

넓은 시야각 확보를 위한 반사판의 최적 조건 설계

Optimization of a reflector for wide viewing angle LCDs

김홍철*, 박원상, 이기동, 윤태훈, 김재창
 부산대학교 전자공학과
 hckim5@hyowon.cc.pusan.ac.kr

I. 서 론

반사형 LCD는 주변광을 광원으로 사용하므로 높은 반사율과 주변환경을 고려한 시야각 특성을 요구한다. 이러한 반사형 LCD의 성능을 결정하는 요소로서는 반사판, 보상판 그리고 LCD의 구조가 있다. 반사형 LCD용 반사판은 최적의 디스플레이를 위해 반사되는 빛의 방향을 조절하고 사용자 위주의 시야각을 형성할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 반사특성을 나타내기 위한 조건을 이해하고, 특히 넓은 시야각 확보를 위해 표면구조에 따른 중요 파라미터와 그 최적 조건을 찾아내어 이론적으로 접근하고자 하였다.^(1,2)

II. 반사판의 표면구조에 따른 반사특성

표면이 Random한 경우의 반사특성은 다음과 같은 벡크만(Beckmann) 수식으로 해석될 수 있다.⁽³⁾

$$\rho(\theta_i, \theta_o, \phi_o) = \frac{RF_1}{\pi r^2 \tan^2 k} \exp\left(-\frac{F_2}{\tan^2 k}\right) \quad (1)$$

식(1)에서 산란계수 ρ 는 입사하는 빛의 세기에 대한 반사되는 빛의 세기의 비를 나타내며 R 은 사용되는 금속의 반사율이다. surface roughness k 는 표면 경사각 α 의 rms값을 의미한다. k 를 바꿔가면서 반사특성을 조사해 보면 그림 2에 나타낸 결과와 같이 k 의 크기에 따라 반사특성이 달라짐을 확인할 수 있다. 그림 2의 결과에서 보듯이 random한 표면구조를 지니는 기존의 금속 확산 반사판의 경우에는 조절할 수 있는 파라미터가 surface roughness(k) 밖에 없으므로 결국 반사광이 확산되는 정도밖에 조절할 수 없다. 그러나, 반사형 LCD용 반사판은 반사되는 빛의 방향을 조절하고 사용자 위주의 시야각을 형성할 수 있어야 한다. 이를 위해서 표면구조가 주기성을 띠는 periodic rough surface의 반사특성을 조사해 볼 필요가 있다.

III. 주기적인 표면구조(Periodic Profile)에 따른 시야각 결정

Periodic rough surface의 반사특성을 조사하기에 앞서 rough surface의 표면구조와 반사되는 빛의 방향에 대한 관계를 살펴보면, 그림 3에서 입사각이 θ_i 인 경우 $\nu = \theta_i - \beta$ 가 되고 반사각 $\theta_o = \nu - \beta = \theta_i - 2\beta$ 가 된다. 여기에서 보는 바와 같이 반사광의 방향에 영향을 미치는 요소는 표면경사각(β)이다. 그러므로 random rough surface의 경우에는 β 를 임의로 조절할 수 없으나 periodic rough surface의 경우에는 한 주기가 가지는 β 의 범위를 조절하여 반사광의 방향과 크기를 조절할 수 있을 것이다.

Periodic rough surface의 이론적 해석을 위해서는 다음과 같은 또 다른 형태의 벡크만 수식을 이용할 수 있다.⁽³⁾

$$\rho(\theta_1, \theta_2) = WF_2 \frac{1}{A} \int_0^A e^{i\nu \cdot r} dx + O\left(\frac{n_1}{n}\right) \quad (2)$$

표면구조가 cosine일 때, 시야각을 좌우하는 중요 파라미터는 profile의 높이(A) 및 주기(T)에 해당된다. 즉, cosine의 수식적 표현은 $A\cos(2\pi x/T)$ 이므로, 그 미분한 기울기의 크기가 최대인 값은 A/T 에 의해 결정된다. 따라서, 만약 $-80^\circ \sim 80^\circ$ 까지의 아주 넓은 시야각이 필요하다면, 그 중요 파라미터 A/T 를 대략 0.13으로 두면 아주 넓은 시야각까지 확보될 수 있다는 이론적 접근이 가능하다.

마찬가지로 표면구조가 cusp일 때, 그 중요 파라미터는 최대 경사각(α)이라 할 수 있다. cusp의 수식적 표현이 $(\tan \alpha/T) \cdot (x-T/2)^2$ 이므로 그 기울기는 주기의 시작($x=0$)과 끝점($x=T$)에서 최대값($\pm \tan \alpha$)을 지낸다. 따라서, 그 기울기가 표면과 이루는 각은 최대 경사각 α 라 할 수 있다. 이때, $\alpha=40^\circ$ 이면 그 시야각은 $-80^\circ \sim 80^\circ$ 까지 확보될 수 있는 것이다.

아래의 그림 4, 5에 각각의 profile 과 그 시야각 및 반사특성에 대한 결과를 제시하였다.

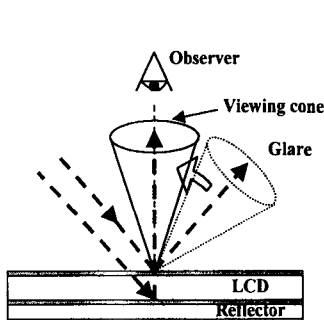


그림 1. 반사형 LCD용 반사판의 특성

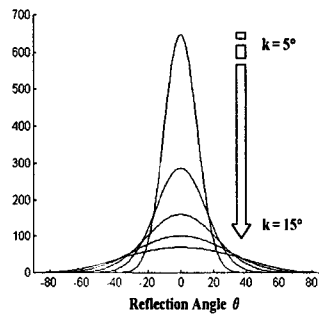


그림 2. k에 따른 반사특성

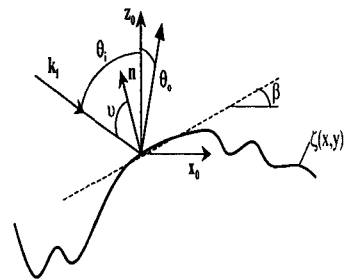


그림 3. 반사각 조절의 원리

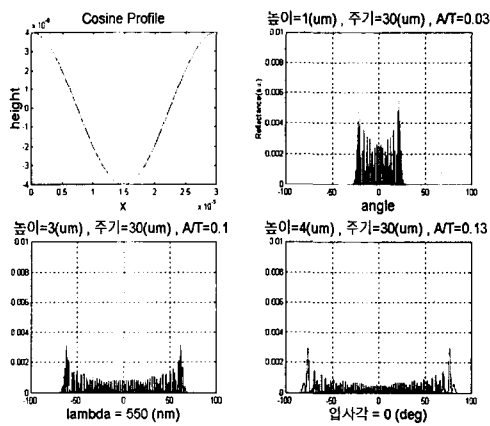


그림 4 Cosine의 시야각 및 반사특성

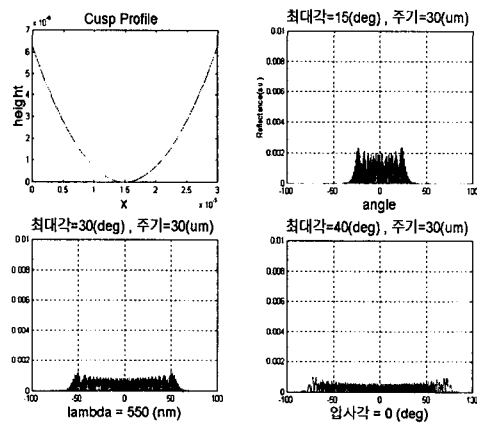


그림 5 Cusp의 시야각 및 반사특성

감사의 글

본 연구는 G7과제의 일환으로 수행되었음.

[참고 문헌]

- (1) N. Sugiura and T. Uchida, AM-LCD '95 Digest, p. 153 (1995)
- (2) N. Sugiura and T. Uchida, SID '97 Digest, p. 1011 (1997)
- (3) P. Beckmann, A. Spizzichino. *The Scattering of Electromagnetic Waves from Rough Surface*, pp. 3-69, (Pergamon/Macmillan, N.Y., 1963)