

LCD backlight unit의 고분자 산란형 도광판에 관한 연구

LCD backlighting system with high luminance and good uniformity

정 일 용*, 박 우 상**
(Il-Yong Jung, Woo-Sang Park**)

Abstract

we analyzed multiple ray tracing in the highly scattering optical transmission(HSOT) polymer plate by means of the Monte carlo simulation. Light transmission behavior in the light guide was simulated by a 3-dimensional ray tracing program considering scattering angle given by the Mie theory and mean free path. To improve the uniformity of the conventional HSOT backlight unit, We employed additionally dot patterns. For the proposed structure, we calculated the light transmission behavior and obtained a bright and uniform backlight unit for a large size LCD panel of more than 12 inch.

Keyword : backlight unit, light guide, Monte carlo, Mie scattering, LCD

1. 서 론

최근 LCD에 관한 연구는 휴대용 컴퓨터의 전력 소모를 줄이기 위한 방향으로 다양하게 이루어지고 있다. LCD display에서 가장 많은 전력을 소모하는 것이 backlight임에도 불구하고, 그 개선 방향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 현재 TFT-LCD에 사용되고 있는 backlight 도광판은 측면으로 입사되는 광을 반사면을 통해 반사시키는 방법으로 edge-light형이 주로 사용되고 있다. 이러한 구조에서는 균일한 휘도 분포를 얻기 위해서 확산물질을 dot 인쇄하거나 기하학적인 pattern을 삽입하는 방식을 이용하고 있는데, 이것은 광손실이 많은 문제점을 가지고 있다. 최근 이러한 문제를 해결하기 위하여, 고분자 산란형 도광판 방식이 제안되었다.¹⁾ 고분자 산란형 도광판이란 기존의 PMMA 도광판 내에 고분자를 산

포시키는 방법으로서, 도광판 위에서의 광이용 효율을 높일 수 있는 것으로 보고되어 있다. 그러나, 이 방법은 LCD panel의 크기가 커질수록 램프 반대편에서는 휘도가 떨어져서 균일한 휘도를 얻을 수 없다는 문제점을 가지고 있는 것으로 확인되었다. 본 논문에서는 도광판 내에 고분자 물질을 도포함과 동시에 dot pattern을 인쇄하는 구조의 backlight를 분석하여, 개선된 휘도균일도를 얻어 낼 수 있음을 확인하였다.

2. Theory and ray-tracing

PMMA 도광판 내에서 산란물질로 사용되는 고분자 안으로 입사된 빛의 이동을 나타내는 scattering intensity와 efficiency는 Mie scattering 이론²⁾을 통해서 얻어낼 수 있다.

$$I(\alpha, m, \theta) = \lambda^2(i_1 + i_2)/8\pi^2 \quad (1)$$

여기서, I 는 scattering intensity, λ 는 입사되는 빛의

인하대학교 전자·전기·컴퓨터공학부
(인천광역시 남구 용현동 253, Tel : 032) 860-7762)
E-mail : * ; g1991229@inhavision.inha.ac.kr
** ; wspark@inha.ac.kr

디스플레이 광소자분야

파장, r 은 산란입자의 반지름, θ 는 산란각을 의미한다. 식 내부에 쓰여진 i_1, i_2, a_v, b_v 의 정의는 다음과 같다.

$$i_1 = \left| \sum_{v=1}^{\infty} \frac{2v+1}{v(v+1)} \left\{ a_v \frac{p_v^1(\cos \theta)}{\sin \theta} + b_v \frac{dp_v^1(\cos \theta)}{d\theta} \right\} \right|^2 \quad (2)$$

$$i_2 = \left| \sum_{v=1}^{\infty} \frac{2v+1}{v(v+1)} \left\{ b_v \frac{p_v^1(\cos \theta)}{\sin \theta} + a_v \frac{dp_v^1(\cos \theta)}{d\theta} \right\} \right|^2 \quad (3)$$

$$a_v = \frac{\Psi_v'(ma)\Psi_v(a) - m\Psi_v(ma)\Psi_v'(a)}{\Psi_v'(ma)\zeta_v(a) - m\Psi_v(ma)\zeta_v'(a)} \quad (4)$$

$$b_v = \frac{m\Psi_v'(ma)\Psi_v(a) - \Psi_v(ma)\Psi_v'(a)}{m\Psi_v'(ma)\zeta_v(a) - \Psi_v(ma)\zeta_v'(a)} \quad (5)$$

$$\alpha = 2\pi r n_m / \lambda_0 \quad (6)$$

$$m = n_s / n_m \quad (7)$$

여기서, $p_v^1(\cos \theta)$ 는 legendre polynomial, Ψ_v 는 $x J_v(x)$, $J_v(x)$ 는 bessel function, $\zeta_v(x)$ 는 $x h_v^1(x)$, $h_v^1(x)$ 는 hankel function, n_m 은 PMMA의 굴절률, n_s 는 산란입자의 굴절률을 의미한다.

도광판 내로 입사된 photon은 반복적으로 산란 물질과 충돌한다. 충돌한 후, photon은 초기 진행방향이 아닌, 생성된 scattering angle 방향으로 진행하게 된다. 이 때, photon path length는 산란입자의 단면적과 농도, scattering efficiency 등과 관계를 가진다. photon의 진행과정에서 빛이 진행하면서 도광판 하단(PMMA)에 부딪힐 경우, 이상적인 반사판에 의한 완전반사를 가정하여 경계조건을 세웠고, 확산

물질에 의한 반사일 경우는 확산물질에 의한 난반사를 고려하여 ray-tracing하였다. 또한, 상단에서는 입사각이 임계각보다 커지면 전반사가 일어나는 것으로 경계조건을 세웠다. 도광판 내에서의 빛의 움직임은 Mie scattering에 의한 산란각과 평균자유행로를 고려하여 3차원적으로 추적하였다. PMMA수지 속에 고르게 삽입되어 있는 산란입자의 농도도 중요한 요소가 된다. 그림 1에서 도광판 내에서의 ray-tracing 과정을 도식적으로 나타내었다. 램프에서 출발한 빛은 도광판을 진행하여 반사, 굴절, 산란 등의 과정을 거쳐 최종적으로 도광판 위로 올라오게 된다.

3. 계산 결과 및 논의

그림 2는 입자의 크기가 다를 때, 산란각에 대한 산란광도의 변화를 보인 것이다. 산란입자의 크기가 작을수록 다양한 각도로 산란되어지며, 이로부터 산란입자의 크기가 도광판 위에서의 회도 균일도에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 전산시늉 결과 입자의 크기가 $2.0\mu\text{m}$ 이하가 될 경우 산란이 너무 크고, $10\mu\text{m}$ 이상이 되면 거의 회절만 일어나 산란입자로 적합하지 않았다. 그림 3은 여러 가지 산란입자의 크기에 대한 산란효율을 계산한 결과이다. 각각 파장값은 일반적으로 back-light unit에 사용되는 냉음극형광램프(CCFT)의 주스펙트럼 값에 해당한다.

그림 4의 (a), (b)는 각각 도광판의 두께가 2mm인 도광판내에 $2.0\mu\text{m}$ 인 산란입자를 고르게 산포시키고 dot pattern을 삽입하였을 때, 도광판 추면에서의 빛의 진행상태를 전산시늉한 ray-tracing 모습이다. 현재 노트북 등의 backlight unit에 사용되고 있는 것은 그림 4 (b)의 쇄기형 도광판이다.

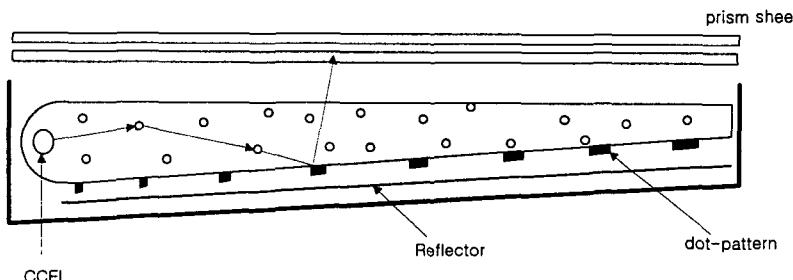


그림 1. 도광판 내에서의 산란

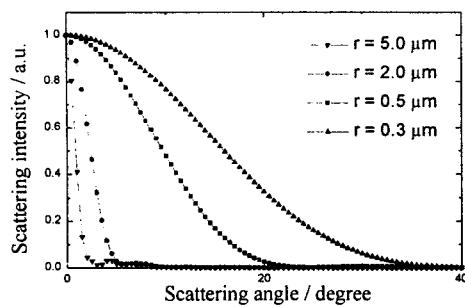
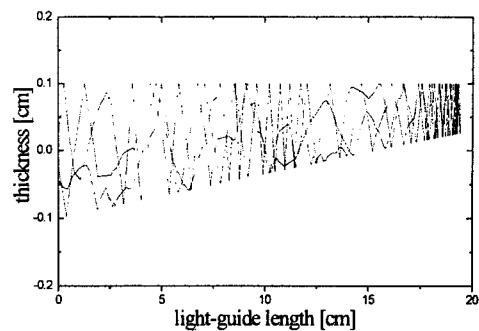


그림 2. 산란각에 대한 intensity 특성



(b) 쇄기형

그림 4. 도광판 내에서의 산란을 ray tracing한 모습

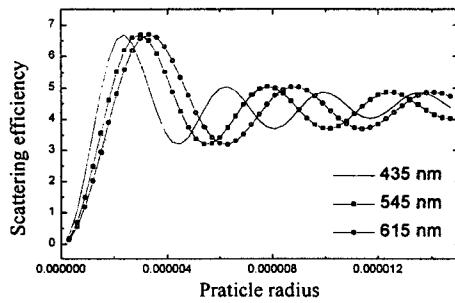
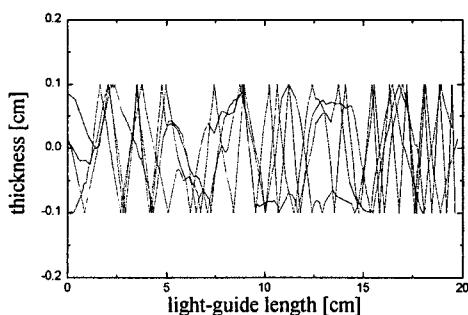
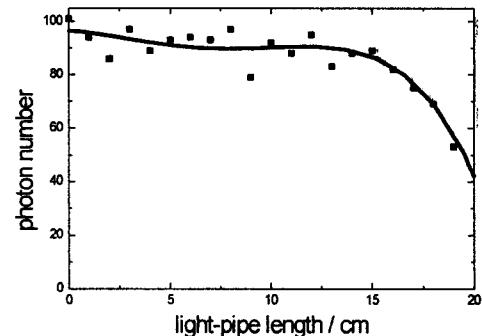


그림 3. 산란입자의 크기에 대한 scattering efficiency

그림 5의 (a)는 도광판 내부에 고분자 산란입자만을 삽입한 경우에 계산한 휘도 균일도이다. 그리고 (b)의 경우는 도광판 내부에 고분자 산란입자를 고르게 삽입한 후, 아랫면에 dot-pattern까지 삽입하여 계산한 결과이다. 확산 물질없이 고분자 산란입자만을 고려한 경우에는 램프 반대편에서 휘도의 균일도가 크게 떨어졌다. 확산 물질로서 dot-pattern을 삽입한 (b)는 (a)에 비해 휘도 균일도가 향상되었음을 확인할 수 있다.



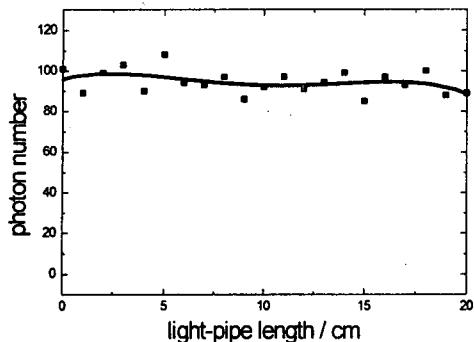
(a) 평판형



(a) polymer만 삽입한 경우

디스플레이 광소자분야

computational methods", World Scientific, pp.187-252, 1990.



(b) polymer와 dot-pattern 동시에 삽입한 경우

그림 5. 도광판 위에서 구한 휘도 균일도

참 고 문 헌

- [1] Akihiro Horibe, Masahiro Baba, Eisuke Nih-ei, Yasuhiro Koike, "High-efficiency and highly-quality LCD backlight using highly scattering optical transmission polymer", IEICE TRANS. ELECTRON, Vol. E81-C, No. 11, 1998.
- [2] Wyn Brown, "Light scattering principles and development", Oxford Science Publications, pp.52-53, 1996.
- [3] William H. Press, Saul A. Teukolsky, William T. Vetterling, Brian P. Flannery, "Numerical recipes in C", Cambridge university press, pp.235-328, 1992.
- [4] Ward Cheney, David Kincaid, "Numerical mathematics and computing", 3th Brooks / Cole Publishing Company, pp.84-85, 1994.
- [5] George B. Arfken, Hans J. Weber
"Mathematical methods for physicists", Academic Press, pp.627-692, 1995.
- [6] Julla S. Higgins, Henri C. Benoit, "Polymers and neutron scattering", Oxford Science Publications, pp.57-70, 1994.
- [7] Ping Sheng, "Scattering and localization of classical waves in random media", World Scientific, pp.259-260, p.237, 1990.
- [8] Baber Hill, "Light scattering by particles :