

# 백라이트 유닛용 V-그루브 도광판의 전산모사 및 DSF성형에 관한 비교연구

조광환<sup>1</sup> · 윤경환<sup>#</sup>

## A Study on the Simulation and DSF Molding of V-groove Type Light Guide for a Backlight Unit

K. H. Cho, K. Yoon

(Received February, 1, 2005)

### ABSTRACT

Nowadays, TFT-LCD is widely used as display unit of many digital devices. And, the backlight unit(BLU) is used as a light source of TFT-LCD module. In the backlight unit, the most important component is a light guide, which guides the input light to the TFT-LCD module uniformly. Recently, many researchers have focused on improving the efficiency of BLU by changing the design and structure of a light guide. In the present paper, a series of simulation was performed to find the optimal luminance distribution of emanated light from the given geometry as the first step. From the results of simulations for the light guide with given V-groove pattern, the emanated light from it is mostly affected by the groove angle. In the case of acute angle, about 74 degrees was found as optimal angle to satisfy the restrictions of angular luminance distribution, FWHM, the maximum luminance, etc. However, as far as the average luminance value was concerned, the case of 120 degrees(acute angle) was found to be the best while prism films were added to the BLU. As a next step the light guide samples of 74 and 120 degrees were manufactured by DSF method, which was recently proposed by the authors. Of course, most of design parameters were chosen by the aid of simulation results. Finally, the results of average luminance values were compared between the simulation and DSF molded samples.

**Key Words :** Light Guide, Backlight Unit(BLU), Cold Cathode Fluorescence Lamp(CCFL), Thin-Film-Transistor Liquid-Crystal-Display(TFT-LCD), Total Internal Reflection(TIR), Polymethyl Methacrylate(PMMA)

### 1. 서론

TFT-LCD는 광 디스플레이 장치로 측정장비의 모니터에서 시작하여 휴대폰, 노트북, 컴퓨터 모니터, TV 등으로 그 응용분야가 확대되면서 점차로 고휘도, 경량화되는 추세이다.

LCD의 특성상 자체광원이 없기 때문에 별도의 광원이 필요하게 되는데 그 광원을 백라이트 유닛(backlight unit;BLU)라고 한다. 고휘도의 TFT-

LCD를 구현하기 위해서는 고휘도 백라이트 유닛이 요구되는데, LCD는 그 특성상 백라이트에서 나오는 전체 광에서 유효 시야각으로 들어오는 광을 사용한다. 그러므로, 백라이트 유닛의 설계에서 고휘도와 더불어 유효 시야각 내의 휘도분포도 당연히 큰 비중으로 고려되어야 한다.

백라이트 유닛은 도광판 외에도 여러 기능성 필름들을 사용하게 되므로 광량의 손실이 크기 때문에 휘도를 증가시키는 방법으로 램프의 수량

1. 단국대학교 대학원 기계공학과  
# 교신저자: 단국대학교 기계공학과  
E-mail : khyoon@dankook.ac.kr

을 늘려 총 광량을 증가시키거나 백라이트 배면에 여러 개의 램프를 설치하여 광의 손실을 줄이기도 한다[1]. 그러나, 전자는 무게가 무거워지고, 후자는 부피가 커지는 등 단점이 있어 도광판의 설계나 각종 필름들의 구조변화를 통해 백라이트 유닛의 효율을 증가시키는 방법의 개발이 지속적으로 요구되고 있다.

백라이트 유닛의 효율[2]은 광원에서 나오는 광량에 대한 백라이트에서 나오는 총 광량의 비로 표시하는데 일반적으로 도광판의 효율에 의해 가장 많이 좌우되는 것으로 알려졌다. 본 논문에서는 CCFL이 양쪽에 각각 1개씩 있고 V-자형 패턴(V-groove pattern)이 적용된 평판형 도광판을 사용하는 백라이트 유닛에 대한 연구로 먼저 광학적 해석을 통하여 그루브 패턴의 치수를 설정한 후 실제로 제작하여 성능을 비교한 결과를 보이고자 한다. 광 해석 소프트웨어로는 BRO사의 ASAP[3]과 ORA사의 LightTools를 사용하였고 전산모사의 결과로 얻은 최적의 설계변수를 적용한 시제품을 DSF방법[4]으로 실제로 도광판을 제작하여 평균 휘도값을 비교, 분석한 결과를 보이고자 한다.

## 2. 관련이론

### 2.1 백라이트 유닛의 구조

백라이트 유닛은 선광원(CCFL) 또는 점광원(LED)를 면원광원으로 바꾸어 LCD의 광원을 제공하는 장치로 구조에 따라 크게 직하 방식(direct type)과 사이드 방식(side type)으로 구분한다[5]. 사이드 방식은 다시 형태에 따라 평면 방식(flat type)과 켈트방식(wedge type)으로 구분할 수 있다.

Fig. 1은 사이드 평면 방식 백라이트 유닛의 구조를 보여주고 있는데, 주요 구성품으로 광원(Light Source), 도광판(Light Guide), 반사 필름(Reflective Film), 확산필름(Diffusive Film), 프리즘필름(Prism Film)이 있다[5].

각각의 구성품에 대해 세부적으로 그 특성을 알아보면 광원은 광 효율이 좋은 LED나 CCFL을 주로 사용하며, 도광판은 입사광을 패널쪽으로 경로를 변환시키는 역할을 하는 가장 중요한 구성요소이다. 일반적으로 사용하고있는 도광판 재료로는 광학적 PMMA를 사용하는데 범용 PMMA에 비해 광 투과율이 좋은 재료를 사용한다. 광 투과율은 재료에 포함된 불순물과 관련되어 있는데, 불순물은 광을 흡수, 확산시켜서 휘도 감소의 원인이 되기 때문에 적을수록 좋다.

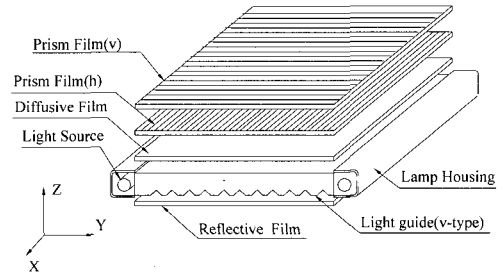


Fig. 1 The structure of side-type backlight unit

투명 PMMA재료의 내부 광의 진행은 굴절률( $n=1.492$ )에 따라서 결정되는 내부전반사각(TIR)의 영향을 받는다. 그러므로 측면에서 입사된 진행광의 대부분은 표면으로 나오지 않고 다시 도광판 내부로 전반사되게 된다. 내부 반사는 표면의 요철상태와 관련이 있는데 요철의 크기가 가시광선의 파장보다 아주 작으면 거울반사로 나타나고 큰 요철일 경우 확산반사(diffuse reflection)로 나타난다[6].

사이드방식은 Fig. 1에서 보는 것처럼 측면 입사광을 LCD패널면 쪽으로 유도하기 위해서 도광판의 밑면에 일정한 패턴을 부여한다. 주어진 패턴의 형상에 따라 그 효과로 난반사가 일어나거나 굴절되는데 궁극적으로는 광경로변화에 목적이 있다.

패턴 부여방법은 여러 가지가 있다.

우선, 확산매질을 실크스크린 인쇄법으로 도광판에 일정하게 도포하여 제작하는 인쇄법이 있으며 여기에 사용되는 확산재료는  $TiO_2$ 안료에 UV감광재료와 광 확산용 유리구슬(glass beads)을 혼합하여 만든다. 유리구슬이 광 확산의 주된 역할을 하게 되며 균일광을 만들기 위해서 인쇄된 반점(spot)의 크기는 광의 입광부에서 가까운 곳은 작게 하고 먼 곳은 크게 설계하기도 한다[7].

표면 요철에 의한 확산을 이용하는 방법은 금형을 제작하여 표면에 원하는 요철을 직가공하거나 에칭에 의해 만든 스탬퍼를 금형에 장착하여 사출성형하는 방법이다[8].

확산용 알갱이(bead)가 포함된 HSOT(highly scattering optical transmission polymer)를 사용하는 경우도 있다[2]. 확산용 알갱이는 Mie 확산원리(Mie scattering theory)에 의해 굴절률과 크기가 선택되는데 대개 직경  $7\mu m$ 정도가 가장 적합하다고 알려져 있다[9~10]. 그루브형 도광판은 V-그루브

흠을 도광판에 라인형태로 새기는 방법[7,11]으로 소형 도광판에서는 V-그루브 스탬퍼를 만들어 제작하는 것이 일반적이며 대형은 도광판에 직가공하거나 DSF[4]로 성형할 수도 있다.

사이드형 백라이트에서는 도광판과 램프만으로 도 백라이트 역할을 할 수 있으나 휘도를 올리거나 균일도를 높이기 위해 여러 기능성 필름을 사용하게 된다. 대표적인 기능성 필름으로 사용되는 프리즘필름은 미세한 프리즘 패턴이 라인형태로 되어 있는 필름이다. 프리즘 패턴의 역할은 도광판에서 출사한 광을 굴절, 또는 전반사의 방법을 이용하여 그 경로를 변환시키는 역할을 한다. 이 필름의 초점은 광을 최대한 백라이트 유닛에 수직으로 모아주는데 있다[11].

확산필름은 도광판을 통하여 나오는 광을 균일하게 퍼뜨리는 역할을 하는 필름이다. 도광판만 사용할 때 광은 패턴부분에 집중되어 패턴간의 인접부분과 경계영역이 생긴다. 프리즘 패턴의 경우 라인이 보이게 되고 점(dot)패턴의 경우 형상이 뚜렷이 보이게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 한 장 또는 여러 장의 확산필름이 사용된다[11].

반사필름은 도광판 아래쪽에 위치하여 아래로 오는 광을 위쪽으로 반사하여 재이용하는 역할을 한다. 일반적으로 SUS, Brass, Aluminium, PET 등의 기관 위에 은을 입히고 열에 의한 변형을 방지하기 위해 티타늄 코팅하여 제작한다[11].

## 2.2 전산모사

도광판 패턴은 입사광이 도광판 내부에서 진행할 때 일부는 도광판 전면으로 나오고 일부는 내부 전반사로 진행하여 다음 부분을 밝게 해주는 역할을 하도록 제작하여야 한다. 패턴의 피치나 깊이가 일정하게 변하도록 설계하는데 도광판의 입사 광량은 도광판 내부를 진행하면서 여러 요인에 기인한 영향을 받아 광원에서 멀어질수록 광 손실량이 많아진다. 그래서 패턴 설계시 적절한 방법으로 광량의 감소량을 보정해 주어야 한다. 본 논문에서 채택한 V-그루브 형태의 라인 패턴은 패턴의 깊이, 피치(pitch)에 의해 조절한다. 같은 깊이의 패턴일 경우 대체로 광원에서 가까운 곳의 패턴에 비해 먼 곳의 피치를 좁게 하여 균일도를 맞춘다. 반면에 피치를 동일하게 하는 경우는 패턴의 깊이를 점차적으로 조절하는 방법과 균일도에 영향을 주지 않는 범위에서 단계별

로 조절하는 방식이 사용된다.

패턴의 설계가 정해지면 서론에 언급한 ASAP, LightTools를 이용하여 성형에 들어가기 전에 휘도 분포 등의 최적조건을 찾는 도구로 시뮬레이션을 수행하였다.

## 2.3 DSF(부분압축가열성형법)

본 논문에서는 도광판의 성형법으로 DSF방식[4]을 채택하였으며 이 방식은 도광판에 흠을 새기기 위하여 금형을 일정한도이상으로 가열하여 가압 성형하는 방법으로 핫엠보싱(hot-embossing)[12] 방법을 응용한 성형법이다.

Fig. 2(a)는 핫 엠보싱에 관한 그림으로 금형과 모재 전체에 온도를 올려 내부에 진공을 유지한 채 가압하여 금형과 모재 사이에 틈새가 없도록 완전히 밀착하고, 유리전이온도(Tg) 이하로 낮추어서 금형내에서 고화시킨 후 이젝팅하는 단계로 제작하는 성형방법이다. 이 성형기의 특징은 성형과정 중 전체 성형품에 30℃ 이상 되는 온도변화를 주어야 하기 때문에 가열 및 냉각(heating & cooling) 시스템이 필요하며 금형과 제품사이에 에어 인트랩을 방지하기 위해 진공장치가 설치되는 것이 특이하다. 반면에 Fig. 2(b)의 DSF방법은 핫 엠보싱 공정과 유사하지만 금형과 모재간 완전히 밀착하는 것이 아니라 일정한 간격(gap)이 있는 상태로 제작하기 때문에 진공유지가 필요하지 않으며 부분 가열, 가압상태에서 이젝팅하기 때문에 열요소(heat source) 이외에 별도의 냉각과정이 필요하지 않다.

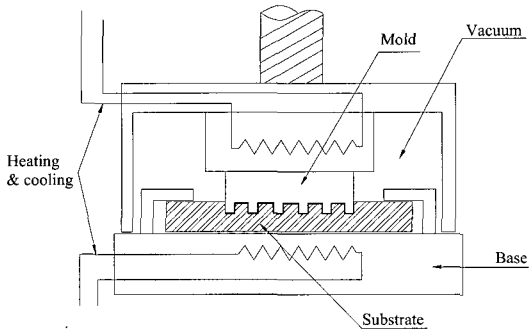
DSF 성형공정은 크게 금형 가열, 성형 가압, 이젝팅으로 구분된다.

금형가열단계는 금형의 측면에 장착된 열요소에 의해 유리전이온도(Tg) 이상으로 올리는데 기관이 순간적으로 녹을 수 있는 온도가 적절하다.

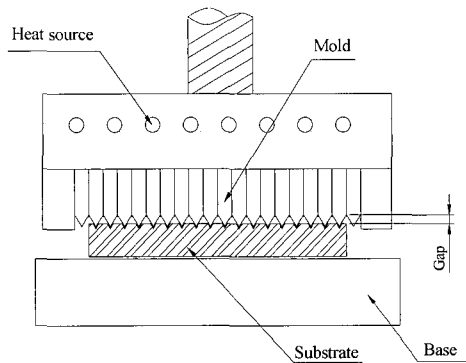
성형가압단계는 일반적으로 금형자체의 자중에 의해 저속으로 가압하며 금형상판부의 기관과 금형사이에 간격(gap)이 있는 것이 특징이다.

이젝팅 단계는 수지의 점탄성적 성질을 이용하는 DSF 특성상 고속으로 동작하는 것이 유리하다 저속일 경우에는 수지의 냉각속도가 늦어 유동에 의한 배워짐 현상이 발생한다.

돌출부를 가진 금형을 플라스틱 기관에 대고 압력을 가하면 표면에 돌출홈이 전사되는데 전사성은 성형온도에 따라 다양하게 나타난다. 플라스틱 수지의 경우 일정한도 이상의 열을 가하면



(a)



(b)

Fig. 2 The schematics of (a) hot-embossing and (b) DSF method

점성이 작아져서[13] 유동성이 좋기 때문에 전사성은 좋으나, 너무 고온에서는 플라스틱 수지의 일부가 급형과 점착되어서 이젝팅 할 때 이형 불량량이 생긴다. 이런 경우 성형각도가 커지고 표면 조도가 떨어져 효율적인 반사나 굴절에 장애가 되기 때문에 광 효율이 떨어진다.

반면에 너무 낮은 온도일 경우 수지가 완전히 녹지 않은 상태에서 무리하게 가압하기 때문에 많은 힘이 필요하며 수지의 탄성 복원력으로 역시 전사성이 떨어진다[4,14].

### 3. 실험

#### 3.1 전산모사와 실험

본 연구에서 사용된 백라이트 유닛은 사이드방식의 평면형 15"(319×245×6)로 구조는 Fig. 3과 같다. 도광판은 램프의 길이방향으로 일정하게

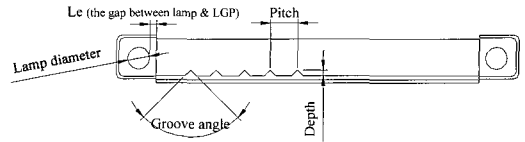


Fig. 3 The diagram of a backlight unit used

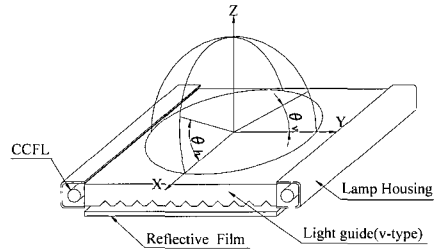


Fig. 4 A polar coordinate system used to evaluate the luminance

그루브가 형성된 구조이며 사용된 램프는 2.2mm 지름의 평균휘도 35,000nit인 G사의 일자형 (flat type) CCFL이고, 램프커버는 내부가 은으로 도금된 거울 반사형 (specular reflection type)이다.

Fig. 3에서 보는 것처럼 백라이트 유닛의 설계요소는 그루브각 (groove angle), 깊이 (depth), 피치 (Pitch), 입광부 간격 (the gap between lamp & LGP), 도광판 두께 등이 있다.

전산모사에서 적용된 도광판의 V-그루브는 이상적인 그루브로써 사이각이 완전한 형상이고 표면조도가 작은 경면으로 가정하여 전산모사과정에서 굴절과 내부전반사 개념이 적용되었다.

전산모사 과정의 첫번째는 깊이와 피치를 조절하여 휘도균일도를 높일 수 있는 조건을 선정하고 그루브 각을 변화시켜서 최대 휘도를 얻을 수 있는 각도를 선정하는 단계이다.

백라이트 유닛의 시야각은 Fig. 4에 나타낸 것처럼 수직시야각 ( $\theta_v$ )과 수평시야각 ( $\theta_h$ )으로 나누어 표시하고, FWHM (full width at half maximum) 각으로 그 성능을 평가 한다[11]. 휘도는 백라이트 유닛의 법선방향인 Z축을 중심으로 일정한 원추각 (illuminance cone angle) 내로 들어오는 광량으로 정의된다.

사이드 평판형 도광판에서 패턴의 깊이와 피치의 설계는 Fig. 3에서 보는 것처럼 좌우 측면에 동일하게 광이 있기 때문에 좌우 대칭형으로 한다.

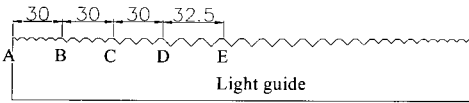


Fig. 5 Schematic diagram of light guide with 8 step depth

Table 1 Three cases of groove depth combination for uniformity test

	Depth [ $\mu\text{m}$ ]		
	Case 1	Case 2	Case 3
A~B	70	95	130
B~C	100	115	160
C~D	140	155	200
D~E	180	200	240

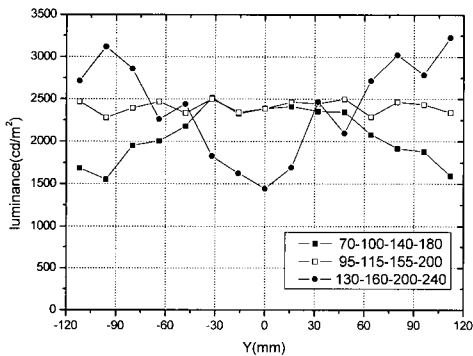


Fig. 6 The brightness distribution for 3 cases of different groove depth

설계와 성형제작의 편리성 때문에 피치 또는 깊이 중에 어느 한쪽을 고정하게 되는데, 본 논문에서는 피치를 고정하고 깊이가 단계적으로 변하는 구조를 선택하였다.

깊이의 변화는 Fig. 5에서 보는 것처럼 한쪽을 4 단계로 조절하여 전체 8 단계로 하였다. 초기 설계단계에서는 LG-Philips LCD의 도움을 받았으며 Table 1에서 세가지 다른 조합의 형태를 보여주고 있고 Fig. 6에서 V-그루브의 각도가 74°인 경우의 y축 방향의 위치별 휘도 값을 보였다.

휘도균일도(uniformity)는 최대 휘도값(MAX.)과 최소 휘도값(MIN.)의 비로 다음과 같이 표시한다.

$$\text{Uniformity}[\%] = \text{MIN.}/\text{MAX.} \times 100 \quad (1)$$

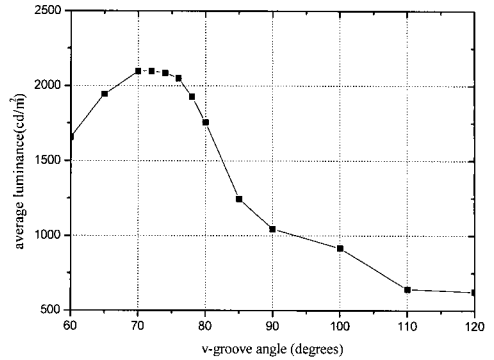
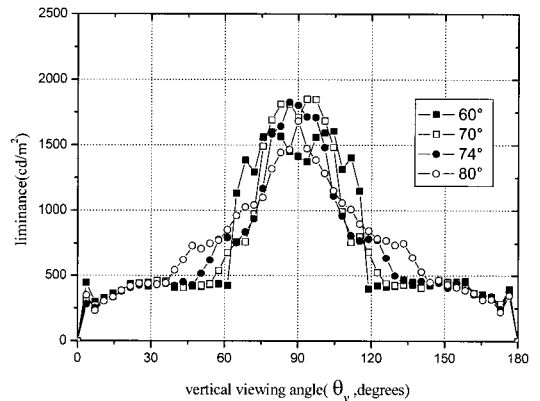
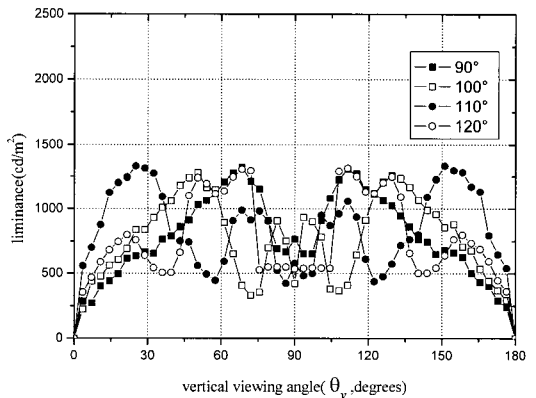


Fig. 7 The average luminance distribution as a function of to groove angle(case 2)

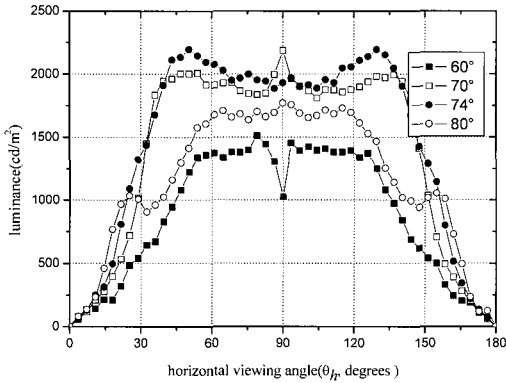


(a)

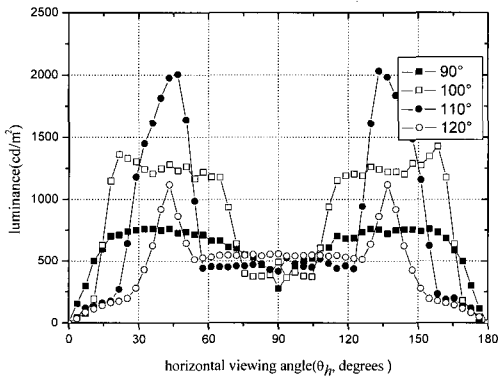


(b)

Fig. 8 The angular luminance distribution vs. vertical viewing angle( $\theta_v$ ) in (a) acute angle and (b) obtuse angle



(a)



(b)

Fig. 9 The angular luminance distribution vs. horizontal viewing angle( $\theta_h$ ) in (a) acute angle and (b) obtuse angle

Table 2 Maximum luminance and FWHM angles vs. groove angle

Groove angle [°]	Maximum luminance [cd/m <sup>2</sup> ]	FWHM in $\theta_v$ [°]	FWHM in $\theta_h$ [°]
60	1606	± 25	± 50
70	2185	± 20	± 62
74	2194	± 18	± 60
80	1770	± 28	± 72
90	1319	± 64	± 80
100	1350	± 60	± 75
110	2032	± 80	± 60
120	1313	± 46	± 54

Case 1의 조합은 균일도의 값은 61% 이고 좌우의 입광부 근처의 휘도값이 낮으며, Case 3에서는 균일도의 값은 45% 이고 휘도의 분포는 case 1과 반대의 경향을 보였다. Case 2의 조합에서 균일도는 92%로 가장 좋은 결과를 보였다. 여기서 피치는 1.5mm로 일정한 경우의 전산모사 결과이다.

위의 결과를 토대로 case 2의 조합을 적용하여 그루브 각의 변화에 따른 평균 휘도값의 경향을 Fig. 7에 보여주고 있다. 평균 휘도값은 70~74° 근처에서 최대값을 갖는다. 단, 이 결과는 프리즘 필름을 첨가하지 않은 도광판만을 사용한 전산모사의 경우이다.

Fig. 8는 수직시야각에 대한 휘도분포를 나타내는데 예각(Fig. 8(a))의 경우에는 시야각 90°에서 최대값을 갖는데 비해서 둔각(Fig. 8(b))에서는 둘이나 네 개의 최대점이 발견되며 최대점 사이의 각이 상당히 큰 것을 알 수 있다.

Fig. 9의 수평시야각에서도 예각과 둔각은 현격한 차이를 보였다. Fig. 9(a)의 예각에서는 시야각 90°에서 약 ± 30° 범위 내에 최대값이 균일하게 분포하나 둔각에서는 약 ± 45°에서 중간값에 비해 상당히 큰 값의 최대값을 갖는다.

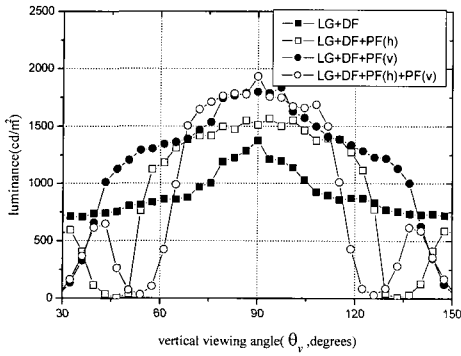
Table 2는 각 그루브 각도에 대한 최대 휘도값과 FWHM을 표로 나타내고 있다.

최대 휘도값은 예각일 경우가 비교적 높는데 특히, 74°의 그루브각에서 가장 높았다. FWHM은 예각에서 수직방향( $\theta_v$ ) ±20°, 수평방향( $\theta_h$ ) ± 60° 전후로 나타났으며 이 값들은 프리즘 필름을 쓰지 않은 상태의 결과들임을 다시 한번 주의하기 바란다.

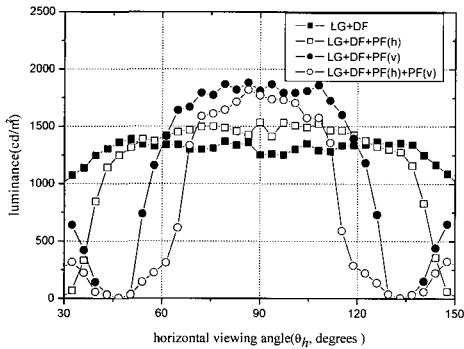
위의 결과로 볼 때 휘도와 FWHM 각을 기준으로 74°의 그루브 각이 가장 적절한 각이 됨을 알 수 있다.

기능성 필름인 프리즘시트를 적용한 경우의 휘도분포의 변화를 알아보기 위하여 74°와 120°의 두 가지의 경우에 대하여 전산모사를 시도하였다. Fig. 10은 74°의 그루브각에 대한 결과를 Fig. 11은 120°의 그루브 각에 대한 결과를 보여주고 있다. 백라이트 유닛의 구성은 도광판(LG), 확산 필름(DF), 프리즘필름 (PF)의 적절한 조합으로 하였으며 프리즘의 방향이 램프의 길이방향과 나란한 방향은 PF(h)로 수직방향은 PF(v)로 표시하였다.

프리즘필름은 좌우로 퍼진 광을 모아주는 역할을 하는데 프리즘의 방향에 따라 그 효과는 다르



(a)

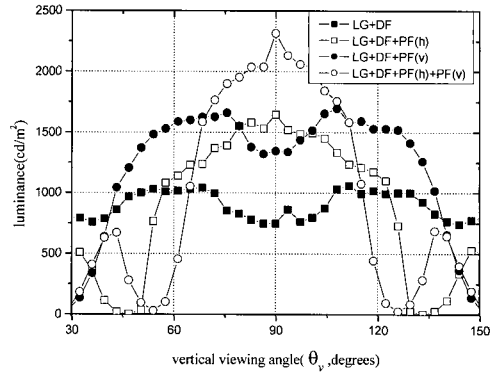


(b)

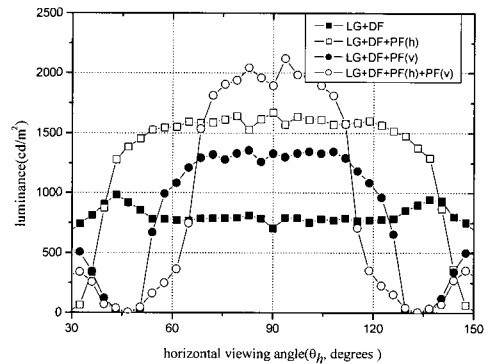
**Fig.10 The angular luminance distribution of different combinations of BLU's(74°) vs. (a) vertical viewing angle ( $\theta_v$ ) (b) horizontal viewing angle( $\theta_h$ )**

게 나타난다. Fig. 10(a)는 수직 시야각에 대한 결과로 도광판과 확산필름의 조합에 PF(v)를 추가한 경우보다 PF(h)를 추가한 경우가 FWHM각을 줄이는데 효과적이라는 것을 보여주고 있다. 수평 시야각(Fig. 10(b))은 PF(v)를 추가하였을 때 당연히 더 효과적이며 프리즘 필름 두 장을 추가할 경우에는 수직시야각과 수평시야각 모두 FWHM각이  $\pm 20^\circ$  내외로 들어움을 볼 수 있다.

시야각  $90^\circ$  에서의 휘도값의 증가율은 그루브 각이  $120^\circ$  인 경우에 크게 나타났다(Fig. 11). 그루브 각  $74^\circ$  인 경우에는  $1,300 \text{ cd/m}^2$ 에서  $1,900 \text{ cd/m}^2$ 으로 50% 향상에 그친 반면  $120^\circ$  는  $800 \text{ cd/m}^2$ 에서  $2300 \text{ cd/m}^2$ 으로 130%나 향상되었다. 그러므로 프리즘필름은 그루브 각  $74^\circ$  보다  $120^\circ$  에 적용하는 경우 훨씬 효과가 크다는 사실을 알 수 있었다.



(a)



(b)

**Fig.11 The angular luminance distribution of different combinations of BLU's(120°) vs. (a) vertical viewing angle ( $\theta_v$ ) (b) horizontal viewing angle( $\theta_h$ )**

### 3.2 DSF 성형 및 전산모사와의 비교

전산모사결과를 토대로 그루브 각이  $74^\circ, 120^\circ$  의 두 가지 경우에 대해 피치는 1.5mm로 고정하고 깊이는 Table 1의 case 2를 적용하여 앞 절에서 언급한 DSF성형법을 이용하여 도광판 샘플들을 제작하였다.

사용된 도광판 재료는 PMMA(Mitsubishi Rayon, SHINKOLITE-A)로 유리전이 온도가  $105^\circ\text{C}$ 인 열적 특성을 가지고 있고[12], DSF성형조건에 대한 본 저자들의 논문[4]을 참조하여 성형온도는  $200\sim 220^\circ\text{C}$ , 성형시간은 홈의 깊이에 따라  $100\mu\text{m}$ 일 때 10초,  $300\mu\text{m}$ 에서 35초를 적용하였다.

Fig. 12는 DSF 방법에 의해 성형한 도광판 샘플을 보여주고 있으며 전사성을 보기위해 성형품의 단면의 사진을 Fig. 13에서 보여주고 있다.

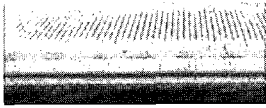


Fig.12 The Light guide sample manufactured by DSF method

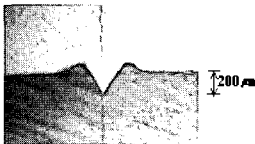


Fig.13 A cross sectional view of v-groove for DSF molded sample

단면 형상이 전산모사시 가정된 완전한 V-그루브부의 홈의 형상과 일치하는 것이 아니라 좌우로 수지가 밀려 산이 생기고 홈의 사이각이 조금 작아져 최종 제품의 휘도에 약간의 영향을 미칠 수 있다.

완성된 성형품의 평가는 평균 휘도값을 비교하였는데 측정장치로는 Fig. 14의 그림과 같이 구성 [11,15]된 Topcon사의 BM-7으로 측정각(cone angle)은 1°이다.

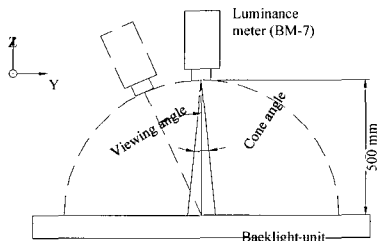


Fig.14 A setup for luminance measurement(BM-7) on a backlight unit

Table 3에서 전산모사에 의한 결과와 실험에 의한 결과를 평균휘도로 비교하였다. 전산모사의 결과는 백라이트 유닛 전체의 휘도값에 대한 평균값이고 실험결과는 13점 측정 평균값이다. 실험결과는 도광판과 확산필름의 조합보다 프리즘필름 두 장이 적용된 경우가 전산모사와 비교하여 오차에서 훨씬 적게 나왔다. 특히 74°의 그루브각에서는 2%이내로 거의 일치하는 것으로 나왔다.

Table 3 Numerical and experimental results of average luminance for various combinations of BLU's

Groove angle	Structure	Num.* result [cd/m <sup>2</sup> ]	Exp.** result [cd/m <sup>2</sup> ]	Error
74	LG+DF	1662	1355	18%
	LG+DF+PF	2337	2290	2%
120	LG+DF	1039	1181	13%
	LG+DF+PF	2680	2405	10%

\* Average values of whole BLU's

\*\* The average of 13 points measurement

Luminance meter : BM-7 cone angle 1.0°

LG : Light guide , DF : Diffuser film

PF : Prism films;PF(h)+PF(v)

도광판과 확산필름 한 장만으로 구성된 조합의 경우 오차가 18%와 13%로 비교적 크게 나타났고 프리즘 필름 두 장이 추가된 경우 10% 이내로 기본 설계에는 지장이 없을 정도임을 알 수 있었다. 전산모사시 많은 가정에도 불구하고 실험결과가 전산모사의 결과와 상당히 일치함을 알 수 있었다. 이러한 전산모사와 실험치의 오차를 줄이는 작업을 계속 수행하고 있다.

#### 4. 결론

본 연구를 통해서 얻은 결론은 다음과 같다.

전산모사를 통하여 도광판 만을 사용한 경우 시야각별 최대 휘도값은 그루브각이 예각일 때 높게 나타났으며 시야각 90°에서 최대점을 갖지만 둔각에서는 시야각 90°가 아닌 둘 이상의 최대점이 발견되고 최대점의 사이각도 상당히 큰 것을 알 수 있었다.

피치를 1.5mm로 하고 case 2의 단계별 깊이 분포를 도광판만으로 모사하는 경우 휘도와 FWHM 각을 고려해 본 결과 74° 근처가 최대휘도를 얻는 가장 적절한 그루브각의 조건임을 알 수 있었다. 이 각도는 도광판 업계에서는 잘 알려져 있는데 다시 한번 입증할 수 있었다.

프리즘필름 두 장을 전부 적용한 경우 시야각 90°에서 휘도는 예각인 74°보다 둔각인 120°



에서 높게 되며, 프리즘 필름이 좌우로 퍼지는 광을 모으는데 V-그루브가 둔각인 경우에 훨씬 더 효과적인 것을 알 수 있었다.

전산모사의 결과를 토대로 그루브각 74° 와 120° 의 DSF성형 샘플을 제작하고 그 결과들을 서로 비교하였는데, 전산모사시 많은 가정에도 불구하고 평균 휘도값의 결과가 상당히 일치하는 것을 알 수 있었다. 도광판과 확산필름 한 장 만으로 구성된 조합에서는 비교적 오차가 컸으나, 프리즘 필름 두 장이 추가된 경우 오히려 오차가 10%내로 많이 줄어들었다.

V-그루브형 도광판을 전산모사를 통하여 설계하고 그 결과를 DSF방법을 사용한 최종제품에 직접 적용할 수 있는 유용한 방법임을 알 수 있었다.

## 후 기

이 연구는 2004학년도 단국대학교 대학연구비의 지원으로 연구되었음.

## 참 고 문 헌

- [1] J. Park, S. Lim, H. Chang, 2000, Desigh of vertical lighting type backlight system for LCD application, IDMC 2000, pp. 233~235.
- [2] A. Tagaya, S. Ishii, K. Yokoyama, E. Higuchi, Y. Keike, 2002, The advanced highly scattering optical transmission polymer backlight for liquid crystal displays, Japanese Journal of Applied Physics, Vol 41 N.4A, pp. 2241~2248.
- [3] BRO Inc., 2001, ASAP(Advanced System Analysis Program) Advanced tutorial, Breault Research Organization.
- [4] K. H. Cho, K. Yoon, S. J. Park, C. Park, December 2003, Direct surface forming: new polymer processing technology for light guide of TFT-LCD module, Korea-Australia Rheology Journal, Vol. 15, No. 4, pp. 167~171.
- [5] C. Y. Kim, T. H. Choi, 2000, TFT-LCD backlight unit manufacturing in korea, IDMC 2000, pp. 421~424.
- [6] C. E. Hecht, 1996, Optics, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Ch. 4.
- [7] Y. Oki, 1998, Nobel backlight with high luminance and low power consumption by prism-on-light-pipe technology, SID 98 Digest, pp. 157~160.
- [8] H. Y. Choi, M. G.. Lee, J. H. Min, J. S. Choi, 2001, Hologram based light-guide plate for LCD-backlights, IDW 2001, pp. 521~524.
- [9] T. Okumura, T. Ishikawa, A. Tagaya, Y. Koike, 2003, Scattering analysis of high scattering optical transmission polymer and its application to LCD displays, SPIE, Vol.4329, pp. 759~760.
- [10] A. Horibe, M. Baba, E. Nihei, Y. Koike, 1998, High-efficiency and high-visual-quality LCD backlighting system, SID 98 Digest, pp. 153~156.
- [11] K. Kälántär, S. Matsumoto and T. Onishi, 2001, Functional light-guide plate characterized by optical micro-deflector and micro-reflector for LCD backlight, IEICE Trans. Electron., Vol. E84-C, No. 11 November 2001, pp.1637~1645.
- [12] L. J. Handerman, H. Schiff, C. David, J. Gobrecht, T. Schweizer, 2000, Flow behavior of thin polymer films used for hot embossing lithography, Micro-electronic Engineering, Vol. 54, pp. 229~245.
- [13] J. D. Ferry, 1980, Viscoelastic Properties of Polymers, John Willey & Sons, pp. 264~320.
- [14] K. Cho, K. Yoon, 2004, An experimental study of the effect of process conditions on direct surface forming of a light-guide, KSME(A), Vol. 28, No.1, pp. 79~84.
- [15] C. S. Lin, W. Z. Wu, Y. L. Lay, M. W. Chang, 2001, A digital image-based measurement system for a LCD backlight module, Optics & Laser Technology, Vol. 33, pp. 499~505.