

배면개구형 집광시트의 자체 정렬 특성

박경주 · 김영규 · 최계훈 · 백상훈 · 황성기 · 곽진석 · 이종훈 · 권진혁[†]

영남대학교 물리학과
☎ 712-749 경북 경산시 대동 214-1번지

박이순

경북대학교 고분자 공학과
☎ 702-701 대구광역시 북구 산격동

(2009년 9월 14일 받음, 2009년 10월 6일 수정본 받음, 2009년 10월 6일 게재 확정)

액정표시장치의 고효율 백라이트 집광시트로 활용하기 위하여 배면 개구형 집광시트를 설계 및 분석하였다. Microlens array sheet, 피라미드 array sheet, 그리고 cone array sheet에 대해서 자체 정렬에 의한 배면 개구 형성 특성을 비교 분석한 결과, microlens array sheet가 가장 우수하였고, 다음으로 피라미드 array sheet였으며, cone array sheet가 가장 부적합하였다.

Self-aligning Characteristics of Optical Sheets with Apertures

Gyeongju Park, Young Gyu Kim, Gye Hun Choi, Sang Hoon Baik, Sung Ki Hwang,

Jin Seog Gwag, Jong Hoon Yi, and Jin Hyuk Kwon[†]

Department of Physics, Daedong 214-1, Gyeongsan 712-749, Korea

[†]E-mail: jhkwon1@yu.ac.kr

Yi Soon Park

Department of Polymer Science & Engineering, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

(Received September 14, 2009; Revised manuscript October 6, 2009; Accepted October 6, 2009)

Optical sheets with apertures on the opposite side of the substrate are designed and analyzed in order to use them as high efficiency light concentration sheets in LCD edge-lit backlight. Formation of apertures by self-aligning exposure were analyzed for the microlens array sheet, pyramid array sheet, and cone array sheet and the microlens array sheet showed the best performance for the formation of apertures by the self-aligning exposure.

Keywords: Backlight, Optical sheet, Microlens, Pyramid

OCIS codes: (220.0220) Optical design and fabrication; (220.4000) Microstructure fabrication; (350.3950) Micro-optics

I. 서 론

액정표시장치 (liquid crystal display; LCD)는 모바일 디스플레이와 같은 소형으로부터 100인치 급의 초대형 LCD TV에 이르기까지 광범위한 범위에 걸쳐 평면 디스플레이로 사용되고 있다. LCD는 수동형 광학 소자이기 때문에 LCD에 광을 공급하는 백라이트 유닛(backlight unit, BLU)이 필요하다. LCD BLU는 크게 도광판을 필요로 하는 측면 조명 방식

과 도광판이 없이 직접 LCD에 빛을 조명하는 직하형 조명 방식으로 나누인다.^[1] 어느 방식이든 냉음극 형광램프(cold cathode fluorescent lamp, CCFL) 또는 LED(light emitting diode)로부터 나오는 광을 효율적으로 LCD로 공급하기 위하여 확산시트와 집광 시트등의 광학시트류가 필요하다. 광학시트는 크게 균일도를 향상시키는 확산판 혹은 확산시트 종류와 확산된 광을 다시 필요한 시야각 이내로 집광하여 수직 휘도를 상승시키는 집광시트로 분류된다. 집광시트는 직각 프리즘 형태의 프리즘 시트가 주로 사용되어 왔으나, 최근 내구성과 집광성이 뛰어난 microlens array (MLA) 시트류가

[†]E-mail: jhkwon1@yu.ac.kr

많이 연구 개발되고 있다.^[2-5] 이외에도 피라미드 형태의 3차원 구조물 어레이를 갖는 피라미드 시트(pyramid sheet)와 원추형(cone) 3차원 구조물을 갖는 cone sheet도 연구 되어지고 있다. 특히, MLA는 photoresist reflow 기술을 이용해서 쉽게 제작이 가능해서 산업체 양산 공정에 적합하기 때문에 본 연구에서 중점적으로 조사 하였다.^[6-9]

노트북 또는 모바일용 LCD BLU의 경우, 저전력 저출력의 광원을 사용해서 높은 수직 휘도를 요구하기 때문에 상대적으로 좁은 시야각을 갖도록 설계된다. 이러한 목적을 위해서 지금까지는 고가의 프리즘 시트 2장을 서로 수직으로 교차한 dual crossed prism sheet를 사용해서 높은 수직 휘도와 약 40도의 수평 수직 시야각을 달성했다. Prism sheet는 꼭지각이 90도에서 최고의 수직휘도를 달성하지만, 상대적으로 좁은 시야각 및 측면에서의 급격한 휘도 감소로 인한 영상 저하가 문제로 제기되고 있다. 또한 노트북이나 모니터와 같이 저전력을 사용하면서 규정된 휘도를 달성하기 위해서는 저하된 시야각에도 불구하고 2장을 사용하여야 한다. 본 연구에서는 배면에 개구를 설치함으로써 한 장의 집광시트를 사용해서 두 장의 프리즘 시트를 대체하고자 하였다. 배면에 개구를 설치하고, 전면에 MLA, 피라미드, 또는 cone 등의 광 구조물을 씌우므로써 집광 효과가 커지기 때문에 충분히 높은 수직 휘도와 필요한 시야각을 달성할 수 있다. MLA는 기본적으로 렌즈이기 때문에 배면개구의 크기를 microlens의 크기보다 작게하고, 배면 개구의 위치를 microlens의 초점 위치에 씌우므로써 평행광에 근사한 광을 발생시켜서 10도 이내의 매우 좁은 시야각에 기존의 프리즘 시트보다 월등히 높은 수직 휘도를 달성하는 것부터 프리즘 시트의 약 70%의 수직 휘도를 달성하지만 시야각은 약 100도 정도가 되도록 설계할 수 있다는 장점이 있다. 피라미드나 cone형태의 광 구조물의 경우 microlens 보다는 평행광 발생에 불리하나 여전히 유사한 집광 기능이 있기 때문에 배면 개구를 설치함으로써 약 40도~80도 사이의 시야각을 요구하는 BLU의 집광시트로서의 기능은 충분하다고 보여진다. 그러나 실제 제작에 있어서 세 가지 광 구조물 모두 배면 개구와 전면의 MLA, 피라미드, 또는 cone 등의 광 구조물 사이의 정밀한 정렬이 필요로 하기 때문에 양산 공정에서는 자체 정렬(self-aligning) 방식을 채택 함으로써 정렬 과정을 생략하여 높은 신뢰성의 집광시트를 개발할 수 있다.^[10] 따라서 본 연구에서는 MLA, 피라미드, cone sheet의 집광 성능과 자체 정렬 특성을 Light Tools 프로그램을 이용한 광학 시뮬레이션을 통하여 비교 분석 하였다.

II. MLA, 피라미드, Cone 형 집광시트의 설계 및 시뮬레이션

2.1. Simulation Model

Dual crossed prism sheet를 기준으로 해서 MLA sheet, 피라미드 sheet, cone sheet에 대한 수직 휘도 및 시야각의 특성을 비교하기 위해서 Light Tools 광학설계 프로그램을 이용해서 13.5인치 측면 조명용 BLU에 대한 시뮬레이션 모델을

정립하였다. 도광판으로는 가로 274.3 mm, 세로 206.7 mm, 두께 0.7 mm의 PMMA 기판을 설정하였으며, 도광판의 하면에는 균일한 수직 출사 휘도 분포를 주도록 microlens array를 Bezier 분포로 배치하였다. Microlens의 규격은 반경 0.1 mm, 높이 0.025 mm 이며, Bezier배치 조건은 weight 0.41, bump 개수 550 x 414 개였다. 도광판 하면에는 반사율 98%, 확산각 15도의 Gaussian산란 반사필름을 설치하여 아래로 떨어지는 광이 위로 다시 반사되게 하였다. 도광판의 상면에는 확산각 15도, 투과율 90%, 반사율 10%의 확산시트를 설치하여 균일도를 향상시키도록 하였다. 또한 광원으로는 길이 274.3 mm, 내경 0.5 mm, 밝기 1000 lumen을 가정 하였다. 모든 표면은 Fresnel 처리를 하여 실제 광학 표면에서 발생하는 반사율 및 투과율이 계산 되도록 하였으며, 하나의 광선이 동일 면에 허용되는 최대입사 횟수를 500으로 설정하여 시뮬레이션 조건에 의한 광 손실을 최소화 하도록 하였다.

시뮬레이션 결과의 해석에 있어서 휘도의 절대값보다는 동일한 조건 하에서 시행되는 dual crossed prism sheet에 대한 상대값 비교를 통하여 MLA sheet, 피라미드 시트, cone sheet의 각휘도 분포(angular luminance profile)와 시야각 (view angle)의 향상 정도를 분석 하고자 하였다.

2.2. 피라미드 광시트의 설계 및 시뮬레이션

Fig. 1은 피라미드 광시트의 구조와 설계 변수를 나타낸다. 대칭형 피라미드의 경우 변의 크기($w_1 = w_2 = w$), 높이 h_p , 측각 θ_1 , θ_2 그리고 피라미드 사이의 피치가 주요 설계 변수이다. 이외에도 피라미드 광시트의 광학적 집광 특성을 좌우하는 변수로는 기판의 두께 T_p , 배면 개구의 크기, 배면의 반사율 R 등이 있다.

Fig. 2는 배면 개구형 피라미드 시트의 두께에 대한 시뮬레이션 결과를 동일 조건하에서 시뮬레이션 한 dual crossed prism sheet와 비교한 그래프를 보여준다. Fig. 2(a)는 dual crossed prism sheet, (b)는 배면 개구가 없는 단순한 피라미드 시트, (c)는 두께 $T=0.075$ mm의 기판에 대해서 피라미드 설계 변수 pitch=0.1 mm, $h_p=0.04$ mm, 개구 크기=0.05×0.05 mm², 배면 반사율 $R=0.85$ 에 대한 각 휘도분포, (d)는 동일 조건 하에서 두께 $T=0.1$ mm의 기판에 대한 각 휘도 분포를

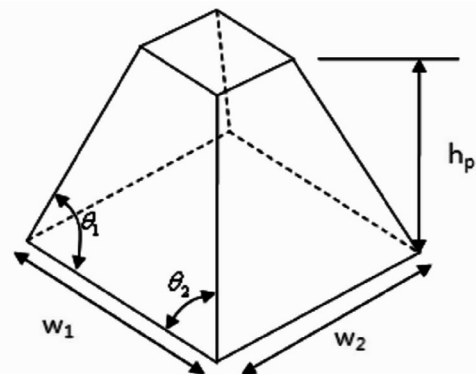


FIG. 1. The structure and design parameters of the pyramid texture.

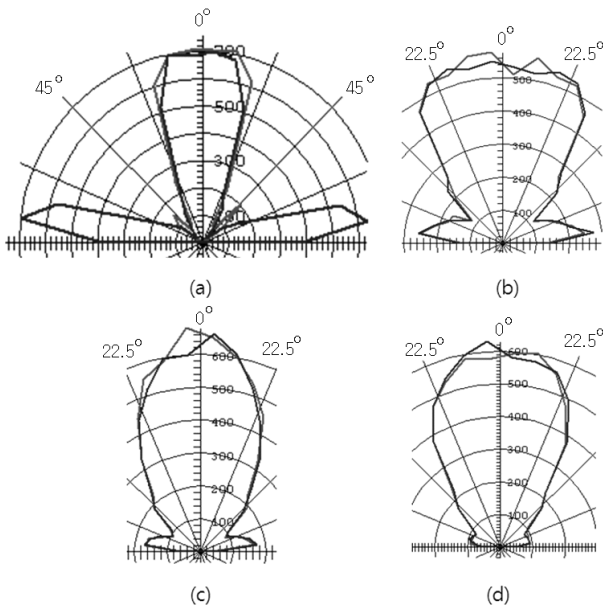


FIG. 2. The angular luminance profile of the dual crossed prism sheets and the pyramid sheets; (a) Dual crossed prism sheet, (b) pyramid sheet with no apertures, (c) pyramid sheet with apertures for the substrate thickness 0.075 mm, (d) pyramid sheet with apertures for the substrate thickness 0.1 mm.

나타낸다. Fig. 3은 Fig. 2의 시뮬레이션 결과를 dual crossed prism sheet와 비교하여 나타낸 그래프이다. 수직 휘도(normal luminance)는 dual crossed prism sheet를 100으로 기준 하였을 때, 기판 두께가 0.075 mm에서 약 94.3 % 로써 최대를 나타내었다. 수직 휘도가 기판두께 0.075 mm에서 최대를 나타내는 이유는 기판두께가 너무 두꺼우면 배면개구를 통과한 광선 가운데 피라미드 바깥으로 빠지는 광이 많아지게 되며, 반대로 기판두께가 너무 얇으면 배면 개구와 피라미드 광 구조물 사이의 거리가 너무 좁아서 collimation 기능이 떨어져 시야각이 넓어지기 때문이다. 시야각은 54도 정도로 변화가 없었으나 dual crossed prism sheet의 40도에 비하여 크게 향상되었다. 그 이유는 dual crossed prism sheet에서 강하게 나타나는 네 방향의 side light가 사라지고 시야각이 확대되었기 때문이다. Fig. 4는 배면 개구 반사율이 95%일 경우에 배면 개구형 피라미드 시트의 최적 설계 결과를 dual crossed prism sheet와 비교하여 보여준다. 피라미드 밑면 크기 $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$, pitch=0.1 mm, $h_p=0.04 \text{ mm}$, 기판 두께 $T=0.075 \text{ mm}$, 배면 개구 크기 $w=0.07 \text{ mm}$, 배면 반사율 $R=95\%$, 배면 개구 유효 면적율 49%에 대해서 시뮬레이션 한 결과 dual crossed prism sheet 대비 수직 휘도 100%, 시야각은 58.5도로써 1.44 배가 되었으며 무시할 정도의 side light가 존재하였다. 기판 두께 0.075 mm는 피라미드 밑면 크기 $0.1 \times 0.1 \text{ mm}^2$ 에 대해서 개구를 통과한 광이 모두 피라미드 속으로 입사할 수 있는 최대 크기이다. 따라서 배면 개구형 피라미드 시트는 한 장으로써 두 장을 사용하는 dual crossed prism sheet에 대등한 집광 성능을 가짐을 알 수 있다.

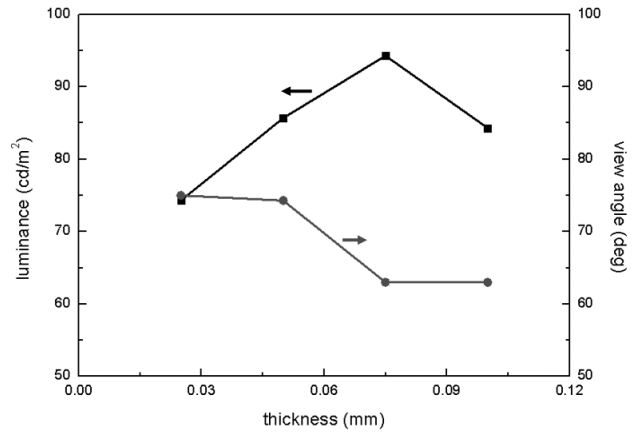


FIG. 3. The normal luminance and view angle of the pyramid sheet as a function of the substrate thickness compared with the dual crossed prism sheets.

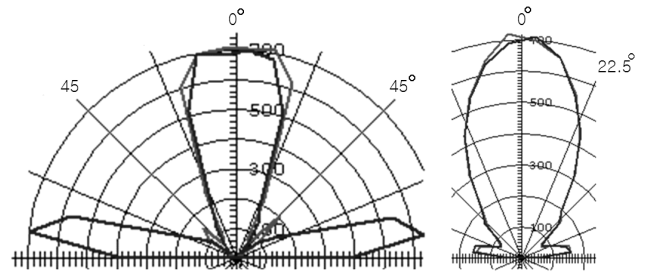


FIG. 4. (a) The angular luminance profile of the dual crossed prism sheets, (b) The angular luminance profile of the optimized pyramid sheet with apertures.

2.3. MLA 광시트의 설계 및 시뮬레이션

Fig. 5에 나타난 대로 microlens array 광 구조물을 사용하는 광학시트는 microlens의 반경(r) 및 표면반경(s)과 높이(h), microlens 사이의 피치(p), 기판 시트의 두께 (T), 이웃한 microlens 사이의 이격 거리(g), 그리고 배면 개구의 직경(d) 및 배면의 반사율(R)에 의하여 광학적 특성이 결정된다. 먼저, 기판 시트의 두께(T)를 정하고, 배면 개구에서 전면의 microlens로 향하는 광이 모두 microlens 속으로 입사하도록 하여야 한다. 또한 배면 개구가 전면 microlens의 초점에 위치하게 되면 microlens에서는 거의 평행광이 출사하여 시야각이 매우 좁아지는 효과가 발생하므로 microlens의 초점거리가 기판 시트의 두께 T 보다 더 크게 설계함으로써 노트북이나 모니터용 BLU에 적합한 수직휘도와 시야각을 달성할 수 있다. 또한 microlens 사이의 이격거리(g)는 실제 microlens를 제작함에 있어서 필요한 최소거리이며, 본 연구에서는 $g=10 \mu\text{m}$ 로 두었다. Microlens 사이의 피치(p)는 다시 가로 방향의 피치(p_1)과 세로 방향의 피치(p_2)로 구분된다. 본 연구에서는 microlens의 배치 밀도를 최대화 할 수 있는 hexagonal 분포를 사용하였으며 이 경우 $p_2 = 0.866p_1$ 의 관계가 성립한다.

Fig. 6은 개구 직경 $d = 0.070 \text{ mm}$, microlens 직경 0.140 mm , 기판 두께 0.1 mm , MLA hexagonal pitch $0.15 \text{ mm} \times 0.13$

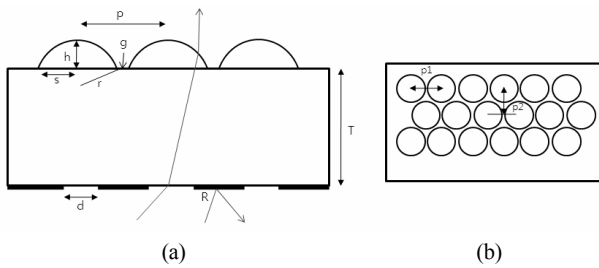


FIG. 5. (a) The structure of MLA sheet with apertures on the opposite side, (b) hexagonal placement of microlens array.

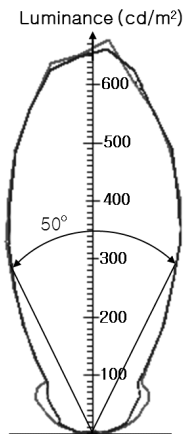


FIG. 6. The angular luminance profile of the optimized MLA sheet with apertures for design parameters of aperture diameter $d = 70 \mu\text{m}$, microlens diameter $140 \mu\text{m}$, substrate thickness $100 \mu\text{m}$, and reflectance of the opposite side $R = 95\%$.

mm, 배면 반사율 95%의 최적화된 배면 개구형 MLA 광학시트의 각휘도 분포(angular luminance profile)를 보여주고 있다. 적색 그래프는 BLU의 수평방향을 따른 각휘도 분포를 나타내며, 청색 그래프는 BLU의 수직 방향을 따른 각휘도 분포를 나타낸다. 기관 두께 0.1 mm는 실제 기관 제작에 적용되는 두께에 해당하며 개구를 통과한 대부분의 광이 직경 0.14 mm의 microlens 속으로 들어갈 수 있는 최소두께이다. Fig. 2(a)에 나타난 dual crossed prism sheet의 수직휘도값 700 cd/m^2 , 시야각 40.5도와 비교할 때, 시야각은 50도로써 dual crossed prism sheet의 40.5도보다 14도 가량 크고, 수직 휘도는 dual crossed prism sheet의 100%에 해당한다. 동일한 수직 휘도에 대해서 시야각이 더 넓어진 이유로는 배면 개구에서 나오는 광의 대부분이 microlens 속으로 입사하기 때문에 dual crossed prism sheet에서 나타나는 side light가 대부분 중심 부분으로 집광되었기 때문으로 해석된다. 또한, 배면 개구형 MLA sheet는 dual crossed prism sheet에서 나타나는 수직으로부터 22.5도 각도에서의 급격한 휘도감소 대신에 연속적인 휘도 감소 특징을 나타내고 있다.

2.4. Cone array 집광시트의 설계 및 시뮬레이션

Fig. 7은 cone array 집광시트에 사용되는 cone의 구조와

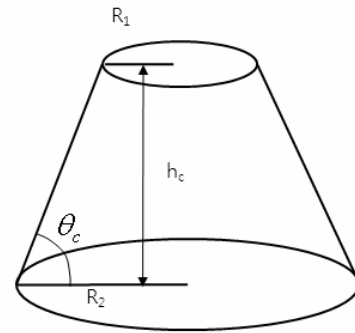


FIG. 7. The structure and design parameters of the cone sheet.

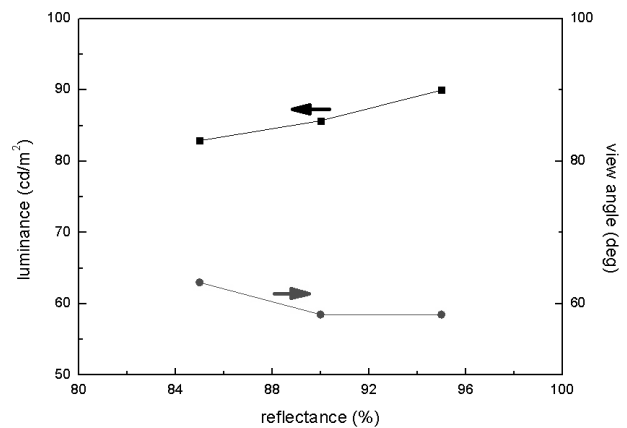


FIG. 8. The change of the normal luminance and the view angle of the cone sheet in terms of the reflectance of the opposite side.

설계변수를 나타낸다. 주요 설계 변수로는 상면 반경(R_1), 하면 반경(R_2), 높이 (h_c), 측면각(θ_c) 등이 있고, 또한 기관의 두께(T_c), 배면 개구의 직경, 배면 반사율, cone의 배치에 따른 피치가 있다.

Fig. 8은 cone sheet를 사용한 backlight의 배면 반사율 R에 대한 수직 휘도와 시야각의 변화를 나타낸다. 상용적으로 가능한 85%에서 95% 사이의 반사율에 대해서 수직휘도는 dual crossed prism sheet의 82.9%에서 90%까지 변화하였다. 또한, 시야각은 63도에서 58.5도로 줄어들었다. 배면 반사율의 증가에 따라서 수직휘도가 증가하고 시야각이 감소하는 것은 배면에서 반사한 광이 도광판 하면의 반사필름에서 반사하면서 recycling되어 배면 개구로 입사하는 광량이 증가하기 때문이다. 반사율이 줄어들수록 시야각이 늘어나는 것은 배면에서 반사하지 않고 산란 투과된 광이 측면으로 진행하는 광량에 더해져서 시야각을 확장하는데 기여하기 때문으로 해석된다.

Fig. 9는 측면각이 45도 및 60도에 대한 cone sheet의 각휘도 분포 특성을 나타낸다. 측면각을 45도와 60도로 선택한 이유는 측면각을 변화시키면서 수직 휘도를 구한 결과 45도가 가장 높게 나타났으며, 또한 diffuser lithography를 이용하여 cone 형 광 구조물을 제작할 때의 측면 각도가 약 60도이기 때문이다.^[11] 프리즘 시트에서 측면각이 45도에서 최적 조

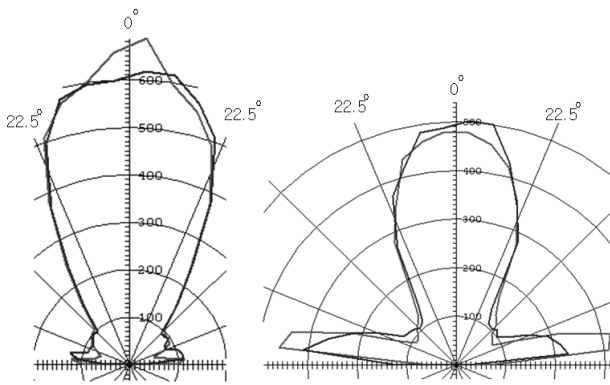


FIG. 9. The angular luminance profile of the cone sheet; (a) side angle 45 degree, (b) side angle 60 degree.

건에 형성되듯이 cone sheet에서도 cone의 측각이 45도에서 최적조건이 형성되지만, 실제로 제작에 있어서 기계적인 방법으로 cone을 만들기가 어렵기 때문에 측면각 45도에 대한 시뮬레이션 결과는 측면각 60도의 결과에 대한 기준으로 설정하였다. 설계 변수 제원은 $R_1=0.01$ mm, $R_2=0.05$ mm, $h_c=0.04$ mm, 배면 개구 직경 = 0.06 mm, 기판 두께 $T=0.075$ mm 이다. Fig. 9에 나타난 시뮬레이션 결과로는 dual crossed prism sheet 대비 측면각 45도의 경우가 수직휘도 90%, 시야각 58.5도로써 side light도 최소화되며, 측면각 60도의 수직휘도 85.7%, 시야각 54도보다 더 뛰어난다. 또한 측면각이 60도가 되면 강한 side light가 나타나서 수직휘도 및 시야각을 떨어뜨린다. 배면 개구형 cone sheet는 배면 개구형 피라미드 sheet나 배면 개구형 MLA sheet보다는 집광 성능이 떨어지지만, 여전히 dual crossed prism sheet의 85~90%의 수직휘도를 유지하고 있다.

III. 자체정렬(self-aligning) 특성 분석

앞의 시뮬레이션 결과에 따르면, 배면 개구가 있는 MLA, 피라미드, cone sheet는 모두 dual crossed prism sheet 대비 80~130%의 수직 휘도와 더 확장된 시야각 특성을 나타내고 있다. 이는 기본적으로 MLA, 피라미드, cone sheet 들이 배면 개구로부터 들어오는 광을 시준(collimation)하는 특성을 갖기 때문이다. 따라서 MLA, 피라미드, cone 등 광 구조물의 개구수(numerical aperture, N.A.)가 배면 개구에서 확산되는 광을 받아들일 정도가 되면 수직휘도가 상승하게 된다. 이러한 조건은 배면 개구의 크기와 기판의 두께, 그리고 MLA, 피라미드, cone 등 광 구조물의 크기에 의하여 결정되기 때문에 이 설계 변수를 조정함으로써 적절한 수직휘도와 시야각을 확보할 수 있다.

배면개구를 형성하는 방법은 크게 나누어서 (1) 정렬방식과 (2) 자체 정렬 방식으로 나눌 수 있다. 먼저 정렬방식은 일단 상면의 광 구조물을 형성한 후에 배면에 정렬 마크를 사용하여 2차원적 정렬을 수행하여 개구 패턴을 형성하는 방법이다. 이 방법은 신뢰성 높고 확실한 제조공정이지만 정

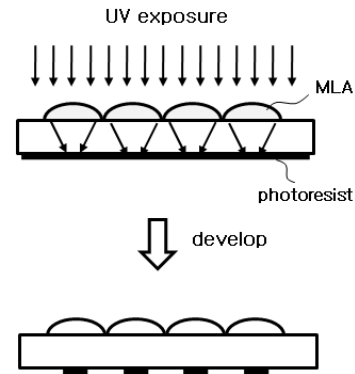


FIG. 10. Formation of apertures on the opposite side by self-aligning exposure.

렬 과정에서 상당한 정밀도와 시간이 소요되어 LCD BLU에서 필요로 하는 저가 대량 생산이 어렵다는 단점이 있다. 이에 비하여, Fig. 10에 나타난 것처럼 자체 정렬 방식은 먼저 상면에 광 구조물을 형성한 후에 다음 단계에서 배면에 반사용 분말이 포함된 photoresist를 코팅한 후에 광 구조물을 통하여 평행한 자외선을 비추어 광 구조물의 자체 집광 기능에 의하여 필요한 크기의 개구가 배면에 노출되도록 함으로써 배면 개구를 형성하는 방법이다. 또 다른 방법으로 투명한 positive photoresist를 사용하여 자체 정렬 노출을 하여 positive photoresist 개구를 형성한 후에 고 반사율을 갖는 silver paste 등을 roll 방식으로 positive photoresist 표면에 선택적으로 도포함으로써 개구를 형성할 수 있다. 이렇게 함으로써 정렬과정에 의한 시간이 불필요하고, 신속하고 정확하게 배면 개구를 형성할 수 있는 장점이 있다. 그러나 MLA, 피라미드, cone 등의 광 구조물의 집광 기능이 배면에 선명한 적정 개구를 형성할 수 있는지에 대한 사전 분석이 필요하다.

MLA, 피라미드, cone 형 광 구조물의 자체 정렬에 의한 배면 개구 형성 여부를 조사하기 위하여 Light Tools 광 설계 프로그램을 이용하여 Fig. 10에 나타난 것과 동일한 광학시스템을 구성하고 시뮬레이션을 실시하였다. Fig. 11은 피라미드 sheet에 의한 자체정렬 시뮬레이션의 조도(illuminance) 분포를 나타낸다. Fig. 11(a)는 배면에서의 평면 조도 분포를 나타내며, Fig. 11(b)는 Fig. 11(a)의 중심선을 따른 1차원적 조도 분포를 나타낸다. Fig. 11(a)에서 알 수 있는 것은 피라미드 광 구조물의 경우 45도 회전된 형태의 밝은 사각형 개구 패턴이 형성되고 이 개구 부분의 조도가 주위의 암부에 비하여 충분히 밝아서 photoresist의 노광 수준을 구별할 수 있어서 45도 회전된 형태의 자체 정렬 개구를 형성할 수 있음을 알 수 있다. 따라서 45도 회전된 배면 개구와 회전이 되지 않은 0도의 배면개구에 대해서 상호 비교 시뮬레이션을 시행한 결과 수직 휘도 및 시야각에서 차이가 거의 없음이 나타났다. 따라서 피라미드 시트는 자체 정렬을 이용하여 배면 개구 형성이 충분히 가능함을 알 수 있다.

Fig. 12는 cone sheet의 자체정렬에 의한 평면 조도 분포를 나타낸다. Fig. 13(a)는 cone sheet 배면에서의 조도 분포를

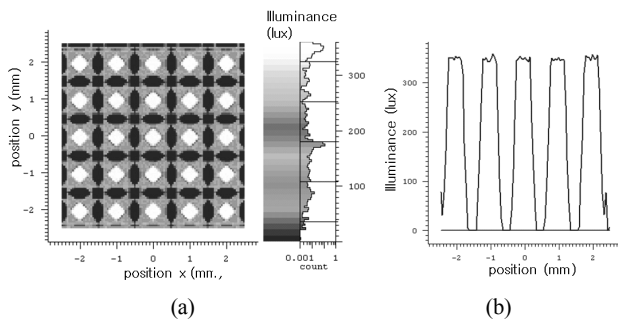


FIG. 11. (a) The illuminance of the pyramid sheet by self-aligning exposure simulation, (b) one-dimensional illuminance profile along the central line.

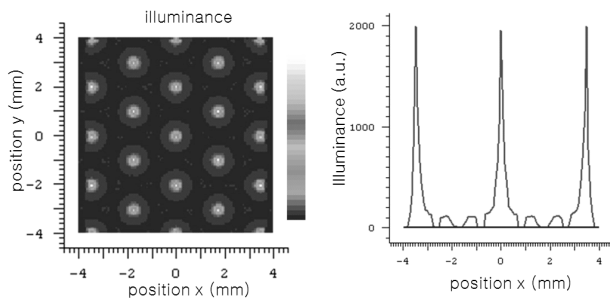


FIG. 12. (a) The illuminance of the cone sheet by self-aligning exposure simulation, (b) one-dimensional illuminance profile along the central line.

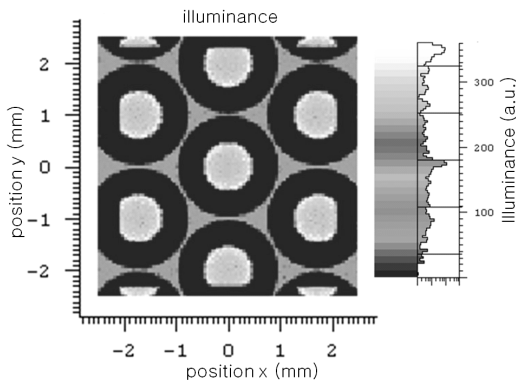


FIG. 13. The illuminance of the MLA sheet by self-aligning exposure simulation.

나타내고, Fig. 12(b)는 Fig. 13(a)의 중심선을 따른 1차원 조도 분포 곡선을 나타낸다. Fig. 12에 의하면 cone sheet에 의한 자체 정렬을 수행하면 배면에 원형 개구를 형성할 수 있는 cone의 중심 영역에 일정하고 안정된 형태의 조도 분포가 나타나지 않는다. 따라서 자체정렬에 의해서 배면에 증착된 photoresist 층에 안정된 원형의 노광 패턴을 만들기 어렵기 때문에 cone sheet는 자체 정렬에 의한 배면 개구의 형성에는 적합하지 않음을 알 수 있다.

Fig. 13은 MLA sheet에 의한 자체정렬 시뮬레이션 결과 나타난 평면 조도 분포를 보여준다. MLA는 중심 영역에서

균일한 조도의 원형 개구를 선명하게 형성하기 때문에 배면에 증착된 photoresist 층에 원형개구의 자체 정렬 노광을 하기에 적절함을 알 수 있다. 또한 MLA sheet는 피라미드 sheet나 cone sheet보다 더 우수한 자체 정렬 특성을 나타내며, MLA의 높이를 조절하여 초점을 변화시킴으로써 배면 개구의 크기 조절도 용이하므로 자체 정렬에 의한 배면 개구의 형성에 있어서 가장 적합함을 알 수 있다.

IV. 결과 및 토의

본 연구에서는 측면 조명형 LCD BLU에서 활용되는 고가의 dual crossed prism sheet를 대체할 수 있는 배면 개구를 갖는 일체형 집광시트에 대해서 각휘도 특성, 수직휘도, 시야각, 그리고 자체 정렬 특성을 조사하였다. 시뮬레이션을 통하여 배면 개구를 갖는 MLA, 피라미드, cone 형의 광구조물 배열을 상면에 설치한 집광시트는 dual crossed prism sheet의 80~130%의 수직 휘도와 50~63도의 시야각 특성을 가짐을 알 수 있었다. 또한 배면 개구형 집광시트는 dual crossed prism sheet에서 강하게 나타나는 side light가 무시할 정도로 작게 나타났다. 이런 결과들을 종합할 때 배면 개구형 MLA, 피라미드, cone sheet는 dual crossed prism sheet와 대등하거나 더 우수한 집광성능을 가짐을 알 수 있다.

배면 개구의 제작에 있어서 정렬의 필요성이 없이 간단한 공정으로 제작할 수 있는 자체 정렬 기능에 대해서 MLA, 피라미드, cone sheet에 대해서 조사하였으며, 자체정렬 배면 개구 형성은 MLA가 가장 우수하였고, 다음으로 피라미드 구조였으며, cone 광 구조물은 자체정렬에 의한 배면 개구에 적합하지 않음이 나타났다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 지역혁신센터 (첨단디스플레이제조 공정 및 장비연구센터) 지원으로 수행되었음.

References

1. S. Kobayashi, S. Mikoshiba, and S. Lim, *LCD Backlight* (John Wiley & Sons Inc., California, USA, 2009).
2. P. Nussbaumyx, R. Volkely, H. P. Herzigy, M. Eisnerz, and S. Haselbeckz, "Design, fabrication and testing of microlens arrays for sensors and microsystems," *Pure Appl. Opt.* **6**, 617-636 (1997).
3. C.-T. Chen, C.-L. Chiu, and J.-B. Horng, "Design and fabrication of microlens by micro fluidic deposition method," *Proc. SPIE* **5523**, 323-329 (2004).
4. S. H. Kim and H. H. Ko, "Simulation study on the dependence of properties of optical films on the microlenses for backlight applications," in *Proc. OSK Summer Meeting* (Phoenixpark Hotel, Korea, Jul. 2008), pp. 451-452.
5. G. Park, J. H. Yi, J. H. Kwon, J. H. Park, S. H. Kim, B.

- K. Kim, and J. K. Shin, "Comparitive study of the LCD backlight poptical sheets," in *Proc. OSK Annual Meeting* (University of Seoul, Korea, Feb. 2009), pp. 545-546.
6. M.-C. Choua, C. T. Panb, S. C. Shenc, M.-F. Chen, K. L. Lina, and S.-T. Wu, "A novel method to fabricate gapless hexagonal micro-lens array," *Sensors and Actuators A* **118**, 298-306 (2005).
 7. M. He, X. Yuan, N. Q. Ngo, W. C. Cheong, and J. Bu, "Reflow technique for the fabrication of an elliptical micro-lens array in sol-gel material," *Appl. Opt.* **42**, 7174-7178 (2003).
 8. F. T. O'Neill and J. T. Sheridan, "Photoresist reflow method of microlens production part I: background and experim-
ents," *Optic* **113**, 391-404 (2002).
 9. Y. H. Ju, J.-H. Park, J. H. Lee, J.-Y. Lee, K.-B. Nahm, and J.-H. Ko, "Study on the simulation model for the optimization of optical structures of edge-lit backlight for LCD applications," *Hankook Kwanghak Hoeji (Korean J. Opt. Photon.)* **12**, 25-30 (2008).
 10. K. Kitamura, K. Okada, N. Fujita, Y. Nagasaka, M. Ueda, Y. Sekimoto, and Y. Kurata, "Fabrication method of double-microlens array using self-alignment technology," *Jpn. J. of Appl. Phys.* **43**, 5840-5844 (2004).
 11. S.-I. Chang, J.-B. Yoon, H. Kim, J.-J. Kim, B.-K. Lee, and D. H. Shin, "Microlens array diffuser for a light-emitting diode backlight system," *Opt. Lett.* **31**, 3016-3019 (2006).