

방향족 도입에 의한 자외선 경화형 프리즘시트의 휘도 개선

김동열* · 김형일†

충남대학교 공과대학 공업화학과, *충남대학교 공과대학 나노기술학과
(2009년 1월 6일 접수, 2009년 6월 24일 수정, 2009년 6월 25일 채택)

Improvement of Brightness in UV Curing Type Prism Sheet by Using Aromatic Groups

Dong Ryoul Kim* and Hyung-II Kim†

Department of Industrial Chemistry, Chungnam National University,
220, Gung-dong, Yuseong, Daejeon 305-764, Korea

*Department of Nano Technology, Chungnam National University,
220, Gung-dong, Yuseong, Daejeon 305-764, Korea

(Received January 6, 2009; Revised June 24, 2009; Accepted June 25, 2009)

초록: 프리즘 시트의 프리즘 층 물질의 굴절률을 증가시킬수록 휘도가 향상되어 LCD 백라이트 유닛의 효율이 향상되었다. 프리즘 층의 굴절률을 증가시키기 위해서 방향족을 포함하고 있는 고굴절 물질과 다관능성 반응물을 혼합하여 자외선 경화형 수지를 제조하였다. 9,9-Bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene을 반응시켜 프리즘층의 도막 굴절률을 1.58까지 증가시켰고 백라이트의 휘도를 향상시킬 수 있었다. 백라이트 유닛에 사용되는 광원에 장기간 노출될 경우 프리즘 시트에 황변현상이 발생하게 되어 휘도가 감소되므로 자외선 안정제로 hindered amine light stabilizer를 사용하여 프리즘 시트의 내황변성을 크게 향상시켰다.

Abstract: As the refractive index of the prism layer becomes higher, the optical performance of the prism sheet gets better and the efficiency of the LCD backlight unit is improved. In order to increase the refractive index of the prism layer, the ultraviolet curing type resins were prepared by mixing high refractive index materials containing aromatic groups and the multi-functional reactive diluents. By using 9,9-bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene, the refractive index of the prism layer was increased up to 1.58 and the brightness of the backlight unit was improved. Since the light source used in the backlight unit caused the yellowing in the prism sheet and deteriorated the brightness accordingly, the hindered amine light stabilizer was used to improve the yellowing resistance successfully.

Keywords: prism sheet, aromatic, refractive index, brightness, UV stabilizer.

서 론

TFT-LCD 산업은 정보화 시대로 접어들면서 폭발적으로 성장하여 한국경제의 주력 산업으로 자리잡고 있다. 우리나라는 TFT-LCD 분야에서 세계적으로 1위를 차지하고 있고 앞으로도 꾸준히 성장할 것으로 기대되고 있다. 그러나, 여기에 사용되는 일부 핵심부품들은 여전히 수입에 의존하고 있다는 문제점이 있다. 백라이트 유닛의 핵심 부품인 프리즘 시트의 경우, 미국이나 일본이 거의 독점하여 왔기 때문에 국산화가 되지 못하였으나, 최근 많은 국내업체들이 프리즘 시트를 개발하여 시장에 진입하고 있다. 따라서, 기본 소재로 사용되는 폴리에스터 필름의 투과율 특성과 프리즘 층을 구성하는 수지의 투과율과 굴절률 특성에 대한 연구 필요성이 크게 대두되고 있다.^{1,2}

최근 고유가 시대를 맞이하여 에너지 절약을 위해 절전형 제품에

대한 관심이 높아지고 있다. 백라이트 유닛의 경우에도 램프의 수를 줄여 비용을 줄일 수는 있지만, 디스플레이 장치의 밝기가 떨어지는 문제점이 있다. 백라이트 유닛에 사용되는 프리즘시트의 성능을 높여 빛을 더 효율적으로 활용할 수 있다면 디스플레이 장치의 밝기를 향상시킬 수 있고, 백라이트 유닛에서 소모되는 전력을 줄일 수 있을 것이다. 본 연구에서는 프리즘 층을 구성하는 수지의 굴절률에 따라 프리즘 시트의 휘도 성능이 어떻게 변화하는지를 평가하고, 휘도를 향상시킬 수 있는 실용적 방안에 대해 연구하였다.

전세계적으로 환경보호를 목적으로 자원을 친환경적으로 이용하고 동시에 발생하는 폐기물을 효율적으로 처리하려는 환경정책들이 확대되고 있으며, 지속적으로 유해물질의 사용을 제한하고 있다. 대표적으로 전기전자제품에 포함될 수 있는 유해물질의 사용규제정책 RoHS (Restriction of the use of certain Hazardous Substances in electrical and electronic equipment)가 있다. 전기전자 제품 내에 납(Pb), 수은(Hg), 카드뮴(Cd), 6가 크롬(Cr⁶⁺), 브롬계 난연제(PBBs, PBDEs)

†To whom correspondence should be addressed.
E-mail: hikim@cnu.ac.kr

등 6대 물질의 사용을 규제하고 있으며, 최근에는 할로젠(Br, Cl) 물질까지 확대 규제하고 있다. 현재까지 프리즘 시트의 프리즘 층을 구성하는 수지로는 브롬(Br)을 포함하고 있는 고굴절률 물질이 대부분 사용되어 왔으나, 유해물질 사용 규제정책 때문에 더 이상 사용할 수 없게 되었다. 이런 문제점을 극복하고, 고굴절률을 얻기 위해 방향족 그룹을 다수 포함하고 있는 9,9-bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene을 도입하여 프리즘 시트를 제조하고 그 휘도 특성을 평가하였다.

UV 경화방식은 고온의 건조공정 구간이 필요한 열경화 방식과 달리 상온에서 경화가 이루어지므로, 에너지 절약이 가능하고 온도에 민감한 열가소성 플라스틱 재료에도 코팅이 가능하다. 또한, 유기용제를 사용하지 않고 reactive diluent를 사용하므로, 휘발성 유기물질의 배출이 낮고 환경오염이 적어 공해를 최소화할 수 있기 때문에 산업전반에 다양하게 적용되고 있다.³⁻⁷

본 연구에서는 친환경 가교반응으로 UV 경화방식을 사용하고 고굴절률을 얻기 위하여 방향족 그룹을 포함하는 단량체를 사용하여 아크릴레이트 수지를 제조하였고 이를 프리즘 층에 적용함으로써 프리즘 시트의 휘도 성능을 향상시키고자 하였다.

또한, 프리즘 층의 황변 현상을 방지하기 위하여 자외선을 선택적으로 흡수하여 이것을 프리즘 층에는 무해한 열에너지로 변환하여 분산시키는 UV absorber와 생성된 자유 라디칼을 제거하거나 정지시키는 HALS(hindered amine light stabilizer)를 사용하여 내황변성을 향상시키고자 하였다.⁸⁻¹⁵

실 험

재료. 1H, 1H, 5H-Octafluoropentyl acrylate는 Osaka organic chemical industry사 제품을 사용하였다. 1,6-Heaxandiol diacrylate, trimethylol propane triacrylate, aliphatic urethane diacrylate, benzyl acrylate는 Miwon commercial사 제품을 사용하였다. Ethoxylated(2) bisphenol A dimethacrylate는 Sartomer사 제품을 사용하였다. o-Phenylphenyloxyethyl acrylate는 Shinna-kamura chemical사 제품을 사용하였다.

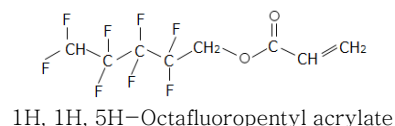
9,9-Bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene은 Osaka gas chemicals사의 제품을 별도 정제과정 없이 사용하였다.

광개시제로는 Ciba specialty chemicals사의 phenylglyoxylate(Irgacure 754), monoacryl phosphine(Darocur TPO), UV 안정제로는 Tinuvin 400, Tinuvin 292, Tinuvin 5151을 사용하였다. 사용된 재료의 구조식은 Figure 1에 나타내었다.

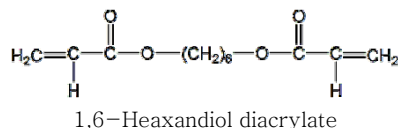
수지의 제조. 프리즘 시트의 휘도를 향상시키기 위해 프리즘 층을 형성하는 수지의 굴절률이 1.400에서부터 1.580까지 나타날 수 있도록 여러 종류의 자외선 경화형 단량체를 혼합하여 반응시켰다(Table 1). 또한, 방향족 기를 다수 포함하고 있는 고굴절 수지의 UV 황변성을 개선하기 위해 여러 종류의 자외선 안정제를 혼합하여 자외선 경화형 수지를 제조하였다(Table 7).

방향족 기가 없는 octafluoropentylacrylate를 주성분으로 도입한 경우는 낮은 굴절률을 나타냈지만, cyclic 구조와 방향족 기 4개를 포함하고 있는 9,9-bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene을 도입함으로써 고굴절률을 얻을 수 있었다.

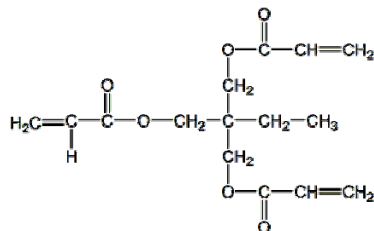
올리고머와 반응성 단량체를 200 mL 비이커에 정량하여 투입하



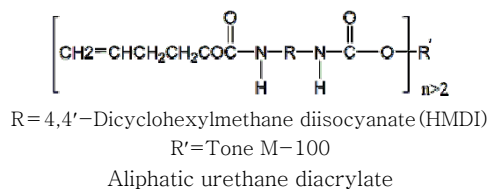
1H, 1H, 5H-Octafluoropentyl acrylate



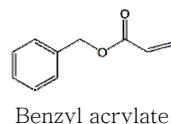
1,6-Heaxandiol diacrylate



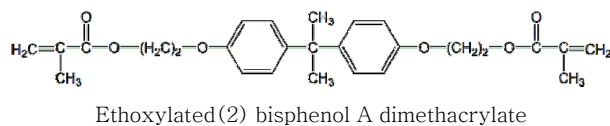
Trimethylolpropane triacrylate



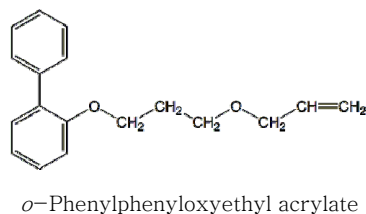
Aliphatic urethane diacrylate



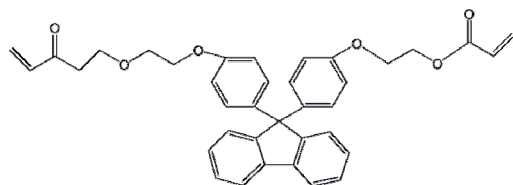
Benzyl acrylate



Ethoxylated(2) bisphenol A dimethacrylate



o-Phenylphenyloxyethyl acrylate



9,9-Bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene

Figure 1. Chemical structure of materials used.

고 상온에서 30분간 교반한 후, 광개시제와 첨가제를 투입하여 다시 4시간 동안 교반하였다. 혼합된 수지 조성물은 1 μm용 필터를 사용하여 이물질을 제거한 후 프리즘 층 도막형성에 사용하였다.

수지도막 시편 제조. 프리즘 층 형성에 사용되는 수지의 물성을 측

Table 1. Composition of UV Curable Resin for Prism Sheet(wt%)

Components	L1a	L2a	M3a	M4a	H5a	H6a
Octafluoro pentyl acrylate	91.0	62.0	22.0			
Aliphatic urethane diacrylate		24.0	44.0	24.0		
Ethoxylated(2) bisphenol A dimethacrylate				51.0		
9,9-Bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl] fluorene					56.0	76.0
Benzyl acrylate					10.0	10.0
o-Phenylphenyloxy ethyl acrylate						5.0
Trimethylolpropane triacrylate	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
1,6-Heaxandiol diacrylate		5.0	25.0	16.0	25.0	
Irgacure 754	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Darocur TPO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Tinuvin 5151	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tinuvin 400	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
Tinuvin 292	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Total	100	100	100	100	100	100

정하기 위해서는 poly(ethylene terephthalate) (PET) 필름과 프리즘 패턴이 형성되지 않은 순수한 경화도막이 필요하다.

프리즘 패턴이 형성되지 않은 경화 도막을 만들기 위해서 이형제 처리가 되어 있는 PET 필름 상부에 자외선 경화형 수지조성물을 코팅한 후, 그 위에 다시 이형제 처리가 되어 있는 PET 필름을 적층하였다. 이때 코팅된 수지 조성물의 두께가 200 μm 가 되도록 PET 필름간의 간격을 조절하여 압력을 가한 후, 자외선을 조사하여 경화시키고 PET 필름을 제거하여 경화된 수지도막을 제조하였고, 이것을 시편으로 사용하여 수지도막의 굴절률을 평가하였다.

프리즘 시트의 제조. 자외선 경화형 수지 조성물을 완전히 진공 탈포시킨 후, 가로 300×세로 300 mm의 PET 필름 위에 도포하였다. 프리즘 mold를 사용하여 도포층을 균일하게 누른 상태에서, 파장대가 250~400 nm인 UV램프로 조사하여 경화시킨 후 mold를 분리하였다. 이러한 방법으로 PET 필름 위에 프리즘 층이 결합된 프리즘 시트를 제조하였다. UV 경화장치는 용량 100 W의 고압 수은 램프가 장착된 것으로, 10분간 예열을 시킨 후 UV 경화형 수지 조성물이 1000 mJ/cm^2 의 총광량을 받는 조건으로 경화시켰다.

굴절률 및 점도 측정. 자외선 경화형 수지 조성물의 굴절률은 굴절계(NAR-1T, ATAGO)를 사용하여 측정하였다. 사용된 광원은 8 V, 0.15 A, 589 nm 나트륨 램프이었고 ASTM D 542 방법에 따라 측정하였다. 자외선 경화형 수지 조성물의 점도는 점도계(Brookfield viscometer DVII+ pro, Brookfield engineer)를 사용하여 20 $^{\circ}\text{C}$ 에서 ASTM D 2196 방법에 따라 측정하였다.

부착력 측정. 제조된 프리즘 시트 위에 2 mm 간격의 평행선 6본을 긋고, 이 평행선에 다시 수직으로 교차하는 동일간격의 평행선 6본을 그어서 25개의 정방형을 만들고, 그 위에 셀로테이프를 균일하게 눌러 부착한 후, 45도 각도를 유지하여 빠른 속도로 떼어내었다. 부착력은 ASTM D 3359 방법에 따라 측정하였다.

휘도 측정. 제조된 프리즘 시트를 17인치 크기로 잘라서 17인치 액정디스플레이 패널용 백라이트 유닛(LTM170EU-L21)에 장착하고

휘도계(BM-7, TOPCON)를 사용하여 25포인트의 휘도를 측정하고 평균값을 구했다. 이때 백라이트 유닛은 도광판 위에 확산시트를 올리고, 그 위에 프리즘 시트를 추가로 장착하여 백라이트 유닛 평면의 수직 방향에서 휘도를 측정하였다. 휘도는 광원의 밝기를 평가하는 단위로서 물체 관측 방향에 수직인 단위 면적에 대한 광도이며, 휘도상승률(%) 또는 Gain 값으로 표현하는데 Gain 값이란 광학시트를 사용함으로써 상승하는 휘도의 비율을 말한다.

$$\text{Gain} = L_s / L_o$$

L_s : 광학시트를 포함한 Back light에서의 휘도

L_o : 광학시트를 포함시키지 않은 Back light에서의 휘도

내환경변성 측정(QUV Test). 프리즘 시트를 UVB Lamp(UVB-313 nm, 20 w, Philips)에 노출시킨 후, 노출시간 60, 100, 150, 250시간 경과시점에서 황변특성을 평가하였다.

표색계는 CIE 1976 [$L^*a^*b^*$]-Space]으로 하고, 표준광은 D65/10 광원으로 하여 $L^*a^*b^*$ 를 측정하였다($L^*a^*b^*$). 공간에서 색차를 구하면 다음과 같다. 여기서, L 은 명도지수, a 와 b 는 각각 색도 지수를 나타낸다.

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

결과 및 토론

방향족 도입에 따른 수지 조성물의 굴절률과 점도 특성. 자외선 경화형 수지 조성물의 굴절률과 점도를 Table 2에 나타내었다. 방향족 기를 포함하지 않은 L1a에서부터 M3a까지는 1.500 이하의 비교적 낮은 굴절률을 나타내었으나, 방향족 기를 포함하고 있는 M4a에서 H6a까지는 비교적 높은 굴절률을 나타내었다. 이로써 방향족 그룹의 함량이 증가할수록 수지의 굴절률이 높아진다는 것을 확인할 수 있었다. 방향족 기의 굴절률이 높은 이유는 몰 굴절지수(molar refractivity)로부터 알 수 있는데, sp^3 구조를 가지는 탄소(C)의 몰 굴절지수는 2.8158이고, 방향족에 있는 탄소의 몰 굴절지수는 3.5090이며, 수소는 0.9155이다. 즉, 방향족 기가 있을 경우에 굴절률과 비례관계에 있는 몰 굴절 지수가 커지게 되고, 결국 굴절률이 높아지게 된다.¹⁶ 또한, L1a에서부터 H5a는 600 cp 이하의 점도로 코팅 작업성이 양호하였으나, 굴절률 1.600의 H6a는 39000 cp의 높은 점도 때문에 코팅 작업성이 불량하였다.

방향족 도입에 따른 수지도막의 굴절률 특성. 프리즘 패턴이 형성되어 있지 않은 순수한 경화도막의 굴절률 측정결과를 Table 3에 나

Table 2. Refractive Index and Viscosity of UV Curable Resin

Specimen	Refractive index	Viscosity		
		Value (cp)	Spindle	rpm
L1a	1.372	10	no.61	100
L2a	1.413	65	no.61	60
M3a	1.455	195	no.61	30
M4a	1.508	630	no.61	5
H5a	1.550	440	no.61	10
H6a	1.600	39000	no.63	2

Table 3. Refractive Index of UV Cured Layer

Item	Cured layer					
	L1a	L2a	M3a	M4a	H5a	H6a
Refractive index	1.393	1.433	1.476	1.531	1.580	1.630

타내었다. 자외선 경화시킨 도막의 굴절률은 액상 수지 조성물의 굴절률보다 0.02~0.03 정도 높게 측정되었다.

아래의 로렌츠-로렌즈 식에서와 같이 굴절률(n)이 해당 물질의 밀도(ρ)와 비례관계에 있는데 UV경화후 경화 도막의 밀도가 증가하여 도막의 굴절률이 높아지는 것으로 판단되었다.

$$\text{Molar Refractivity} = \{(n^2 - 1) V\} / (n^2 + 2) = \{(n^2 - 1) M\} / (n^2 + 2) \rho$$

프리즘 시트의 패턴 형성 및 광분포. 제조된 프리즘 시트의 패턴 형성 결과를 프리즘 패턴의 높이, 피치, 각도를 측정하여 비교하였다. 형성된 패턴은 굴절률에 따라 큰 차이가 없이 높이는 22.60~23.25 μm , 피치는 49.86~50.34 μm 로 나타났다. 단, L1a의 경우 프리즘 형성 층의 높이가 20.7 μm 으로 약 2 μm 정도가 낮게 형성되었는데, 이것은 수지 내에 이중결합 함량이 많아서 자외선 경화시 수축이 상대적으로 많이 발생하였기 때문이었다. H6a의 경우 프리즘 패턴이 형성되었더라도 프리즘 층의 두께가 두껍게 나타났다. 이것은 H6a에 높은 굴절률을 얻기위해서 다량 사용한 9,9-bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl] fluorene 자체의 점도가 높기 때문이라 판단되었다. 따라서, L1a와 H6a는 프리즘 시트 제조용으로 사용하기에는 부적합하다는 것을 확인할 수 있었다.

프리즘 시트의 부착력 특성. 자외선 경화방식을 통해 PET 필름에 프리즘 패턴을 형성시키고, 2 mm 간격의 평행선을 그어서 25개의 정방형을 만들어 부착력을 평가한 결과, 모두 4~5B 수준으로 나타났다. PET 필름과의 부착력은 PET 표면에 코팅되어 있는 primer 층의 유무에 따라 많은 영향을 받게 되는데, 본 연구에서 사용한 PET 필름은 primer가 코팅되어 있는 것을 사용하였을 뿐만 아니라, 수지 배합물 내에 팽윤 작용을 하는 단량체기 단량체가 10.0 wt% 이상이 함유되어 있기 때문에 부착력이 우수하였던 것으로 판단되었다.

방향족 도입에 따른 프리즘 시트의 휘도 분석.

2매 적층구조: 램프의 광이 도광판을 거쳐 확산시트를 통과한 후 휘도를 더 높이기 위해 적층한 프리즘 시트를 통과하여 나타내는 휘도를 측정하였고, 측정된 휘도는 Table 4에 나타내었다. 프리즘 층의 굴절률이 증가할수록 휘도가 점점 증가하는 경향을 보였다. Gain 값은 프리즘 시트가 없을 경우(L_0)를 1로 기준하였을 때의 상대적인 값을 나타내는 것이다.

일단 빛이 확산시트를 지나면 백라이트 유닛 면에 수평과 수직방향으로 확산이 일어나기 때문에 휘도(L_0)는 2588 cd/m^2 로 낮았다. 여기에 L1a 프리즘 시트를 적층하면 3157 cd/m^2 까지 상승하였고, H5a 프리즘 시트를 적층하면 4230 cd/m^2 까지 휘도가 상승하였다. 이것은 -30°에서 30° 사이에서 분산되었던 빛이 프리즘 시트를 통과하면서 집광되었기 때문이며, 프리즘 층의 굴절률이 높을수록 내부전반사 효과에 의해, 정면으로 집광되는 빛이 많아지기 때문에 휘도가 높아진다는 것을 확인할 수 있었다. 백라이트 유닛의 25포인트를 측정된 휘도는 굴절률이 증가하더라도 전체적으로 균일하게 나타나는 것을 알 수 있었

Table 4. Luminance of Backlight Unit Consisting of 2-Layer Structure

Item	[LGP+Diffuser+Prism(H)]					
	Lo	L1a	L2a	M3a	M4a	H5a
Luminance(cd/m^2)	2588	3157	3673	3810	4050	4230
Gain	1.00	1.22	1.42	1.472	1.565	1.634
Uniformity (%)	75.9	77.9	77.3	77.9	78.0	78.0

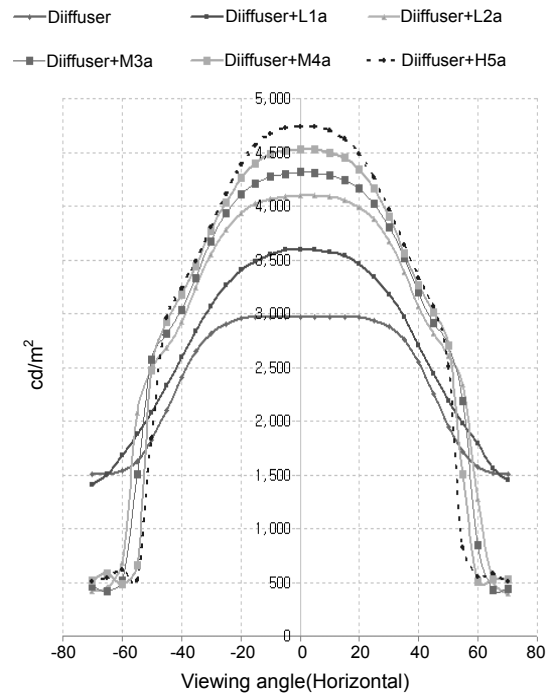


Figure 2. Horizontal viewing angle of backlight unit consisting of [LGP+diffuser+prism (H)].

다. 이것은 빛이 확산시트를 통과하면서 전체적으로 균일하게 형성되었고 다시 이 빛이 프리즘 시트를 균일하게 통과하는 것에도 영향을 미치지 않기 때문이라 판단되었다.

확산시트 위에 굴절률이 서로 다른 프리즘 시트(L1a~H5a)를 탑재한 경우의 수평시야각을 Figure 2에 나타내었다. 반치각(half of viewing angle)은 가장 높은 휘도의 절반에 해당하는 휘도를 나타내는 각도를 말한다. 각각의 반치각은 L1a 118°, L2a 112°, M3a 108°, M4a 105°, H5a 98°로 확산시트만 탑재된 L_0 의 반치각 150°와 비교하면 많이 좁아졌다는 것을 알 수 있었다. 이것은 확산시트를 통과하여 넓게 퍼져 있던 빛이 프리즘 시트를 거치면서 정면 방향으로 집광되었기 때문에 정면방향에서의 휘도가 높아지고 따라서 이 휘도의 절반 휘도를 나타내는 반치각이 좁아지게 된 것이다.

또한, 확산시트 위에 굴절률이 다른 프리즘 시트(L1a~H5a)가 탑재된 경우의 수직시야각을 Figure 3에 나타내었다. 각각의 반치각은 L_0 150°, L1a 86°, L2a 78°, M3a 74°, M4a 71°, H5a 66°로 측정되었다. 이것은 수평시야각과 마찬가지로 확산시트를 통과하여 넓게 퍼져 있던 빛이 집광 기능이 있는 프리즘 시트를 거치면서 정면 방향으로 집광되었기 때문에 정면 방향에서의 휘도가 높아지고, 이 휘도의 절

반 휘도를 나타내는 반치각은 굴절률이 증가할수록 좁아지게 되는 것을 확인할 수 있었다.

그러나, 동일한 프리즘 시트가 적층되었다라도 수평시야각과 수직시야각의 변화도에는 차이가 나타났다. H5a의 수평시야각은 98°이고, H5a의 수직시야각은 66°로 수평시야각이 더 넓게 나타났다. 이것은 확산시트 위에 적층되는 프리즘 시트의 방향이 수평방향으로 적층되었기 때문이었다.

3매 적층구조: 프리즘 시트는 충격, 얼룩 및 이물질 등에 매우 민감하기 때문에 프리즘 시트를 보호하고, 프리즘 시트에 의한 간섭현상을 제거해 주기 위해 보호시트를 적층하여 사용하였다.

Table 5에서 나타낸 바와 같이 H5a 프리즘 시트가 적층되었을 때 휘도가 4230 cd/m²까지 나타났으나, 그 위에 보호시트가 추가로 적층되면 Table 5에 나타낸 바와 같이 휘도가 4131 cd/m²로 감소하였다. 이와 같이 보호시트를 추가로 적층한 경우 휘도가 전반적으로 감소하는 반면 균일도는 증가하는 경향을 보였다. 이것은 프리즘 시트에 의해 집광되었던 빛이 보호시트에 있는 마이크로 크기(2~9 μm)의 비드(bead)에 의해 일부 확산 현상이 발생하여 휘도는 약간 감소시키지만 균일도는 증가시키기 때문이었다.

4매 적층구조: 백라이트 유닛의 휘도를 더 향상시키기 위하여 프리즘 시트를 연속적으로 2장 적층하여 휘도를 측정하였다. 아래쪽 프

리즘 시트는 수평 방향으로, 위쪽 프리즘 시트는 수직방향으로 적층하였다. 프리즘 시트 1장을 적층한 경우보다 2장을 적층한 경우가 높은 휘도를 나타내었다.

Table 5에서 나타낸 바와 같이 H5a 프리즘 시트 1장을 적층하였을 때의 휘도가 4131 cd/m²이었으나 Table 6에 나타낸 바와 같이 H5a 프리즘 시트 2장을 적층하면 휘도가 5415 cd/m²까지 상승하였다. 이것은 프리즘 시트 1장으로 집광되었던 빛이 다시 두번째 프리즘 시트를 거치고 이 과정에서 내부전반사 효과로 인해 정면으로 집광되는 빛의 양이 증가되었기 때문이었다.

방향족 도입에 따른 프리즘 시트의 황변 특성. 방향족기가 없는 L1a, L2a, M3a 프리즘 시트는 UVB-313 nm 파장에 250시간 노출된 후에 색차 변화가 대부분 3이하로 나타났다. 반면, 방향족기가 포함되어 굴절률이 높았던 H5a 프리즘 시트의 경우에는 색차 변화가 7.09로 가장 크게 나타났다(Figure 4). 이것은 이중 결합, 카르보닐기, 그리고 방향족 기들이 UVB-313 nm 파장에 노출되면서 전자전이에 의해 에너지의 흡수와 방출이 일어나고 이런 과정에서 자외선을 흡수하여 발색단으로 작용함으로써 색차 변화를 크게 유발시켰기 때문인 것으로 판단되었다.

UV 안정제 사용에 따른 프리즘 시트의 황변특성 변화. UVB-313 nm 파장에 250시간 노출 후의 색차 변화가 7.09이었던 H5a 프리즘 시

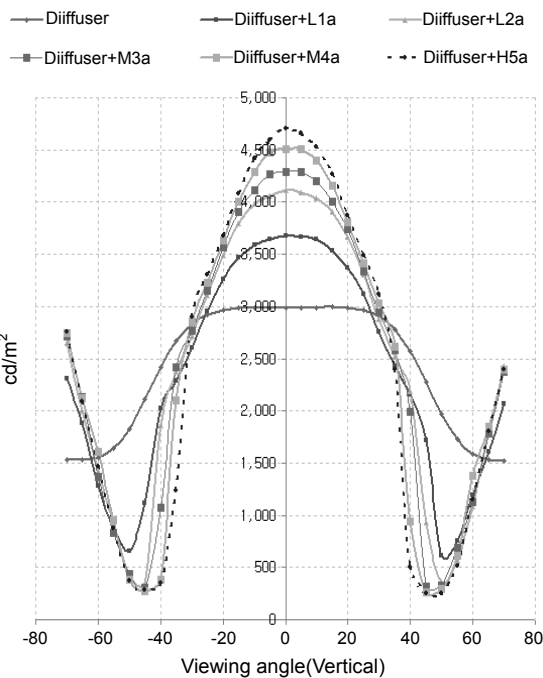


Figure 3. Vertical viewing angle of backlight unit consisting of [LGP+diffuser+prism(V)].

Table 5. Luminance of Backlight Unit Consisting of 3-Layer Structure

Item	[LGP+Diffuser+Prism(H)+Protector]					
	Lo	L1a	L2a	M3a	M4a	H5a
Luminance(cd/m ²)	2593	3166	3596	3791	3964	4131
Gain	1.00	1.221	1.387	1.462	1.529	1.593
Uniformity (%)	76.8	78.7	78.6	78.9	79.5	79.8

Table 6. Luminance of Backlight Unit Consisting of 4-Layer Structure

Item	[LGP+Diffuser+Prism(H)+Prism(V)+Protector]					
	Lo	L1a	L2a	M3a	M4a	H5a
Luminance(cd/m ²)	2610	3544	4550	4886	5149	5415
Gain	1.00	1.358	1.743	1.872	1.973	2.074
Uniformity (%)	76.6	78.3	79.4	80.9	80.4	80.1

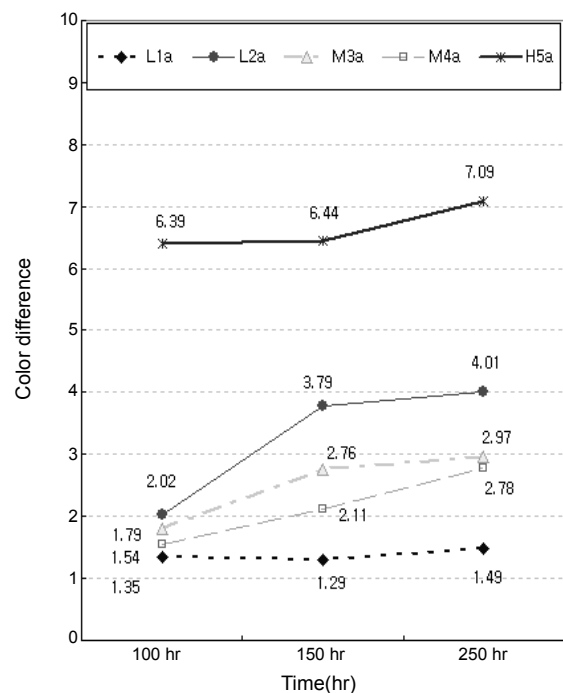


Figure 4. Yellowing property of UV curing type prism sheet.

Table 7. Composition of UV Curable Resin for Prism Sheet Containing Various Kinds of UV Absorbers(wt%)

Components	H5b	H5c	H5d
9,9-Bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene	56.0	56.0	56.0
Benzyl acrylate	10.0	10.0	10.0
Trimethylolpropane triacrylate	5.0	5.0	5.0
1,6-Hexanediol diacrylate	25.0	25.0	25.0
Irgacure 754	2.0	2.0	2.0
Darocur TPO	1.0	1.0	1.0
Tinuvin 5151	0.2	0.2	0.2
Tinuvin 400	1.3	1.3	0.3
Tinuvin 292	1.5	0.5	1.5
Total	102	101	101

Table 8. Refractive Index of UV Cured Layer Containing Various Kinds of UV Absorbers(wt%)

Item	Cured layer			
	H5a	H5b	H5c	H5d
Refractive index	1.580	1.579	1.580	1.580

트의 황변성을 개선하기 위해 여러 종류의 자외선 안정제를 혼합하여 자외선 경화형 수지를 제조하였다(Table 7).

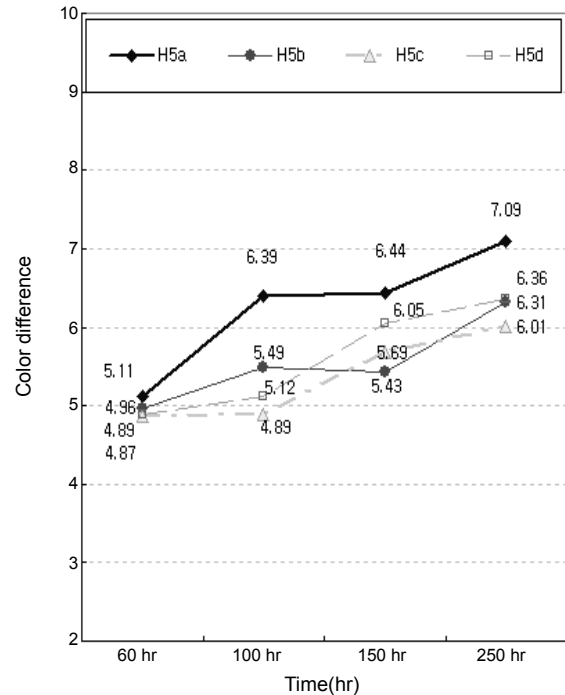
Table 8에 나타난 바와 같이 프리즘 패턴이 형성되지 않은 순수한 경화도막의 굴절률은 일정하게 유지되었다.

H5a 프리즘 시트의 황변성은 UV 흡수제(Tinuvin 400)를 1% 추가로 투입한 H5c 프리즘 시트에서 색차 변화가 6.01까지 낮아졌다(Figure 5). 이것은 UV 흡수제가 증량되면서 9,9-bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene에 있는 카르보닐 기나 방향족기와 같은 발색단에 의해 흡수될 수 있는 자외선의 양이 감소되고 프리즘 시트가 자외선을 흡수했을 경우 이 자외선을 선택적으로 흡수하여 물성에는 무해하고 열분해에도 영향을 미치지 않는 약한 열에너지로 변화시켰기 때문이라고 판단되었다.¹⁷

Lambert-Beer 법칙에서 알 수 있듯이 흡광도는 UV 안정제의 함량에 의존하고, 함량이 많을수록 내황변성은 증가하게 된다. 그러나, UV 안정제의 함량이 증가함에 따라 생성된 photons의 흡수에 대해 광개시제와 경쟁을 하게 되므로 결과적으로 경화도와 경화속도에 영향을 미치게 된다.^{18,19} 따라서, UV 안정제의 함량을 변화시켜가며 이러한 영향을 확인하였다. UV 흡수제와 HALS를 각각 1% 증량한 H5b 프리즘 시트와 HALS만 1% 증량한 H5d 프리즘 시트는 색차 변화가 각각 6.31과 6.36으로 H5c보다 약간 많은 색차 변화를 보여 HALS의 효과는 별로 효과적으로 나타나지 않았다.

결론

프리즘 층을 구성하는 수지로 방향족 기를 다수 포함하고 있는 9,9-bis[4-(2-acryloyloxyethoxy)phenyl]fluorene을 도입하여 프리즘 시트를 제조하고 프리즘 층을 구성하는 수지의 굴절률 변화에 따른 프리즘 시트의 휘도 성능과 황변성을 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

**Figure 5.** Yellowing resistance of UV curing type prism sheet.

1) 방향족 기의 함량이 증가할수록 자외선 경화형 수지의 굴절률은 증가하였다.

2) 프리즘 시트의 패턴은 수지의 굴절률에 따라 큰 차이없이 양호하게 형성되었으나, 단관능기 단량체가 90% 이상 함유되거나, 점도가 높은 올리고머를 적용하는 경우는 프리즘 시트가 균일하게 형성되지 않았다.

3) 램프의 빛이 도광판을 거쳐 확산시트를 통과한 후의 휘도는 2588 cd/m²로 낮았지만 확산시트 위에 L1a 프리즘 시트를 적층시키면 휘도가 3157 cd/m²까지 상승하였고, H5a 프리즘 시트를 적층시키면 휘도가 4230 cd/m²까지 상승하였다. 프리즘 시트의 굴절률이 증가할수록 휘도가 향상되었다.

4) 방향족 기가 포함되어 굴절률이 1.58까지 증가된 프리즘 시트의 색차 변화가 7.09까지 증가하였던 것은 방향족 기나 카르보닐 기가 UVB-313 nm 파장에 노출되면서 발색단으로 작용하였기 때문이었다.

5) UVB-313 nm 파장에 250시간 노출 후 색차 변화가 7.09이었던 H5a 프리즘 시트에 UV 흡수제를 1% 추가로 투입한 H5c 프리즘 시트는 색차 변화가 6.01까지 감소하였다.

참고 문헌

1. The market trends of Korea display components, p3~5, KETI (2005).
2. K. S. Lee, The vision & strategy of instrumental industry for the next generation display in 2020s, p61~62, KIET (2007).
3. C. J. Jung, Polymer(Korea), **10**, 570 (1986).
4. B. H. Lee, J. H. Choi, H. J. Kim, J. I. Kim, and J. Y. Park, J. Ind. Eng. Chem., **10**, 608 (2004).

5. J. W. Yoo and D. S. Kim, *Polymer(Korea)*, **23**, 376 (1999).
6. H. Kaczmarek and C. Decker, *J. Appl. Polym. Sci.*, **54**, 2147 (1994).
7. C. Decker and K. Moussa, *J. Appl. Polym. Sci.*, **55**, 359 (1995).
8. B. Nabeth, J. F. Gerard, and J. P. Pascault, *J. Appl. Polym. Sci.*, **60**, 2113 (1996).
9. D. S. Kim and J. R. Lee, *Polymer(Korea)*, **18**, 199 (1994).
10. S. C. Jang, S. C. Yi, and J. W. Hong, *J. Ind. Eng. Chem.*, **11**, 964 (2005).
11. D. J. Lee, J. Y. Choi, and H. D. Kim, *Journal of Korean Fiber Society*, **36**, 798 (1999).
12. H. S. Kim and K. H. Chae, *Polymer(Korea)*, **25**, 625 (2001).
13. H. K. Kim and H. J. Kang, *Polymer(Korea)*, **23**, 263 (1999).
14. C. Decker and K. Zahouity, *J. Polym. Sci. Part A: Polym. Chem.*, **36**, 2571 (1998).
15. S. M. Oh and J. J. Sim, *Polymer Science and Technology*, **6**, 108 (1995).
16. J. A. Padron, R. Carrasco, and R. F. Pellon, *J. Pharm. Sci.*, **5**, 258 (2002).
17. J. E. Pickett, *Technical information series*, GE research & development center, p4~26 (1997).
18. J. D. Cho, S. H. Kim, I. C. Chang, K. S. Kim, and J. W. Hong, *Macromol. Res.*, **15**, 560 (2007).
19. K. de la Caba, P. Guerrero, M. Del Rio, and I. Mondragon, *Constr. Build. Mater.*, **21**, 1288 (2007).