

직하형 LCD Backlight Unit의 diffuser System 최적화

Optimization of Diffuser System in Direct-Type Backlight Unit

박경주, 이동현, 엄태성, 이종훈, 권진혁
 영남대학교 물리학과
jhkwon1@yu.ac.kr

LCD에서 핵심 부품인 backlight unit (BLU)은 전체 LCD 가격의 30~40% 를 차지할 만큼 그 비중이 크고, 최종적인 angular luminance, contrast ratio, brightness 등에도 중요한 역할을 담당한다.⁽¹⁾ BLU에는 다양한 종류의 diffuser sheet들이 사용되는데 각각의 방향으로 진행되는 빛을 원하는 방향으로 모아주기 위해 Lambertian diffuser, micro-prism diffuser, holographic diffuser, microlens array diffuser등이 개발되어 있다.⁽²⁾

본 연구에 사용된 LCD backlight unit은 직하형(direct type)⁽³⁾이고 CCFL lamp의 휘선을 제거하고 균일한 광 분포를 발생시키도록 Lambertian 산란⁽⁴⁾을 일으키는 diffuser plate (DP)가 있고, 그 위에 diffuser sheet (DS)가 위치한다. DS를 통과한 빛은 프리즘(prism) 구조의 brightness enhancement film (BEF)를 통과하며 중심부 휘도가 증가된다. BEF 위에 위치한 Dual Brightness Enhancement Film (DBEF)은 일종의 반사형 편광 필름으로써 polarization recycling 특성을 가지고 있다. 그러나, 기존의 sheet에서 BEF는 특허로 인해 원가절감의 어려움이 있고 10% 이상의 광량이 80도의 시야각 방향으로 진행되는 side lobe의 발생을 볼 수 있으며, 이러한 문제점을 해결하기 위하여 DBEF도 지나치게 높은 산란 특성을 갖고 있다. 각각의 diffuser 들은 상호 의존성이 간과된 채 독자적으로 개발되어 최적화가 이루어지지 않고 있다. 따라서, 본 연구에서는 각각의 diffuser의 광학적 산란 및 집광 특성을 최적화하고자 하였다. 특히, 기존의 BEF의 문제점들을 해결할 수 있는 수정된 prism array sheet와 이에 최적화된 DBEF film을 설계하였다.

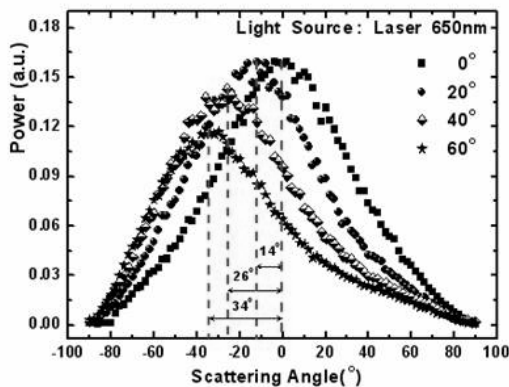


Fig.1. 입사각에 따른 diffuser plate의 산란 분포 특성.

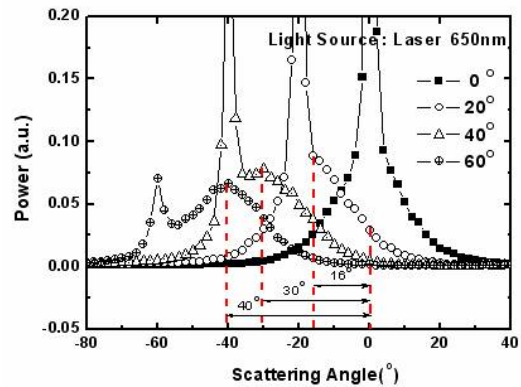


Fig.2. 입사각에 따른 diffuser sheet의 산란 분포 특성.

Fig. 1과 Fig. 2에 나타난 바와 같이 DP와 DS의 입사각에 따른 산란특성은 단순히 Lambertian이나 Gaussian 산란함수로 설명되지 않는다. DP에서는 volume scattering이 주된 산란이기 때문에 식(1)에 나타난 것과 같은 modified volume scattering function을 유도하였다.

$$P(\theta) = P_0 \exp\left(-\left|\frac{K}{\cos\theta}\right|\right) \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta + \theta_i}{\sigma}\right)^2\right] \quad (1)$$

여기에서 θ 는 scattering angle이고 K 는 상수, σ 는 angular scattering width이다. DS의 경우 surface scattering이 주된 산란요인이므로 식(2)과 같은 modified surface scattering function을 유도하였다. 앞의 항은 굴절 후 표면에서 산란되는 광에 대한 것이고, 뒤의 항은 굴절 후 다시 굴절하여 직진하는 광에 대한 것이다.

$$P(\theta) = P_{a0} \exp\left(-\left|\frac{K_1}{\cos\theta}\right|\right) \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta + \theta_i}{\sigma_1}\right)^2\right] + P_{b0} \exp\left(-\left|\frac{K_2}{\cos\phi}\right|\right) \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta + \phi}{\sigma_2}\right)^2\right] \quad (2)$$

여기에서 θ 는 scattering angle이고 θ_i 는 incident angle, ϕ 는 refraction angle, K_1 과 K_2 는 상수, σ_1 과 σ_2 는 angular scattering width이다.

BEF의 문제점은 좁은 시야각과 side lobe 현상이다. Side lobe는 정면 휘도와 contrast ratio를 저하시킨다. Prism sheet의 꼭지각을 90도보다 약간 크게 함으로써 side lobe를 제거할 수 있다. Fig. 3과 Fig. 4는 각각 side lobe가 있는 경우와 제거된 경우를 나타낸다. Light Tools를 이용한 시뮬레이션과 실험을 통하여 side lobe의 제거는 시야각과 normal luminance를 향상시키는 것으로 나타났다.

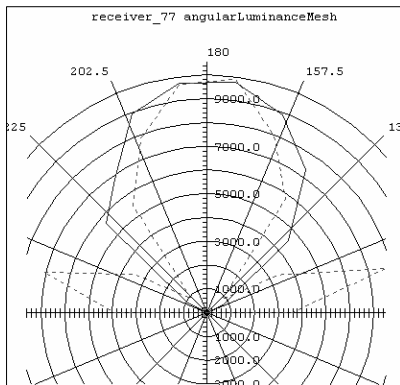


Fig. 3. BEF에서 나타나는 side-lobe 현상.

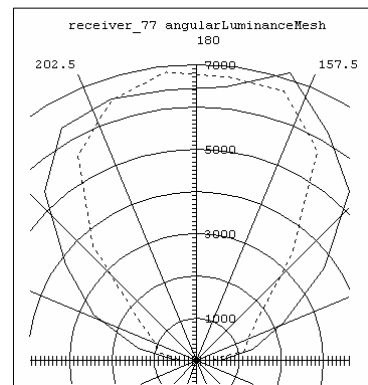


Fig. 4. Side lobe가 제거된 angular luminance profile.

참고문헌

1. A. Horibe, M. Baba, E. Nihei, y. Koike, "High efficiency and High visual quality LCD Backlighting system" SID 98 Digest, pp. 153-155 (1998).
2. T. R. M. Sales, S. Chakmakjian, G. M. Morris, and D. J. Schertler, "Light tamers," Photonics Spectra, pp. 58-64 (Jun. 2004).
3. Kashima et. al., "Back Lighting Device for a Panel", US Patent 5, 093, 765 (1992).
4. J. C. Stover, *Optical Scattering*, 2nd ed. SPIE Press, 1995.