

도광판의 미세 패턴 사출 전사성이 LCD 광특성에 미치는 영향에 관한 해석적 연구

홍주표¹ · 주병윤[#]

Influence of Micro-Pattern Replication Ratio of Injection-Molded Light Guide Plate on Optical Aspect of LCD

J. P. Hong, B. Y. Joo

(Received November 28, 2011 / Revised December 30, 2011 / Accepted January 6, 2012)

Abstract

Accurate optical texturing of light guide plate over the entire surface area is an important technical issue in LCD TV industry. Injection molding process has the potential to produce large light guide plates having highly efficient optical textures such as micro-prism array. This study is focused on the effect of the degree of replication of the micro texture of the 40" injection molded light guide plates on the overall optical performance of the display panel. Measured replication ratios of the micro-textures formed with three different types of injection molding process were considered in the modeling of prismatic micro segment array. Optical simulation was conducted and results were discussed.

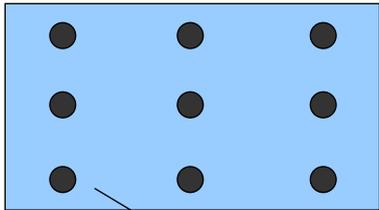
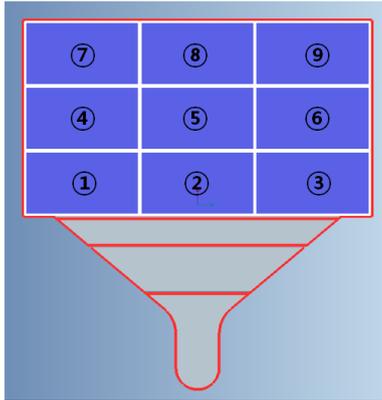
Key Words : LCD, Light Guide Plate, Replication, Injection Molding

1. 서론

최근 들어 대면적 기능성 플라스틱 관제에 대한 산업적인 수요가 증가하고 있다. 특히 도광판이 적용되는 LCD(LED) TV의 수요가 급증하면서 미세한 광학패턴이 각인된 두께 2.0~4.0mm의 PMMA 관제를 대량 생산할 필요가 생겼다. 대형 도광판 텍스처링 방법으로 다양한 방법이 제안되고 있으며 [1~3], 이들 중 사출은 출광 효율이 우수한 프리즘 어레이형의 텍스처를 만들 수 있는 장점을 갖고 있으나 제품 대형화시 발생하는 생산성 저하의 문제점도 갖고 있다. 그러나 최근들어 RHCM (Rapid Heat Cycle Molding)[4] 공정기술이 제안되어 대면적 플레이트 제품의 사출 생산성 향상이 가능해졌다.

대면적 LCD 도광판 적용을 목표로 하는 사출 공정 개발에서는 광학 부품의 요구 특성에 대한 이해가 반드시 필요하다. 즉, 대면적 도광판의 휨에 의한 광특성 저하, 광학 패턴 형상에 대한 공간 불균일성(spatial non-uniformity of texture shape over display area), 플로우 마크에 의한 화질상 얼룩 시인성, 치수 수축에 의한 조립성 저하 등이 예가 될 수 있다. 특히, 광학 패턴 형상에 대한 공간 불균일성은 디스플레이 제품의 휘도 및 휘도 균일도에 영향을 미치는 제일 인자로서 출광 효율 향상을 위한 패턴이 프리즘화될수록 대면적 제품의 사출 전사 균일성 확보는 점점 어려워진다. 그러므로, 사출전사 균일성과 광특성과의 상관관계 조사를 통해 개발하고자 하는 사출 공정의 대면적화에 대한 한계연구가 가능할 것이다.

1. 한국기술교육대학교 디자인공학과
교신저자 : 한국기술교육대학교 기계정보공학부,
E-mail: byungyun@kut.ac.kr



Stamper (hollow cavity : diameter 29.24 μ m, depth 13.65 μ m)

Fig. 1 Measuring points of replication of injection molded textures

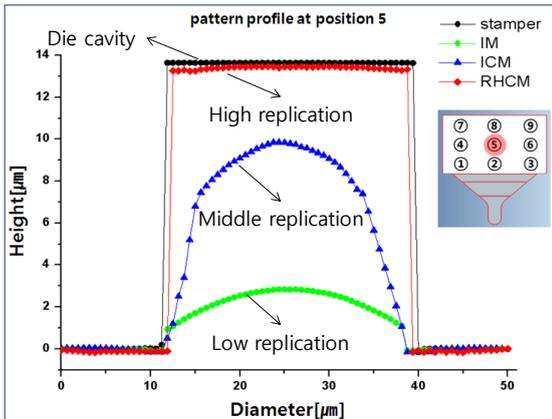


Fig. 2 Definition of the texture replication

본 논문에서는 Fig.1~3 에서와 같이 세가지 다른 종류의 사출공정에 의해 제작된 미세 패턴의 국부 전사성을 계측한 데이터[4]를 토대로 광학 시뮬레이션을 수행함으로써 사출 전사 균일성과 광특성과의 상관관계를 조사하였고 결과를 토의하였다.

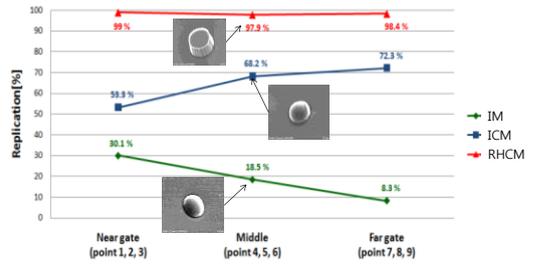


Fig. 3 Measurement of replication ratio of textures produced by IM, ICM, RHCM processes

2. 도광판 위치별 패턴 전사성

사출 공정별 미세 패턴 전사성 시료의 크기는 가로 160.64mm, 세로 90.86mm, 두께 1.0mm 크기이며, 재질은 도광판 재질로 쓰이는 PMMA 가 사용되었다. 시료는 일반사출 공정(Injection Molding: IM), 압축사출 공정(Injection Compression Molding: ICM), 급속가열압축사출 공정(Rapid Heat Injection Compression Molding, RHCM)에 의해 각각 제작되었다[4].

여기서 사출금형 중공(die cavity) 대비 전사성 정의는 Fig.2 및 (1) 과 같다.

$$R_{\text{Replication}} = \frac{\text{Pattern Height of Molded Part Side}}{\text{Stamper Depth of Stamper Side}} = \frac{h}{H} \quad (1)$$

Fig. 3 은 IM, ICM, RHCM 공정에 의해 만들어진 패턴의 전사성 계측 결과를 보여준다. IM 은 게이트 부근에서 전사도 30%를 보이며 선형적으로 감소하여 게이트 반대편에는 전사도가 불과 8% 대이다. ICM 은 게이트 부근은 53%, 게이트 반대편은 72%, 평균적으로 60% 대의 전사도를 보인다. RHCM 은 모든 계측 지점에서 98% 이상의 높은 전사도를 보였다. 사출 공정 조건별 전사도 차이에 대한 논의는 본 논문의 범주를 벗어난 사항이므로 생략하기로 한다.

3. 사출 전사성 고려한 도광판 패턴 모델링

Fig. 4 에서와 같이 40 인치 크기의 LCD 엣지형 LED 백라이트 광학모델을 설계하였다. 광원으로는 LED 가 사용되었고, 4.0mm 도광판 위에 확산 필름 1 매, 프리즘 필름 1 매가 있는 구조이다. 미세 패턴은 프리즘 세그먼트로 결정하였다.

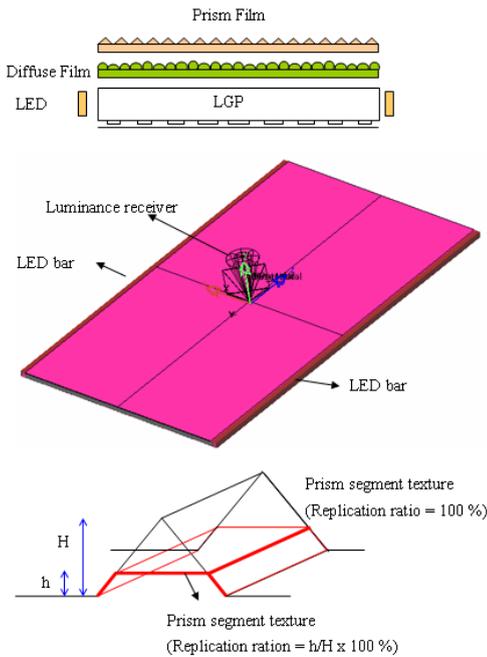


Fig. 4 Optical simulation model of 40" size LCD with LED backlight

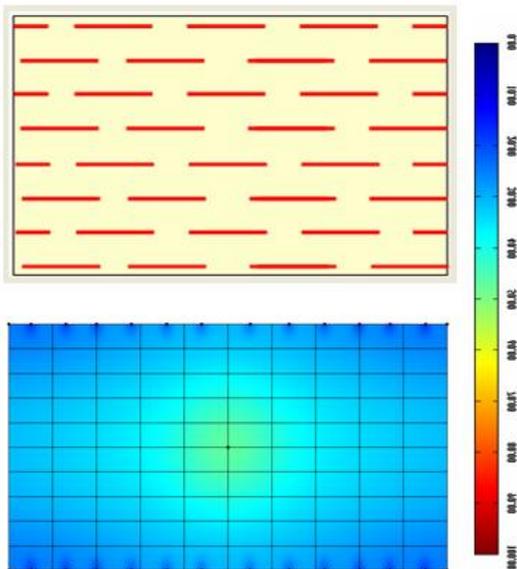


Fig. 5 Density distribution of prism segment micro textures for 40" size light guide plate

프리즘 세그먼트 패턴의 선밀도 곡면은 Fig. 5와 같다. 사출 공정별 전사도 모델링은 7인치 계측 데이터를 40인치 도광판의 전사율 분포로 가

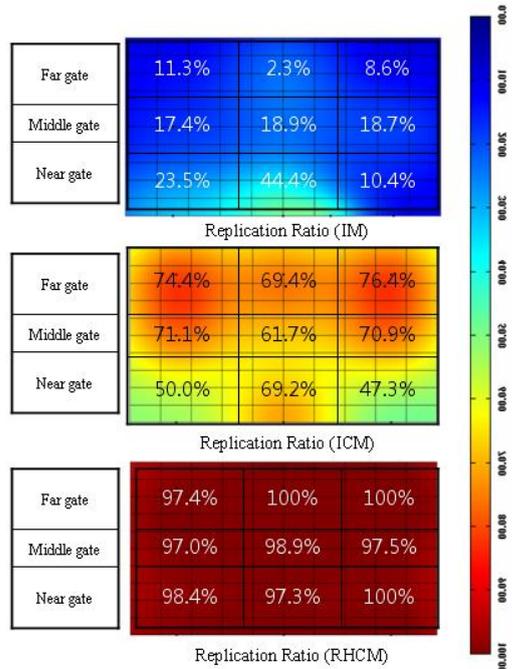


Fig. 6 Replication ratio distribution of micro textures for 40" light guide plate

정하였으며 Fig. 6과 같다. 패턴 전사성은 부드럽게 변한다고 가정하였으며, 계측 포인트 이외의 지점에 대한 전사도는 내삽으로 생성하였다.

광시뮬레이션 모델의 해석 정확도를 높이기 위해 반사필름, 프리즘 필름, 확산필름의 BSDF(bi-directional scattering distribution function)를 계측하여 모델링하였다[5]. 휘도 리시버는 고체반각(half cone solid angle) 5도를 가정하였다. 광시뮬레이션은 ray-tracing simulator인 LightTools 7.1로 수행하였다.

4. 광 시뮬레이션 결과

Fig. 7에서 볼 수 있듯이 평균 전사율 17%의 매우 낮은 전사율을 보이는 IM의 경우 이상적인 전사율의 경우 대비 상대 휘도는 약 50% 수준, 휘도 균일도는 56% 수준을 보였다. ICM의 경우 상대 휘도는 90%, 균일도는 77% 수준을 보였다.

그러나 98% 이상의 매우 높은 전사율을 보이는 RHCM의 경우 상대휘도는 거의 100% 수준, 휘도 균일도 역시 이상적인 전사율을 보이는 경우와 동등 수준이다. 여기서 상대휘도와 휘도균일도는 (2), (3)에 의해 각각 정의된다.

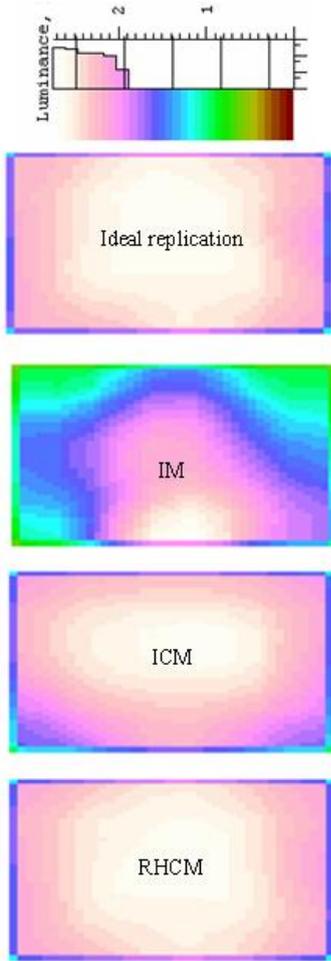


Fig. 7 Optical simulation results of luminance distribution

Table 1 Optical simulation results

	Average replication ratio	Luminance uniformity	Relative luminance
Ideal case	100%	94.1%	100%
IM	17.3%	55.8%	49.6%
ICM	65.6%	76.6%	90.3%
RHCM	98.8%	94.0%	99.8%

$$Relative Lum = \frac{Average lum._{IM or ICM or RHCM}}{Average lum._{Ideal replication case}} \quad (2)$$

$$Lum. Uniformity = \frac{Min lum. over illumination surface}{Max lum. over illumination surface} \quad (3)$$

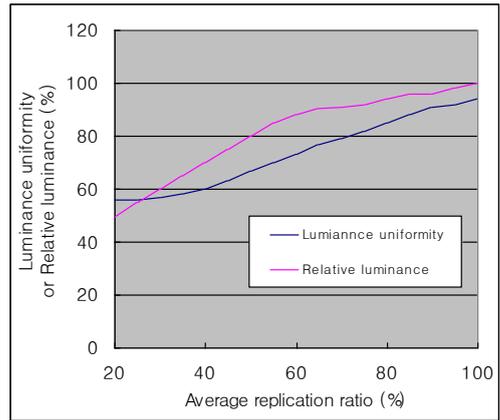


Fig. 8 Luminance uniformity and relative luminance vs. average replication ratio

평균 전사율을 5% 단위로 낮추어가며 광해석을 실시한 결과가 Fig. 8 이며, 대량 생산시 휘도 및 휘도 균일도 산포가 2~3% 임을 감안하면 사출 공정에 의한 평균 전사율이 적어도 95% 이상은 되어야 함을 추정할 수 있다. 이 결과는 사출 공정 개발시 평균 전사율의 한계치에 대한 좋은 가이드라인이 된다고 사료된다.

5. 결론

(1) 도광관 미세 패턴 사출 전사율과 백라이트 휘도균일도 및 상대휘도에 대한 상관관계를 조사 하였으며, 대면적 도광관에 적용 가능한 사출공정은 평균 전사율 95% 이상이 바람직하다.

(2) RHCM 사출 공정은 평균 전사도 98% 이상 달성가능하며 이때의 휘도 균일도와 평균 휘도는 이상적인 패턴 전사율의 경우와 동등 수준이다.

후 기

본 연구는 지식경제 기술혁신사업(산업원천기술 개발사업)의 “대면적 복합 광기능부품 정밀 R-I/C molding 기술 개발” 과제의 일환으로 수행되었습니다(Project No. 10033710).

참 고 문 헌

- [1] B. Y. Joo, D. H. Shin, 2010, Design Guidance of Backlight Optic for Improvement of the Brightness

- in the Conventional Edge-lit LCD Backlight, Displays, Vol. 31, No. 2, pp. 87~92.
- [2] B. Y. Joo, S. H. Rhim, S. I. Oh, 2010, Micropattern Forming of Polymeric Plate by Hydrostatic Pressing, Int. J. Adv. Manuf. Technol., Vol. 54, No. 5-8, pp. 507~514.
- [3] P. H. Huang, T. C. Huang, Y. T. Sun, S. Y. Yang, 2008, Large-area and Thin Light Guide Plates Fabricated using UV-based Imprinting, Opt. Express, Vol. 16, No. 19, pp. 15033~15038.
- [4] S. W. Cho, J. S. Kim, S. K. Hong, C. J. Hwang, K. H. Yoon, J. J. Kang, 2010, Proc. 7th Mold Process. Symposium, Kor. Soc. Tech. Plast., Seoul, Korea, pp. 68~76.
- [5] J. P. Hong, B. Y. Joo, 2010, Proc. 7th Mold Process. Symposium, Kor. Soc. Tech. Plast., Seoul, Korea, pp. 77~82.