

# TFT- LCD용 휘도 성능을 향상시키는 나노 와이어 그리드 편광 필름의 제작

허종욱,<sup>†</sup> 남수용

<sup>†</sup>미래나노텍(주), 부경대학교 공과대학 인쇄정보공학과

(2011년 10월 4일 접수, 2011년 11월 7일 최종 수정본 접수, 2011년 11월 18일 게재 확정)

## Fabrication of a Nano-Wire Grid Polarizer for Brightness Enhancement in TFT-LCD Display

*Jong-Wook Huh,<sup>†</sup> Su-Yong Nam*

<sup>†</sup>Miraenanotech. Co., Ltd.,

Dept. of Graphic Arts Information Engineering, Pukyong National University

(Accepted on October 4, 2011, Requisitioned last revision on November 7, 2011,

Publication decision on November 18, 2011)

### Abstract

TFT-LCD consists of LCD panel on the top, circuit unit on the side and BLU on the bottom. The recent development issues of BLU-dependent TFT-LCD have been power consumption minimization, slimmerization and size maximization. As a result of this trend, LED is adopted as BLU instead of CCFL to increase brightness and to reduce thickness.

In liquid crystal displays, the light efficiency is below 10% due to the loss of light in the path from a light source to an LCD panel and presence of absorptive polarizer. This low efficiency results in low brightness and high power consumption. One way to circumvent this situation is to use a reflective polarizer between backlight units and LCD panels.

Since a nano-wire grid polarizer has been known as a reflective polarizer, an idea was proposed that it can be used for the enhancement of the brightness of LCD.

The use of reflective polarizing film is increasing as edge type LED TV and 3D TV markets are growing.

This study has been carried out to fabrication of the nano-wire grid polarizer(NWGP) and investigated the brightness enhancement of LCD through polarization recycling by placing a NWGP between an c and a backlight unit.

NWGP with a pitch of 200nm were fabricated using laser interference lithography and aluminum sputtering and wet etching. And The NWGP fabrication process was using by the UV imprinting and was applied to plastic PET film.

In this case, the brightness of an LCD with NWGPs was 1.21 times higher than that without NWGPs due to polarization recycling.

Key-word: TFT-LCD display, LCD panel, nano-wire grid polarizer(NWGP), brightness enhancement.

## 1. 서 론

나노 임프린팅 기술의 발전으로 LCD의 콘트라스트를 향상시킬 수 있는 나노 크기의 편광판이 개발되고 있다. 나노 임프린팅 기술을 응용한 다양한 NWGP(Nano Wire Grid Polarizer)에 대한 연구가 진행되고 있다.<sup>1-4)</sup>

와이어 그리드 편광판은 일정 주기로 상호 이격되어 있으며, 하부의 폭이 상부의 폭보다 큰 형상으로 이루어진 복수개의 미세 구조물들을 기판상부에 형성하여, 가시광 대역에서 광 특성을 우수하게 할 수 있는 와이어 그리드 편광판 상호 이격되어 어레이된 금속 와이어는 전자기파의 편광을 선택적으로 투과시키거나 반사시킨다.

즉, 입사되는 전자기파의 파장보다 금속 와이어 배열의 주기가 짧은 경우, 금속 와이어와 평행한 편광 성분(S파)은 반사되고 수직인 편광 성분(P파)은 투과된다. 이 현상을 이용하여 편광 효율이 우수하고, 투과율이 높으며, 시야각이 넓은 평판 편광자(planar polarizer)를 제조할 수 있는데, 이러한 소자를 와이어 그리드 편광자라고 한다.

입사되는 광의 파장보다 금속와이어 배열의 주기(T)가 짧을 경우, 상기 와이어 그리드 편광판으로 입사되는 광은 편 성분(에 따라 반사 및 투과한다. 즉, 상기 금속 와이어와 평행한 편광 성분인 'S파'는 반사되고, 수직인 편광 성분인 'P파'는 투과된다.

Figure 1과 같이 BLU에서 나오는 빛 중에  $T_p+T_s=T_1$ 는 금속 와이어 그리드에 투과되고,  $R_s+R_p=R_1$ 는 반사된다. 여기서 반사된  $R_1$ 은 각종 필름을 통과하고 반사판에 의해 반사되어 P 편광파와 S 편광파로 변환되어 전면으로 나오게 되며 recycling된 빛은 상

기의 현상을 무한히 반복하게 된다.

$$BE=T_1+T_2+T_3+\dots\dots$$

$$=T+0.5RT+(0.5RT)^2\dots\dots T: \text{Transmittance of P-pol}$$

$$=T+ 0.5RT/(1-0.5R) R: \text{Reflectance of S-pol}$$

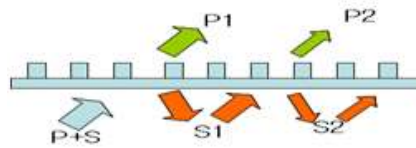


Figure 1. Schematic of polarization recycling principle using NWGP.

그리고 일반적인 선편광판(linear polarizer)과는 달리 금속 와이어 그리드 편광은 금속을 사용하므로 빛을 반사하는 효율이 매우 높으므로 반사된 빛을 재반사 시킬 수 있다. 이 빛을 재활용하여 모든 빛을 하나의 편광으로 만들 수 있다. 이런 원리로 만들어진 금속와이어 그리드 편광 필름을 LCD의 backlight 부분에 적용하면 빛의 투과 효율을 증가시킬 수 있고, 이론적으로 90%이상의 휘도 향상이 가능하다(실제는 recycle 될 때 반사판 등에 의해 일부 loss 발생한다).

Figure 2에서 LCD에 실제 적용된 금속 와이어 그리드 편광 휘도향상 필름의 적용 위치와 빛의 재활용 개념을 도식화하였다.

일반적으로 LCD의 광원으로 부터의 빛이 편광판을 통과 시 한쪽 편광(P파)만 투과하고 반대 편광(S파)이 흡수되어 휘도가 떨어진다.

휘도향상 필름은 Figure 2와 같이 LCD Panel과 BLU(Back Light Unit) 사이에 위치하여 한쪽 편광(P파)은 투과시키고 반대 편광(S파)은 반사시켜 P 편광으로 전환시켜 재활용함으로써 P 편광만을 편광판에 공급하여 휘도를 향상시킨다.<sup>5-6)</sup>

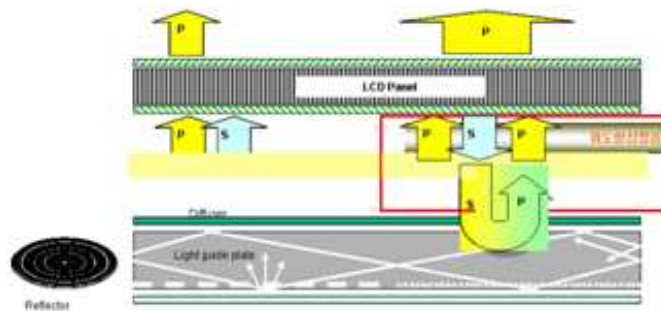


Figure 2. Schematic of brightness enhancement principle using NWGP.

본 연구에서 제안하는 NWGP의 제조 방법은 Figure 3과 같이 Line/space 구조의 그레이팅 패턴의 나노몰드를 이용하여 UV 경화형 수지층으로 임프린팅한, 경화, 박리 시킨 뒤, 그 위에 알루미늄 등 반사 성능이 우수한 Al 등 메탈층을 스퍼터링으로 올린 뒤 습식 에칭을 통해 메탈 그레이팅 구조를 확보하고, 투명한 금속(SiO<sub>2</sub>)의 표면 보호층을 제공하는 것으로 해서 메탈 나노 와이어의 필름 제조가 완료된다.

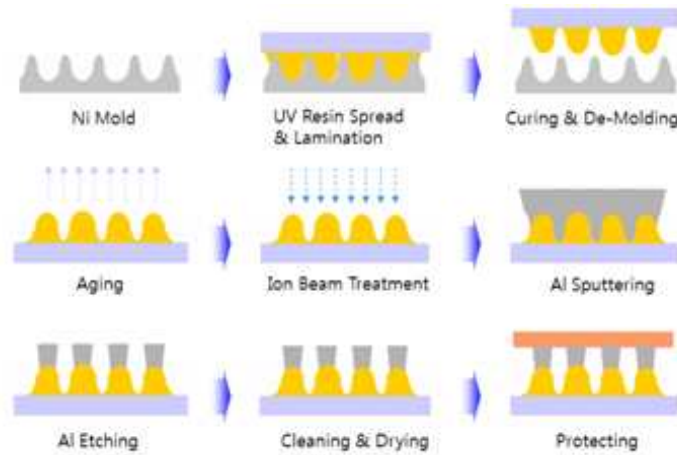


Figure 3. Schematic illustration of NWGP processing.

## 2. 실험

### 2-1. 메탈 나노 와이어 그리드 편광 필름의 제작

NWGP의 제작 공정은 Figure 4와 같이 기재(substrate)는, 250 $\mu$ m 두께의 PET 필름위에 UV 경화형 아크릴레이트 수지를 200nm 그레이팅 구조의 몰드를 사용하여 임프린팅으로 UV 경화형 수지를 코팅하여 UV 경화시켜 폴리머 패턴층을 형성한 뒤, 그 위에 스퍼터링으로 알루미늄층을 올린 후, 습식 에칭으로 선택적으로 알루미늄을 제거시킨 후, 수세, 건조 과정을 통과한 뒤, 메탈 그레이팅 구조의 나노 와이어 그리드 형태의 필름을 얻게 된다. 또한 표면의 내구성 등을 보강하기 위해 표면층을 투명한 SiO<sub>2</sub> 박막층을 스퍼터링에 의해 올리면 메탈 나노 와이어 그리드 편광 필름이 얻어진다. 이때 200nm 그레이팅 구조의 몰드는 laser interference lithography법으로 제작되었으며, 크기는 730mm x 450mm이었다.

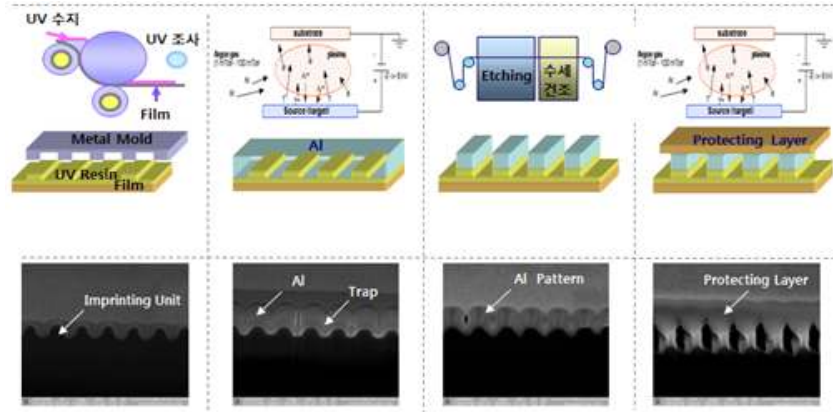


Figure 4. Schematics of fabrication process of metal nano-wire grid polarizer.

### 2-1-1. NWGP의 구조

나노 와이어의 그리드의 구조는 Figure 5와 같이 line/space grating 형태로서 피치 (pitch) 200nm, Al의 높이(height) 112nm, 폭(width) 70nm으로 설계 하였으며, 실제 나노 와이어 그리드의 구조는 laser interference lithography 기술의 특성에 따라 Figure 6 과 같이 사인파의 형태를 띠고 있으며, 메탈 와이어 그리드를 제작했을 때, 메탈의 폭은 71nm, 높이가 112nm, 피치는 200nm이었다.

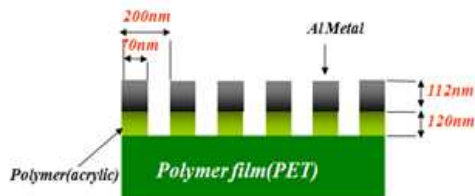


Figure 5. A schematic Structure of NWGP.

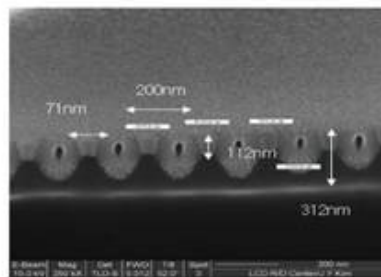


Figure 6. Measured Cross-sectional FIB SEM photograph of NWGP. The grating has a pitch 200nm, width 71nm and height 112nm of aluminum wire grid polarizer.

## 2-2. 측정

### 2-1-1. 휘도와 시야각의 측정

휘도는 아래 Figure 7과 같이 루미시스의 luminance colorimeter BM 7A(model no.; LS-42SRT)를 사용하여 측정하였다.

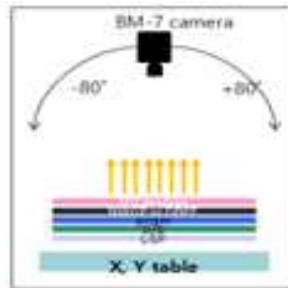


Figure 7. A schematic photograph of BM-7A; measuring instrument of luminance on BLU.

### 2-1-2. NWGP 필름의 색좌표(color coordinate), 휘도, 반치각의 측정

NWGP 필름의 색좌표의 측정을 위해 BLU 시트 구성을 ESR(반사 필름)+RTDC(확산 필름)+cross BEF(3M)+NWGP와 ESR(반사 필름)+RTDC(확산 필름)+cross BEF(3M)+DBEF(3M)으로 하였고, 테스트 모듈은 mobile 3.5"(전압은 12.3 V, 전류는 2.01A, 삼성 전자)를 사용하였다

### 2-1-3. NWGP 필름의 휘도 향상율의 측정

NWGP 필름의 휘도 향상율의 측정을 위해 17인치 모듈(190M2-131, SEC 제공)을 사용했으며 BLU의 전압은 12.3 V, 전류는 2.01A 이었다. 필름 구성은 DS(SD443; 신화인 터텍)+Prism(BEF; 3M), DS+Prism+NWGP 적층 구조로 하여 비교 분석하였다.

## 3. 결론

### 3-1. 메탈 나노 와이어의 Line/Space 그레이팅 구조의 해석

메탈 나노 와이어 그레이팅의 구조물에 있어서 무편광 빛이 메탈 나노 와이어 그리드에 입사할 때, 메탈 와이어 그리드에 평행한 S 편광(S-polarization)은 반사되고, 수직인 P 편광(P-polarization)은 투과하게 되는 것은 물리적 현상으로 오래 전부터 알려져 왔으며, 이를 이용한 제품은 프로젝션용 beam splitter 등이 있다.

실제 LCD BLU용 반사형 편광 필름으로 나노 와이어 그리드 편광 필름의 제조에 있어서 격자 구조 즉, Line/Space의 피치, Fill factor, 메탈층의 높이 등에 따른 광 특성에 미치는 영향, 임프린팅용으로 사용하는 레진의 굴절율 등에 의한 광 특성의 변화를 확인하는 것은 대단히 중요하다.

본 연구에 있어서는 가장 핵심적인 기술인 나노 와이어 그리드의 마스트 제조에 있어서 현재의 기술로서 LCD BLU용으로 사용 가능한 17인치급 이상의 대면적의 그레이팅은 최대로 구현 가능한 피치 200nm의 그레이팅 구조에서 검토하는 것이 의미가 크다고 할 수 있다.

G-solver 이용한 시뮬레이션(simulation)을 통하여 알루미늄의 폭, 높이에 따른 최대의 P 편광 투과(400nm 파장 영역) 조건을 찾아보고, 또한 UV 임프린팅으로 형성시킨 레진(resin)층의 굴절율에 따른 최적의 P 편광 투과조건을 알아보았다. 또한 메탈 나노 와이어의 표면 강도를 올리기 위해 표면에 SiO<sub>2</sub>을 코팅했을 때, P파 편광(P-wave) 투과에 어떠한 영향을 미치는가에 대해 조사를 G-solver tool을 사용하여 시뮬레이션하였다.

시뮬레이션 조건은 Figure 9와 같이, 그레이팅의 피치는 200nm, 기재는 PET 필름(R.I 1.57)을 기준으로 하였다.

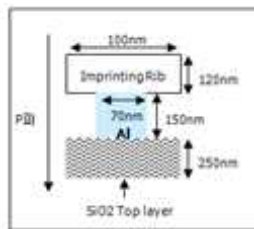


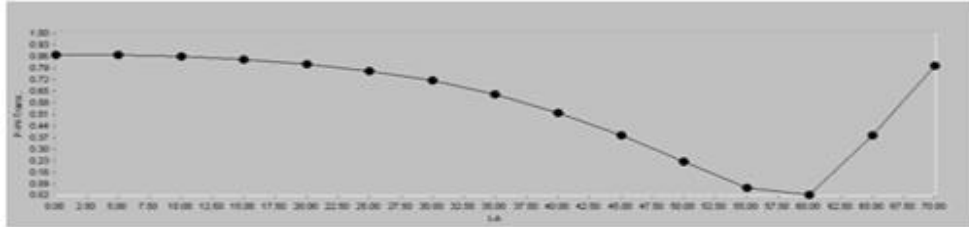
Figure 8. Condition of simulation for G-solver.

### 3-1-1. 메탈 나노 와이어 그리드의 구조에서 알루미늄의 폭, 높이의 최적 조건

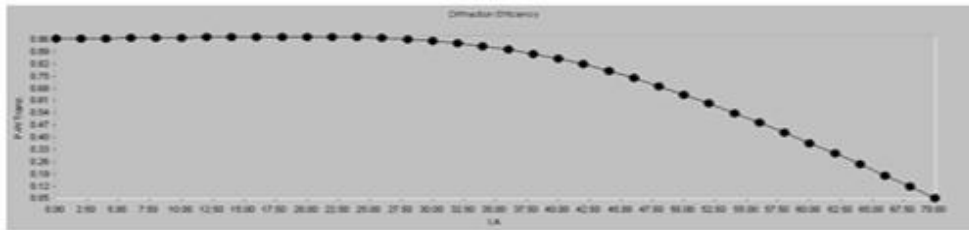
알루미늄의 높이를 150nm 기준으로 하여 시뮬레이션한 결과, Figure 9와 같이 400nm 파장 영역에서 알루미늄 폭이 80nm, 100nm보다 60nm, 40nm일 경우가 P 편광의 투과율이 약 96% 수준으로 가장 높게 나왔으나, 입사각 30도 이상이 되면 투과율이 급격하게 떨어지는 결과를 나타냈다.

알루미늄의 폭을 60nm으로 고정하고, 알루미늄의 높이를 40nm, 50nm, 60nm, 70~80nm, 100~120nm, 150~170nm, 200nm, 220nm, 240nm으로 변화를 주었을 때, 400nm 파장의 P파 투과율이 가장 우수한 알루미늄층의 높이는 Figure 10과 같이 40nm~60nm 영역과 200nm~240nm의 두 영역으로 나타났다. 그러나 후자의 경우, aspect ratio가 높아져서 실제 공정상에 구현에 있어서 어려움이 예상되고, 전자의 경우에는 상대적으로

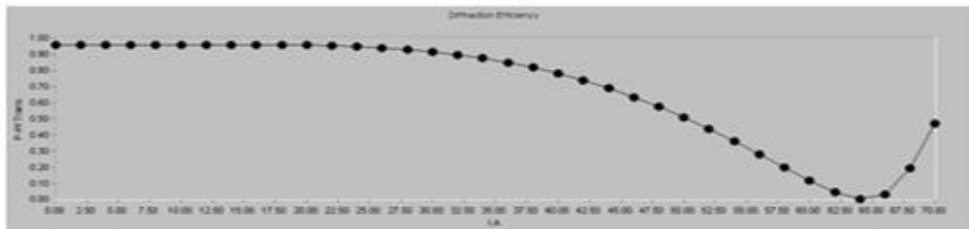
aspect ratio가 낮아서 제작이 용이할 것으로 예상된다.



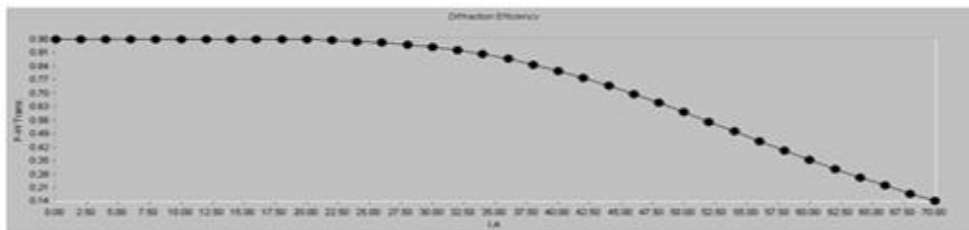
(a)



(b)



(c)

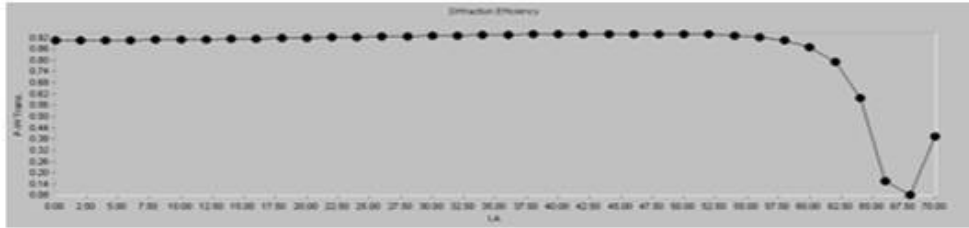


(d)

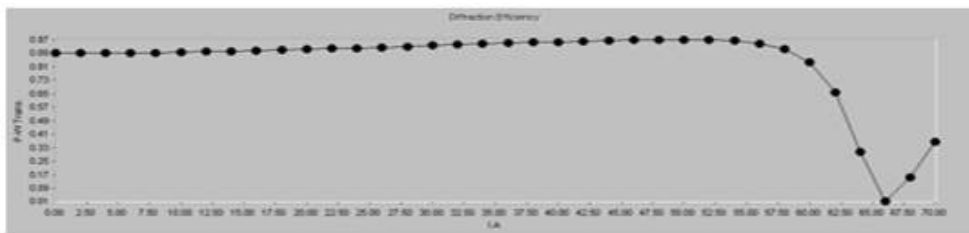
Figure 9. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch and Al 150nm height NWGP on the incident angle simulated as a function of various Al width; (a) 100nm, (b) 80nm, (c) 60nm, (d) 40nm at 400nm wavelength.



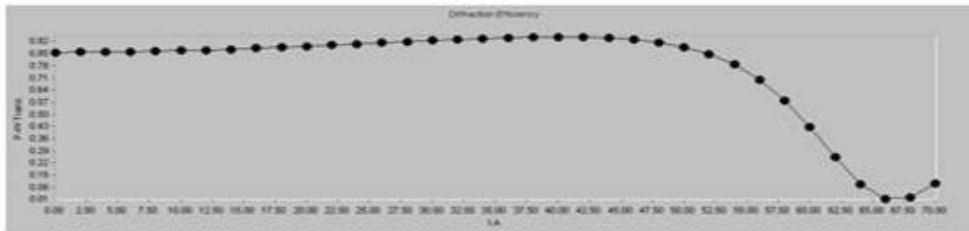
TFT- LCD용 휘도 성능을 향상시키는 나노 와이어 어 그리드 편광 필름의 제작



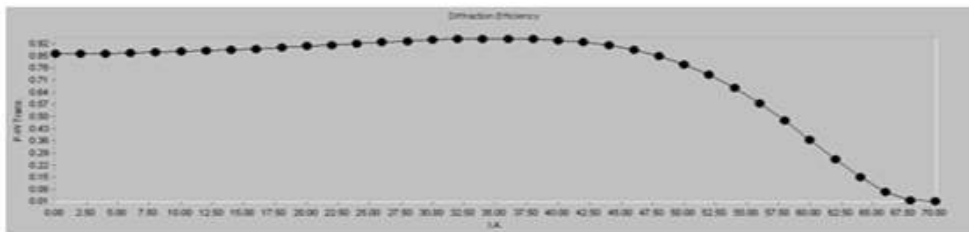
(a)



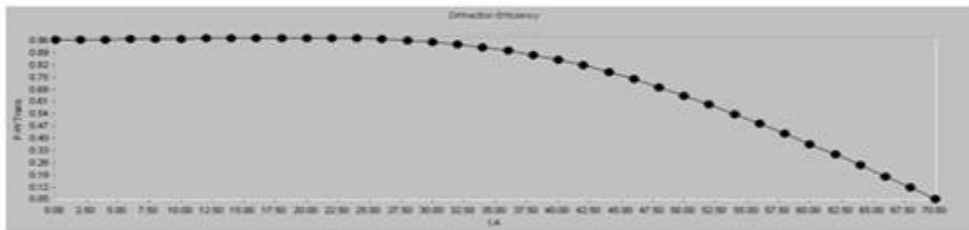
(b)



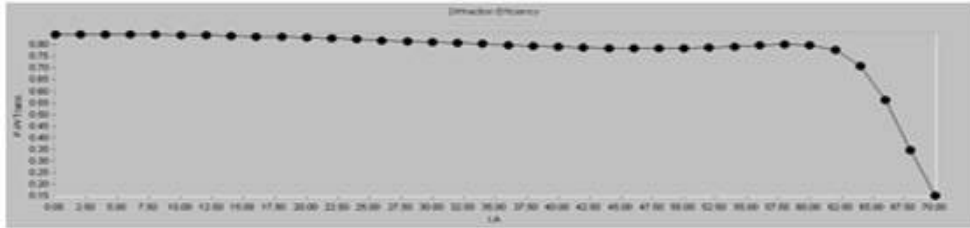
(c)



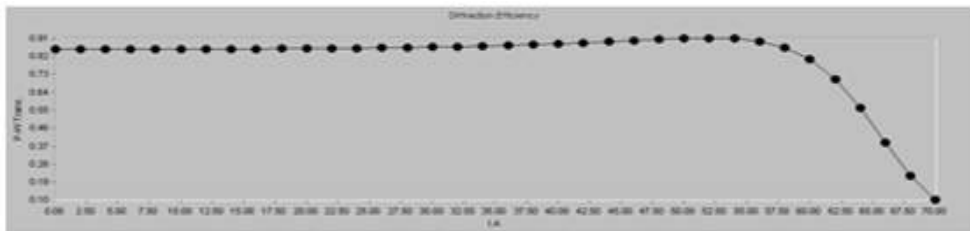
(d)



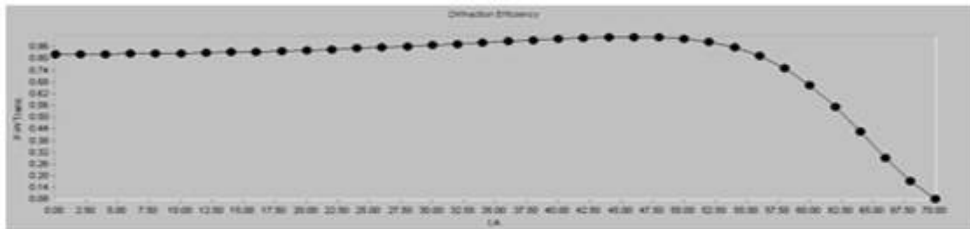
(e)



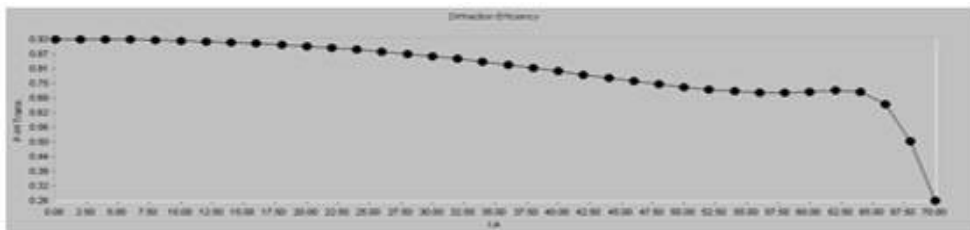
(f)



(g)



(h)

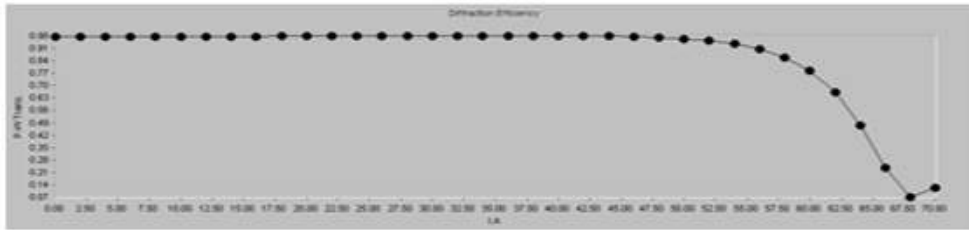


(i)

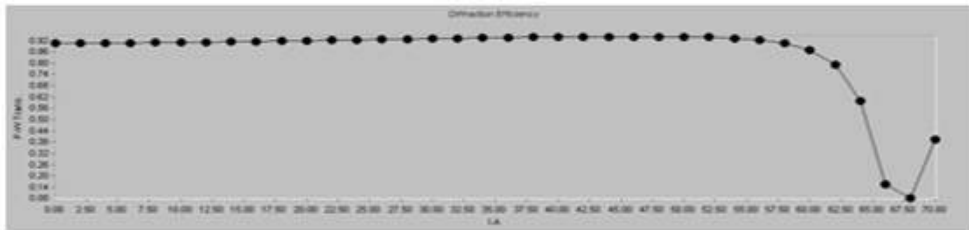
Figure 10. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch NWGP which has Al 60nm width, on the incident angle simulated as a function of various Al height; (a) 40nm, (b) 50nm, (c) 60nm, (d) 70~80nm, (e) 100~120nm, (f) 150~170nm, (g) 200nm, (h) 220nm, (i) 240nm at 400nm wavelength.

알루미늄의 높이를 40~60nm으로 고정하고, 알루미늄의 폭을 40nm에서 100nm으로

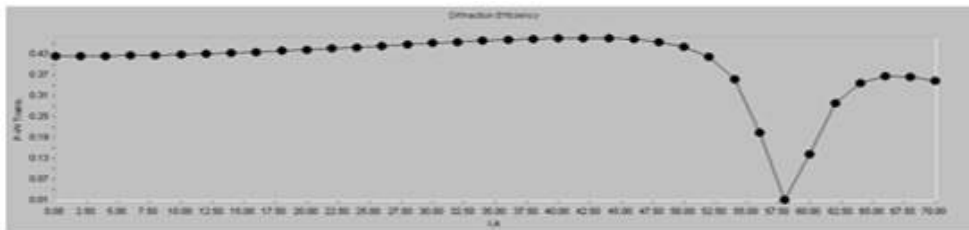
달리했을 때, Figure 11과 같이 시뮬레이션 결과는 알루미늄의 폭이 60nm, 80nm, 100nm에 비해 40nm에서 P 편광 투과율(400nm 파장)이 가장 높게 나타났다.



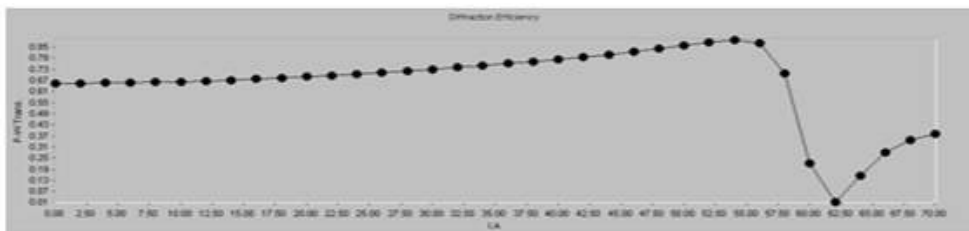
(a)



(b)



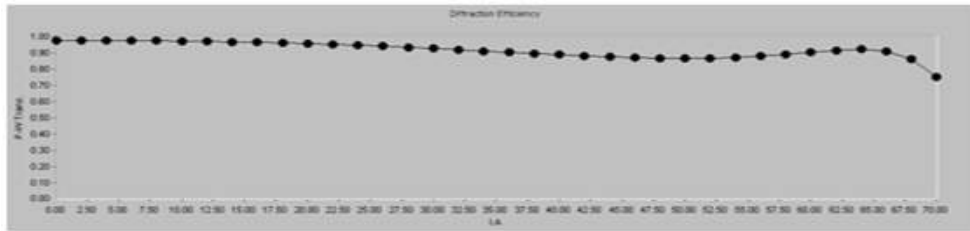
(c)



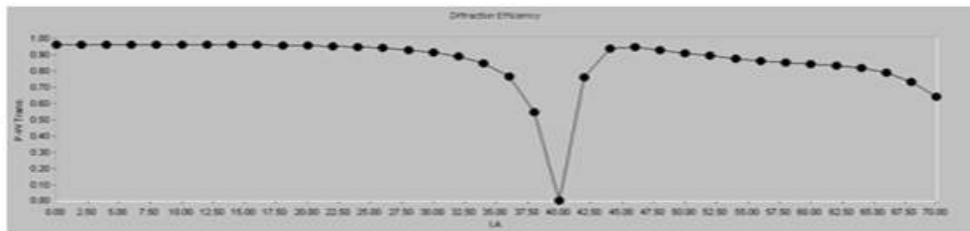
(d)

Figure 11. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch NWGP which has Al 40nm~60nm width, on the incident angle simulated as a function of various Al width; (a) 40nm, (b) 60nm, (c) 80nm, (d) 100nm at 400nm wavelength.

알루미늄의 높이를 220nm, 폭 40nm 의 경우와 알루미늄의 높이 50nm, 폭 40nm의 두 경우와 여기에 각각 SiO<sub>2</sub> 표면 보호층을 올렸을 때, P 편광의 투과율을 시뮬레이션해본 결과, Figure 12, 13과 같이 표면 보호층이 없는 경우는 모두 우수한 투과율을 나타냈지만, SiO<sub>2</sub> 표면 보호층을 250nm 올렸을 때는 입사각 35~45도 구간에서 P 편광이 현저하게 떨어지는 현상이 나타났다. 이는 실제 NWGP를 제작했을 때 단파장 영역에서 나타나는 yellowing 현상과 관련이 있을 것으로 예상된다. 나노 와이어의 피치가 150nm 이고, 알루미늄의 높이 220nm, 폭 40nm으로 고정하여, 250nm SiO<sub>2</sub> 처리 유무에 따른 P 편광의 투과율을 시뮬레이션 한 결과, Figure 14와 같이 200nm 피치에서 발생하는 특정 입사 각도에서 현저히 투과율이 줄어드는 현상이 발견되지 않았다.

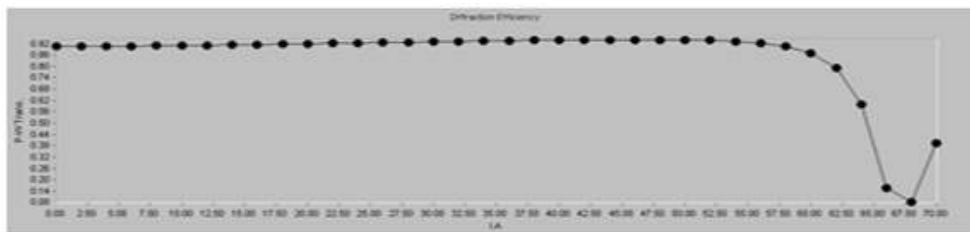


(a)

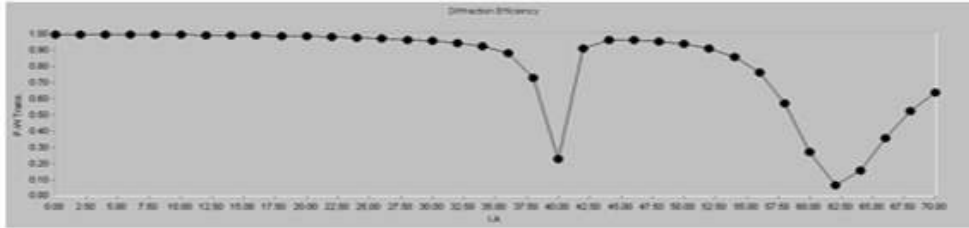


(b)

Figure 12. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch NWGP which has Al 220nm height and 40nm width, on the incident angle simulated (a) without 250nm SiO<sub>2</sub>, (b)with 250nm SiO<sub>2</sub> at 400nm wavelength.



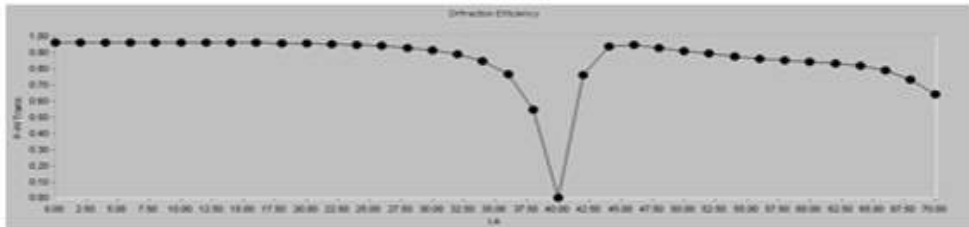
(a)



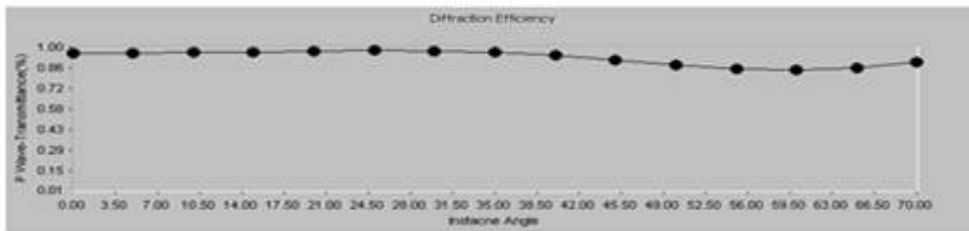
(b)

Figure 13. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch NWGP which has Al 50nm height and 40nm width, on the incident angle simulated (a) without 250nm SiO<sub>2</sub>, (b) with 250nm SiO<sub>2</sub> at 400nm wavelength.

이것은 메탈 나노 와이어의 피치가 150nm으로 작아질수록 400nm 파장 영역에서 40도 입사각도에서 P 편광의 투과율의 저하가 없으므로 안정적인 NWGP의 물성의 확보가 가능함을 시사한다.



(a)

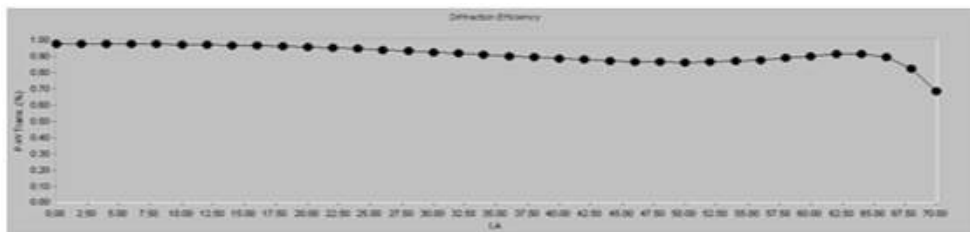


(b)

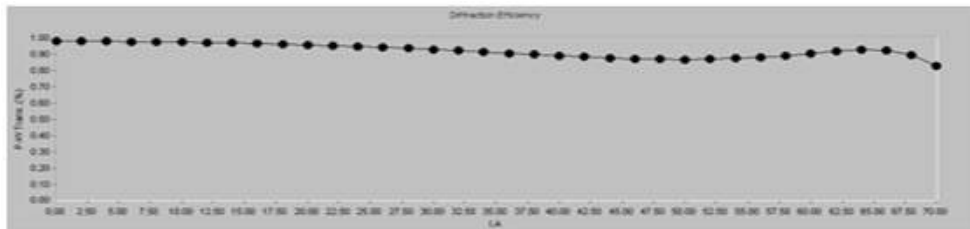
Figure 14 The dependence of the P-wave Transmittance of (a) the 200nm pitch NWGP which has Al 220nm height and 40nm width and (b) 150nm pitch NWGP which has Al 220nm height and 40nm width, on the incident angle simulated with 250nm SiO<sub>2</sub> top layer at 400nm wavelength.

### 3-1-2. UV 임프린팅 층인 레진(resin)의 굴절율에 따른 최적의 P 편광 투과 조건 시뮬레이션

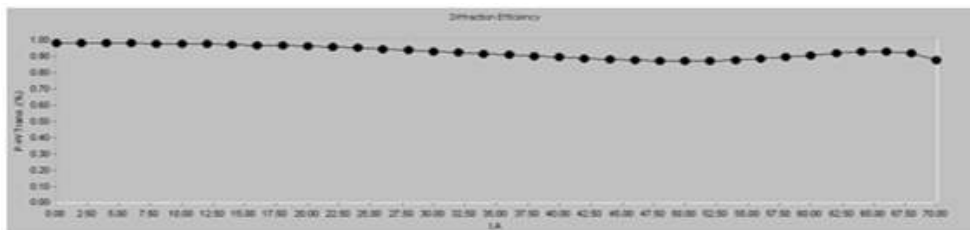
메탈 나노 와이어의 구조에 있어서 메탈의 지지층인 임프린팅 수지의 굴절율과 P 편광의 투과율에 어떤 영향을 미치는가에 대한 시뮬레이션 결과는 Figure 15, 16과 같이 나노 와이어의 피치가 200nm 이고, 알루미늄의 높이 220nm, 폭 40nm 경우 및 알루미늄의 높이 40nm, 폭 40nm의 두 경우 모두 임프린팅 수지의 굴절율이 1.53, 1.47보다 1.43의 낮은 경우가 P 편광의 투과율이 대략 1% 정도 높게 나왔다.



(a)

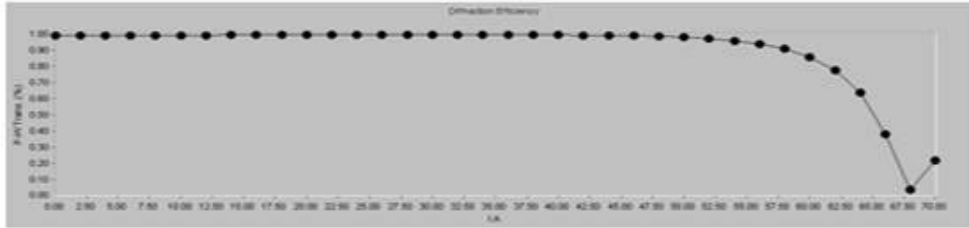


(b)

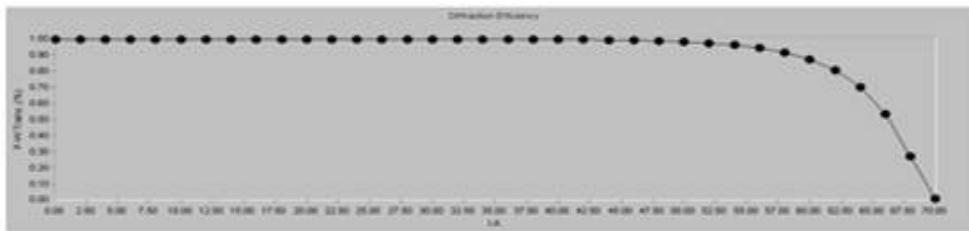


(c)

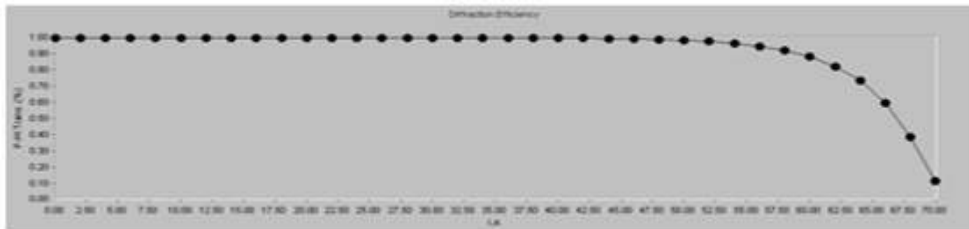
Figure 15. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch NWGP which has Al 220nm height and 40nm width, on the incident angle simulated as a function of Refractive Index(R.I) (a) 1.53, (b) 1.47, (c) 1.43 at 400nm wavelength.



(a)



(b)



(c)

Figure 16. The dependence of the P-wave Transmittance of the 200nm pitch NWGP which has Al 40nm height and 40nm width, on the incident angle simulated as a function of Refractive Index(R.I) (a) 1.53, (b) 1.47, (c) 1.43 at 400nm wavelength.

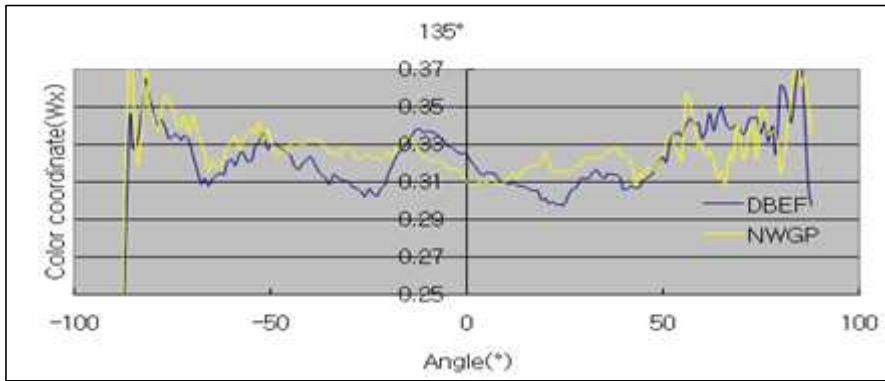
### 3-2. NWGP의 광학 특성 평가

NWGP의 광학 특성 평가는 LCD BLU용으로 사용할 때 고려되어야 하는 중요한 광학적 특성으로 색좌표, 휘도, 반치각, 반사형 편광 필름으로서의 휘도 상승률 등을 기존의 상용 제품인 DBEF와 비교 분석하였다.

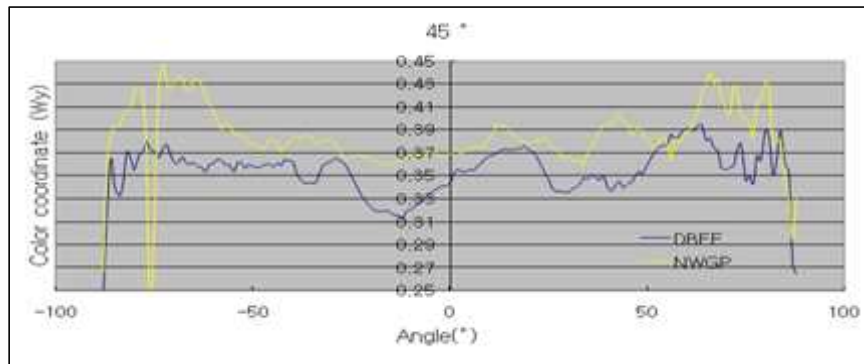
#### 3-2-1. NWGP 필름의 색좌표 평가

반사형 편광 필름인 NWGP와 DBEF의 각각의 색좌표를 측정해본 결과, 정면 기준  $W_x$  0.3100,  $W_y$  0.3691이고, DBEF는  $W_x$  0.3247,  $W_y$  0.3445로 나타났으며, DBEF와 비교시  $W_y$ 값이 NWGP가 +0.0157 높게 나타났다. Figure 17과 같이 측정 위치가 입사각

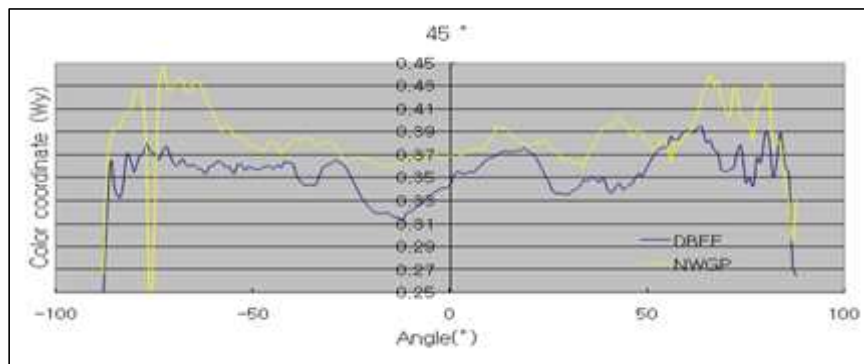
45도에 비해서 135도에서 측정 한 값에서 색좌표의 차이가 크게 나타나는데, 이것이 육안으로 관찰되는 yellowing 현상과 일치되는 것으로 생각된다.



(a)

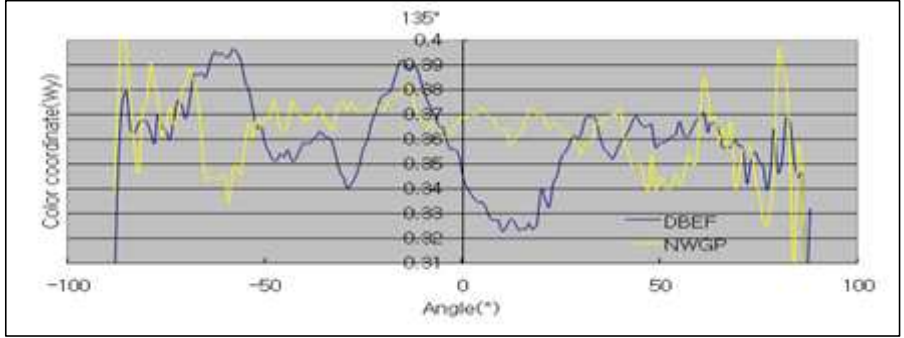


(b)



(c)





(d)

Figure 17. The comparison of color coordinate between NWGP and DBEF on (a) Wx at measuring angle 45 degree, (b) Wx at measuring angle 130 degree, (c) Wy at measuring angle 45 degree, (d) Wy at measuring angle 130 degree.

3-2-2. NWGP 필름의 휘도 및 반치각(FWHM)의 평가

NWGP 필름의 정면 휘도(on-axis luminance)를 비교해 보면 Figure 18과 같이 DS+Prism은 423cd/cm<sup>2</sup>, DS+Prism+NWGP는 521cd/cm<sup>2</sup>, DS+Prism+DBEF 구조는 625cd/cm<sup>2</sup>으로 나타났다.

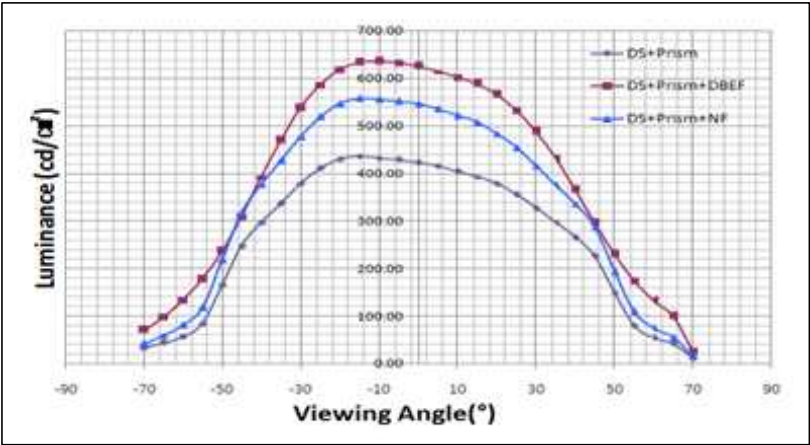


Figure 18. The comparison of angular distribution of the luminance between DS+prism and DS+prism+NWGP, DS+prism+DBEF film combination.

또한 반치각(FWHM)을 Table 1과 같은 필름 구성으로 하여 측정해 본 결과, Figure 19와 같이 DS+prism 필름 적층 구조에서 수평 방향에서 -47~+46도, 수직 방향에서는

-52~+51을 나타냈고, DS+Prism+NWGP 적층 구조에서 반치각의 값은 수평 방향에서 -47~+46도, 수직 방향에서는 -52~+51도를 나타냈고, DS+Prism+DBEF 적층 구조에서 수평 방향에서 -45~+44도, 수직 방향에서는 -53~+52도를 나타내었다. 이는 필름 구성에 따른 차이가 약 1~2도 정도에 불과한 것으로 NWGP, DBEF 필름이 모두 반사형 편광 필름이란 특성에 기인한 것이다.

Table. 1 FWHM on the each Configuration of Optical Films(DS Indicate Diffuser Film).

Configuration	DS+Prism	DS+Prism+DBEF	DS+Prism+NWGP
FWHM(Horizontal)(°)	-47 ~ +46	-45 ~ +44	-47 ~ +46
FWHM(Vertical)(°)	-52 ~ +51	-53 ~ +52	-52 ~ +51

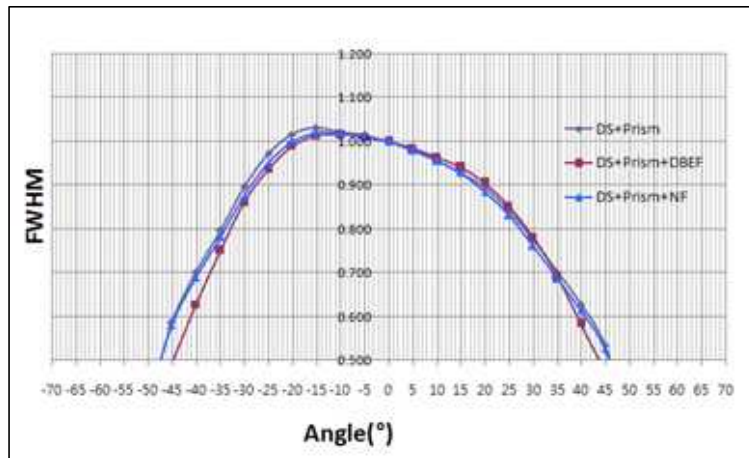


Figure 19. The comparison of FWHM between DS+prism and DS+prism+NWGP, DS+prism+DBEF film combination.

### 3-2-3. 17인치 NWGP 필름의 휘도 상승률 평가

NWGP 필름의 휘도 상승률의 평가는 17인치 모듈을 사용했으며, 휘도 측정의 결과는 Table 2와 같이 휘도 상승률 Gain 값은 DS + Prism 구조의 정면 9 포인트의 평균 휘도 값 360.2cd/cm<sup>2</sup>에 비해 NWGP의 정면 평균 휘도의 값은 437.0cd/cm<sup>2</sup>으로 1.21배 수준의 휘도향상을 가져왔으며, 평균 색좌표는 Wx 0.3128, Wy 0.3334로 모두 상용 가능 수준인 DBEF 대비 +0.005 이내의 값을 얻을 수 있었다.

Table 2. Measured Luminance and Color Coordinate Wx, Wy of the NWGP and DBEF compared to DS+Prism Film Configuration in 17inch LCD Module

	Wx	Wy	Luminance	Wx	Wy	Luminance	Wx	Wy	Luminance
	DS+Prism			DBEF <sup>II</sup>			NWGP		
P1	0.3078	0.3282	351.7	0.3144	0.3342	479.6	0.3128	0.3322	423.6
P2	0.3082	0.3278	374.0	0.3119	0.3345	507.4	0.3137	0.3355	454.2
P3	0.3086	0.3243	349.0	0.3107	0.3308	469.2	0.3119	0.3315	420.8
P4	0.3058	0.3269	362.9	0.3098	0.3329	489.4	0.3124	0.3339	443.8
P5	0.3064	0.3271	376.8	0.3102	0.3326	504.7	0.3127	0.3341	459.7
P6	0.3071	0.3267	351.7	0.3106	0.3336	476.9	0.3122	0.3329	428.5
P7	0.3072	0.3293	347.6	0.3113	0.3347	465.0	0.3131	0.3327	418.7
P8	0.3081	0.3283	371.2	0.3111	0.3344	493.5	0.3137	0.3344	451.4
P9	0.3071	0.3282	357.3	0.3107	0.3340	476.9	0.3126	0.3338	431.9
Max.	0.3082	0.3293	376.8	0.3144	0.3347	507.4	0.3137	0.3355	459.7
Min.	0.3058	0.3243	347.6	0.3098	0.3308	465.0	0.3119	0.3315	418.7
SP AVG.	0.3070	0.3274	366.5	0.31145	0.33325	479.1	0.31262	0.33286	430.9
SP Uni.	99.5%	98.5%	92.3%	98.7%	98.8%	92.1%	99.6%	99.2%	91.1%
9P AVG.	0.3071	0.3274	360.2	0.3112	0.3336	484.7	0.3128	0.3334	437.0
9P Uni.	99.2%	98.5%	92.3%	98.5%	98.8%	91.6%	99.4%	98.8%	91.1%
Ref.	100.0%	100.0%	100.0%	101.3%	101.9%	134.6%	101.6%	101.8%	121.3%
	0.0000	0.0000		0.0040	0.0061		0.0056	0.0060	

### 3. 결론

본 연구에서는 TFT LCD BLU용 휘도 향상용 나노 와이어 그리드 편광 필름의 제작에 대한 연구를 진행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 나노 와이어 그리드의 구조에 있어서 피치 200nm, 메탈인 알루미늄의 높이를 150nm 기준으로 하여 G-solver를 통해 시뮬레이션 한 결과, 400nm 파장에서 알루미늄의 폭이 60nm일 때, P파 투과율(400nm)이 가장 높은 알루미늄층의 높이는 40nm~60nm 영역과 200nm~240nm의 두 영역으로 나타났다.
2. UV 임프린팅 층인 레진(resin)의 굴절율에 따른 최적의 P 편광의 투과 조건 시뮬레이션 결과는 굴절율이 1.43의 낮은 경우가 굴절율이 1.47, 1.53 보다 P 편광의 투과율이 대략 1% 정도 높게 나왔다.

3. NWGP 필름의 휘도 상승률 평가는 17인치 모듈을 사용했으며, 휘도 상승률은 DS + Prism 구조의 평균 휘도 값  $360.2\text{cd}/\text{cm}^2$ 에 비해 동일 구조에서 NWGP를 추가시의 정면 평균 휘도의 값은  $437.0\text{cd}/\text{cm}^2$ 으로 1.21배 수준의 휘도 향상을 가져 왔으며, 평균 색좌표는  $W_x$  0.3128,  $W_y$  0.3334 으로 동등한 수준이었다.

이렇게 제작된 NWGP를 TFT LCD BLU에 장착되어 휘도 향상용 광학 필름으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

## 참고 문헌

- (1) Jian-Jim Wang, Lei Chen, Xiaoming Liu, Paul Sciortino, Feng Liu, Frank Walters, and Xuegong Deng, "30nm-wide aluminium nanowire grid for ultrahigh contrast and transmittance polarizers made by UV-nanoimprint lithography", APPLIED PHYSICS LETTERS, 89, 141105(2006).
- (2) Zhibing Ge, Xinyu Zhu, and Shin-Tson Wu, "A transfective Liquid Crystal Display Using an Internal Wire Grid Polarizer", *Journal of Display Technology*, Vol. 2, No. 2, pp. 102~105(2006).
- (3) Stephen Y. Chou and Wenyong Deng, "Subwavelength amorphous silicon transmission gratings and applications in polarizers and waveplates", *Appl. Phys. Lett.* Vol. 67, No. 6, pp. 742~744(1995).
- (4) Seh-Won Ahn, Ki-dong Lee, Jin-Sung Kim, Sang-Hoon Kim, Joo-Do Park, Sarng -Hoon Lee, and Phil-Won Yoon, "Fabrication of a 50nm half-pitch wire grid polarizer using nanoimprint lithography", *Nanotechnology* 16, pp. 1874~1877(2005).
- (5) Zhibing Ge and Shin-Tson Wua, "Nanowire grid polarizer for energy efficient and wide-view liquid crystal displays", APPLIED PHYSICS LETTERS, 93, 121104(2008).
- (6) Sang-Hoon Kim, Joo-Do Park, and Ki-Dong Lee, "Fabrication of a nano-wire grid polarizer for brightness enhancement in liquid crystal display", *Nanotechnology* 17, pp. 4436~4438(2006).