을 수행한다. 이는 확산 후 잔류 단량체의 후중합을 유도함으로써 소자로의 사용시 소재의 분자 구조 특성 변화를 방지하고 회절 특성의 안정성을 향상시킨다. 홀로그래픽 확산판 재료로서 사용되는 photopolymer는 그 특성에 따라 처리방식이 달라져야 하는데, 기존에 홀로그래픽 필름으로 많이 사용되던 은염 건판의 경우에는 노광 후 빛을 차단하고 이를 다시 현상하는 과정에서 현상액에 담그는 습식방식을 이용하게 되므로 처리시간이 필요하고, 공정이 복잡해지는 단점을 가진다. 하지만 현재 홀로그래픽 확산판 재료로 사용하고자 연구하고 있는 photopolymer는 단일체로 존재하던 필름 내의 분자가 빛의 노출에 따라 고분자 중합체로 반응하며 굴절율을 변조시키게 되므로 건식 공정을 이용하는 장점이 있다. 이를 효율적으로 사용하기 위해서 물질 자체의 특성 및 광 노출시의 반응, 처리 방식의 최적화를 필요로 한다.

3. Holographic 광확산판의 장점

기존의 확산판의 경우, 후면 산란(back-scattering) 효과가 존재하여 디스플레이가 햇빛에 노출될 경우에 눈부심 등의 많은 영향을 받았지만, 투과형 홀로그램을 기록한 홀로그래픽 확산판을 이용하면 그러한 효과를 줄일 수 있다. [그림 11(가)]에서와 같이 평행광으로 입사하는 빛은 기존의 확산판에 의해서 전방과 후방으로 산란이 일어나는데, 전방으로 산란된 빛과 beam splitter로 분리되어 나온 평행광이 기록 물질 내부에서 간섭하여 홀로그램을 기록하게 된다. 이렇게 기록된 홀로그램은 [그림 11(나)]에서 보듯이 기록할 때와 같은 평행광에 의해서 확산 패턴을 재생하게 되어 홀로그래픽 확산판의 역할을 하게 되는 것이다. 따라서 후방으

로 산란된 빛은 홀로그램으로 기록되지 않기 때문에 재생시에 입사하는 평행광에 의해 그 효과가 나타나지 않게 된다. 또한, 확산되는 패턴을 특정한 방향으로 기록함으로써 확산되는 패턴의 공간적인 분포도 조정할 수 있고, 반사형 홀로그램을 저장하여 후방으로 확산되는 확산판을 제작할 수도 있다. 그리고 기록 물질에 각도 다중화나 파장 다중화 등의 방법을 이용해서 Red, Green, Blue의 세 파장에 대한 확산 패턴을 얻기 위해서는 원하는 방향의 beam으로 간섭 무늬만 생성하면 되기 때문에 간편한 장점이 있으나 높은 효율과 안정성 있는 적절한 기록 물질, 즉 삼파장에 효율적으로 감응하는 photopolymer가 있어야 하고, 광학적 조사



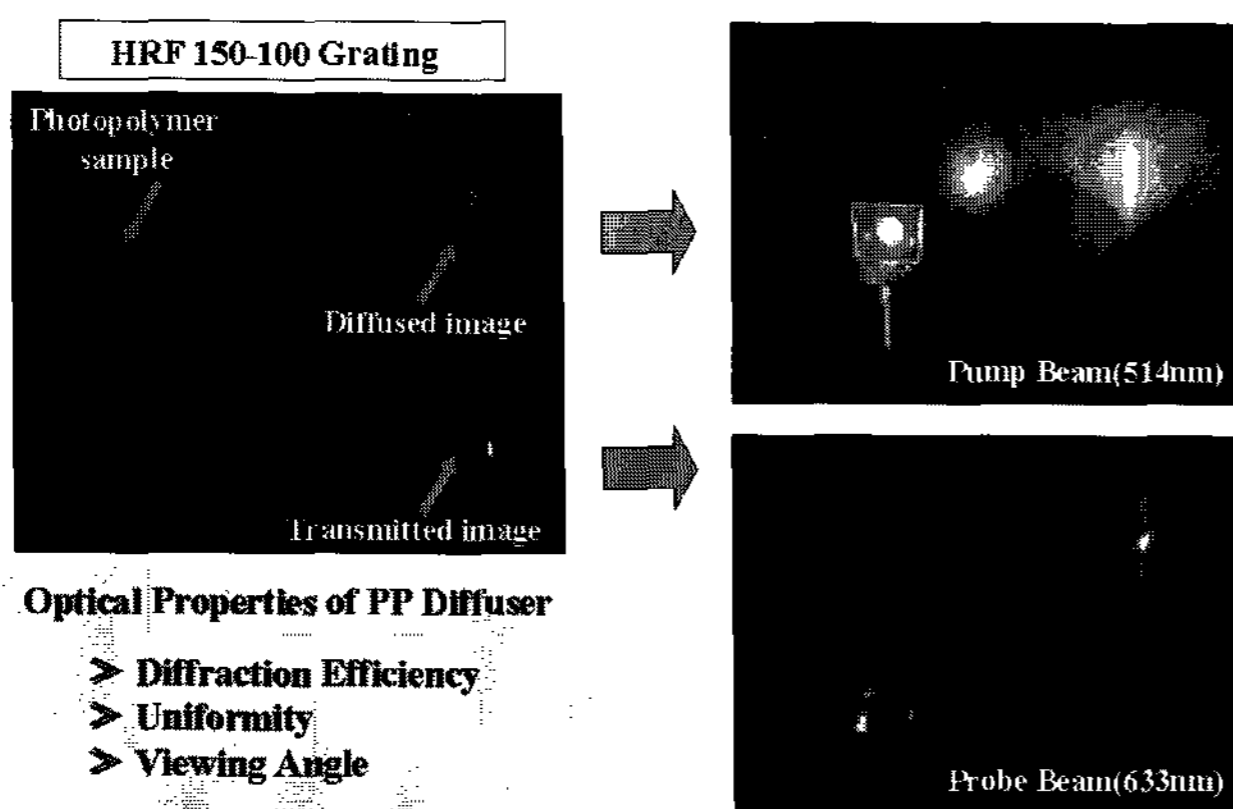
[그림 11] Holographic 확산판의 제작 (가)과 확산 패턴의 재생 (나)

에 의해 홀로그램이 생성되어야 하므로 일정 노출 시간이 필요하다는 단점을 지닌다.

IV. 신규 광학산용 photopolymer 와 확산판 기초 특성

국내에서는 홀로그래픽 광학산판을 개발하기 위한 연구가 1998년 산업자원부 지원 선도기술 개발사업의 일환으로 기초 연구가 시작되었다. 기본적인 기능 photopolymer 소재로는 DuPont사, Aprilis사의 photopolymer를 사용하여 그 적용 가능성에 관한 연구가 진행중에 있다. 2001년도부터 정보통신부와 과학기술부에서 지원하기 시작한 IMT-2000 출연금 지원사업에서 차세대 고속응답 TFT-LCD 부품소재 기초 원천 기술 개발 과제 지원으로 수행되고 있는 광학산판 연구는 이제 3차년도에 진입하고 있는데 본 연구를 통해 기존에 사용되어 왔던 photopolymer를 대체할 수 있는 소재들이 다수 개발되었고, 기본적으로 홀로그래픽 확산판으로 적용 가능한 기초 특성을 평가하여 우수한 결과들을 얻을 수 있었다. 기본적으로 과거에 사용되어왔던 HRF series의 photopolymer를 화학적으로 분석하고, 그들의 기본 회절 특성을 분석함으로써 국산 photopolymer의 개발에 박차를 가할 수 있었다. [그림 12]는 기본적으로 HRF photopolymer를 이용하여 간섭광에 의한 확산 거동과, 검출광에 의한 확산거동을 확인하는 실험을 도시한 것이다.

현재 개발되어 있는 photopolymer 소재인 경우에 기존의 소재와 비교하면 회절 효율과 변조 굴절을 면에서는 거의 동일한 수준에 도달해 있으며, 회절 격자 형성 속도 면에서는 훨씬 능가하는 결과를 얻고 있는 실정이다. 이와 같은 소재를 이용하여 소형 단일파장에서의 확산판을 제작하여 그 특성을 회절효율, 변조 굴절을, 확산 균일도, 확산각등 여러 가지 실용화에 요구되는 특성을 분석할 수 있는데 현재 세부적인 특성에서는 많은 향상을 거듭하고 있는 실정이다. 향후 외국 제품 소재와 경쟁할 수 있는 확산판 소재, 즉 photopolymer의 개발은 가속화 될 것이며 국내 우수한 연구팀들에 의해 개발될 고성능 소재의 도래가 머지 않았다고 볼 때 홀로그래픽 확산판으로의 적용도 많은 연구의 진보가



[그림 12] 홀로그래픽 확산판 특성 평가 실험

예상된다. 단 대면적으로 향해 가고 있는 디스플레이 기술에 적용이 가능한 확산판을 제조하기 위해서는 이제 제조 방법에 대한 연구가 뒤이어 개발되어야 하는데 이에 많은 관심이 집중되고 있는 실정이다.

V. 국내 디스플레이 부품 소재 기술 현황

현재 디스플레이 산업은 알려진 바와 같이 한국, 일본, 대만 3개국에서 전세계 시장을 주도해 나가고 있는바 그에 대한 연구와 기술력은 아시아에 집결되어 있다고 해도 과언이 아니다. 현실적으로 기술개발 및 연구 성과 면에서는 일본과의 경쟁을 직시해야 하는데 현재의 제품 생산력을 고려하여 만족한다면 국내의 부품재료 기술이 없을 경우 향후의 국가 제품 경쟁력에도 많은 영향을 미칠 것으로 생각된다. 특히 LCD 관련 부품소재 개발과 생산을 하는 산업체는 매우 제한되어 있는 상태이다. 다만 [표 2]에서 볼 수 있듯이 기존의 전통 산업에서 접근 할 수 있는 분야에서만 적은 부분이나마 몇몇 중소기업들에 의해 LCD 관련 부품 소재에 관한 연구와 개발이 진행되고 있다. 메모리 분야의 발전으로 거둔 photoresist를 생산하던 업체는 역시 LCD 분야의 컬러 필터 제조공정 등에 요구되는 기능성 소재를 생산하고 있다. 그리고 가장 많이 접근하고 있는 분야는 LCD의 backlight unit (BLU) 분야이다. 그러나 이는 최근 들어 plasma backlight unit과 어울어져 많은 발전이 기대되고 있다.

[표 2] 국내 LCD 부품 재료 해당 분야의 주요 산업체 동향

취급/생산품목	업체명	기 타
반도체 또는 컬러필터용 Photoresist	한국후지필름아치 동우화인켐(주) 동진씨미켐(주)	현상액, 반도체용PR Stripper 반도체용PR, AR coating액, stripper developer
편광필름	신화오픈라(주) 에이스디지텍(주)	광학 filter, film 터치패널용PR
LCD용 Backlight	(주) 테크자인 (주) 우영 (주) 이라이콤 (주) 지엘디 (주) 태산 LCD	라이트패널 connector (통신, 전자) EL lamp 백라이트용 Inverter
기판유리	삼성코닝정밀유리(주) 알파디스플레이	ITO 기판
기타	삼성화학페인트(주) 새한 (주) 씨씨텍	UV, 광소재용 수지 display, 반도체관련 재료, 분리막 광섬유 coating제, UV 경화수지

국내에는 기존의 고분자 film 제조업체들이 존재한다. 이를 바탕으로 고품질의 고분자 박막을 압출하고 이를 연신하여 투명 필름, 이방성 필름 등을 제조할 수 있는 기술을 가지고 있다. 이를 바탕으로 몇 업체에서 편광 필름, 보상필름 등으로의 개발이 많이 이루어 있다. 위와 같이 광화학 반응에 의해 제조되는 컬러필터 기술의 부분과, 플라스틱 필름 제조기술이 어울어져서 photopolymer 소재를 개발하고, 그로부터 홀로그래픽 확산판을 제조할 수 있는 근본적인 산업적 배경은 기록되어 있는 상태이다. 그러나 이와 같은 광확산판을 위해 많은 기술이 접목되어있는 제품을 감당할 수 있는 기술 인력이 미약하며, 현재 기존의 모듈 업체에서 감당하기에는 제품으로부터의 매출이 너무 작은 실정이다. 그러나 이는 산업구조상 중소기업에서 제조기술 개발을 담당하여야 하는데 디스플레이 소자 개념의 부족과 그에 대한 연구능력과 기술이 바탕이 보완되지 않기 때문에 전자공학, 화학분야와 정밀화학, 소재과학 분야의 전문 인력들의 연구와 기술의 상호 교류가 원활히 이루어질 때 비로소 해결할 수 있는 문제라 생각한다.

LCD 표시 소자는 평판 표시 소자 부문에서 이미 국제적 경쟁력을 확보하고 많은 부분 시장을 점유하고 있는 실정이다. 지난 몇 년간 많은 기술의 발전과 투자로 말미암아 생산품의 신뢰성을 바탕으로 국제경쟁력을 확보하였다. 기존의 기술을 바탕으로 앞으로 제품의 선진화를 위해 나아가기 위해서는 부품 및 재료의 저 가격화, 고 정세화, 고 효율화가 이루어져야 한다. 부품의 저 가격화를 이루기 위해서는 국내

기술로 개발된 기능 소재를 이용하여야 하는데 현재 관련 산업, 연구소, 학계에서 관련된 원재료 및 부품의 제조 기술에 대한 많은 연구에도 불구하고 원천 기술의 부족으로 인해 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 이는 국내의 대학과 중소기업체와 대기업간의 상호작용이 너무나 없었던 데서 기인한다고 생각한다. 산·학·연 공동 연구과제 및 기타 수많은 연구과제들이 디스플레이 분야의 부품 소재개발의 명목으로 이루어져 왔으나 이들은 모두 위의 세 부류에서 각각의 사고에 의해 이루어져 그들의 결과를 종합할 경우 학문적인 분야와 기술적인 분야의 거리감을 좁히지 못하는 현상이 초래되곤 하였다.

현재 국내에서 액정 표시 소자의 고 효율화를 위해 개발되고 있는 동향을 원재료 및 부품의 측면에서 보면, 편광판 및 백라이트의 개발과 함께 원천 기술 부분에서 어느 정도의 수준에 도달해 있다. 그러나 특히 액정 디스플레이에서 화면의 휘도의 증진, 효율 개선, 소비 전력 감소, 광 균일도 증진, 색재현성 향상, 시야각 확대, 박형 구조 제작, 가격 경쟁력의 향상 등의 많은 문제점의 개선이 절실히 요구되고 있으며 콘트라스트와 시야각을 증가시키고, 홀로그래픽 광확산판과 같은 차세대 적용 기술을 응용하여 균일한 휘도를 얻으려는 연구가 활발히 진행되고 있으며 모든 부품 기술에 있어서 기술 축적 및 국산화가 이루어질 때 비로소 제품의 저가격화가 이루어지고 관련 산업의 파급효과 증진 및 동시에 국내 관련 중소 관련 산업체의 발전도 영위하게 될 것이다.