

프리즘 도광판의 광특성 분석

윤대근, 한정민, 배경운, 김연호, 임영진, *공성현, *김대현
BOE-HYDIS 개발본부, *(주)우영 생산기술사업부

The Optical characteristic analysis for Prism LGP

Dae-Keun Yoon, Jeong-Min Han, Kyung-Woon Bae, Yun-Ho Kim, Young-Jin Lim, *Sung-Hyun Kong,
*Dae-Hyun Kim
Development Division, BOE-HYDIS, *Product Engineering Division, Woo Young

Abstract

최근 LCD제품은 고유한 특장인 경박단소가 요구되면서, 기존의 Back Light Unit(BLU)로는 대응할 수 없는 사양으로 진화되고 있다. 기존과 동일한 설계개념으로 접근시에 시장에서 요구되는 중량, 두께, 휘도의 사양을 만족시킬 수 없으며, BLU의 주요광원인 CCFL(Cold Cathod Fluorescent Lamp)의 휘도 개선 또한 한계에 다다르고 있다. 따라서 앞으로의 BLU의 고성능화는 최적화, 고효율화로의 개발 전개가 예상되며, LCD의 고해상도에 따른 투과율 저하를 보상하기 위한 고품질 BLU의 개발이 시급한 상황이다. 본 연구에서는 이러한 BLU의 고효율화, 고품질화를 달성하기 위한 고성능 도광판 개발과 관련하여, 실물 제작에 앞서 광학시뮬레이션을 통한 이론적 접근을 수행하였다. 연구 결과, 상측에서 정각 90°에 높이 50μm 하측에서 정각 80° 높이 28μm일때 평균조도가 71.52W/m² 구현됨을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 통상의 인쇄 방식 도광판에 비해서 약 20% 정도의 휘도향상이 가능함을 알 수 있었다. 또한 차후 본 결과를 바탕으로 한 실물 제작을 통해 설계 시뮬레이션 결과와의 비교를 통해서 정확한 예측이 가능한 시스템을 구현함을 목적으로 하였다.

Key Words : 프리즘 BLU, High Brightness

1. 서 론

최근 한국, 일본, 대만의 3국으로 대표되는 TFT-LCD 제조처에서의 비약적인 양산증가 및 수요팽창에 따라서 LCD 제품의 고부가가치 상품군에 대한 관심이 급증하고 있다. 기존의 제품보다도 높은 해상도에 보다 원활한 시인성을 제공하기 위한 고휘도^{1), 2)}의 특성을 만족하기 위해서 부단한 노력이 경주되고 있는 가운데, 주요한 개발 과제로서 BLU의 성능개선이 요구되고 있다. 특히 LCD 고유의 특성인 경박단소에 대한 심화된 요구에 따른 무게, 두께 사양을 만족하기 위한 광학필름 사용의 제한, 고정세 LCD 제품군을 위한 투과율 감소에 따른 휘도저하를 해결하기 위한 고휘도화에 대한 요구는 BLU 개발의 주요 목표가 되고 있다. 그러나, 기존의 BLU 구조에 대한 근본적인 변경은

불가능하며, 향후 BLU의 성능개선은 효율개선을 중심으로 진행될 것으로 예상된다. BLU를 구성하는 주요부품으로서 CCFL의 휘도 향상은 거의 한계상황에 이르러, 발생광량의 비약적인 증가를 기대하기는 어려운 상황이며, 광학필름 등의 개발 또한 현 수준의 광학특성에 저가격, 신뢰성 개선등으로 목표가 설정되고 있으므로, 휘도 향상에 기여할 수 있는 부분은 미약한 실정이다. 따라서 본 연구에서 주요 과제로 설정한 고효율의 도광판 광학설계만이 현재의 시장수요에 대응할 수 있는 유일한 방법으로 판단된다.

본 연구에서는 고효율의 우수한 도광판을 제작하기 위해서 실물 제작에 앞서, 프리즘 형상^{3), 4)}을 부가한 도광판에서 주요설계 Parameter를 추출하고 이에 대한 조절을 통해서 휘도 개선 효과를 광학시뮬레이션^{5), 6)}을 통해서 검증하였다. 특히 본

시뮬레이션 검증에서는 광학계통의 광선추적방식으로 ASAP(TM) 및 SPEOS(TM)을 사용하였으며, 기본 설계 변수 설정 및 각각의 변수에 대한 도광판 특성의 의존성에 대해서 연구하였다.

2. 실험

2.1 프리즘 도광판의 구조 및 설계변수 설정

본 연구에서는 프리즘 형상이 부가된 도광판을 기본으로, 설계 변수의 설정에서 각각의 변수를 고려한 최적의 사항에 대해서 연구하였다. 아래의 그림 1.에서 나타낸 바와 같이 프리즘 도광판이란 기존의 인쇄, 가공 도광판과는 다르게 도광판 하측면에 프리즘 Pattern이나 요철Pattern 등의 균일된 모양을 설계하고, 상측면 역시 프리즘 Pattern으로 설계하거나 요철 Pattern으로 설계하여 휘도와 균일도를 상승시킨 도광판을 말한다. 제조회사에 따라서 프리즘 pattern은 상측, 하측, 또는 양면으로 각각 구성되며, 가장 큰 차이점은 제조방식에 있고, 통상 인쇄 Type 에 비해 20~30% 정도의 고휘도를 달성할 수 있다.

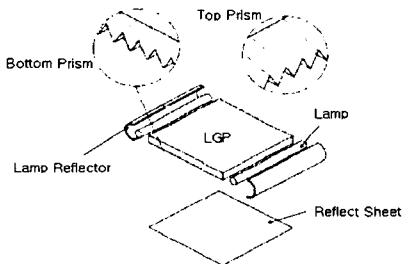


그림 1. 프리즘 도광판의 구조.

본 연구에서는 먼저 Monitor 형의 평판형 도광판을 대상으로 광학시뮬레이션을 수행하였으며, BLU(Back Light Unit.)는 기본적으로 램프 4 개 채용에 램프 반사판은 확산반사 특성의 TFT-LCD 용 범용 반사체인 Alset(Mitsui Chemical co., Ltd.)을 사용하였다. 기타 기구적인 사양은 당사 17inch Model의 기본적인 사양을 기준으로 설정하였다.

설계 변수의 설정은 대표적으로 상하측 프리즘에 대해서 개별적으로 Pitch와 Angle(θ), 프리즘의 곡률, 그리고 프리즘 높이(H)등으로 설정하였으며, 각각의 변수에 따라서 최적화된 조건들을 찾기 위하여 광선추적방법을 이용한 광학 시뮬레이션을 실시하였다.

2.2 하측면 프리즘 Pattern의 구조와 변수

하측면 형상은 기존의 인쇄 Type의 도광판과 마찬가지로, 여러 가지 Pattern이 휘도와 균일도를 결정하는 역할을 담당한다. 프리즘 도광판의 고휘도와 균일도를 결정짓는 하측면의 프리즘 Pattern은 다음과 같은 변수를 적용하여 설계하였다.

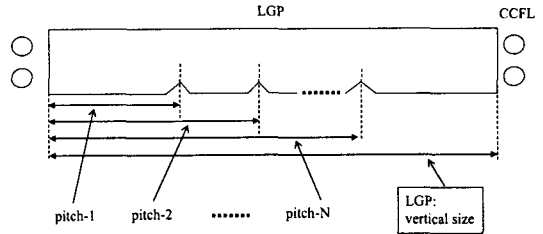


그림 2. 하측면의 프리즘 pattern profile.

그림 2.에서같이 양 측면에 CCFL이 위치하며 휘도, 영상의 균일도를 규정짓는 프리즘 Pattern은 CCFL과 평행방향으로 조합되어 배열되어 진다. 도광판상에 부가된 Pattern은 Pitch가 조밀한 경우 빛을 산란시키는 확률이 증가하여 도광판 상측면으로 빛을 많이 상승시켜주지만, 도광판 중심이나 Edge에 출사광량을 고려하여 고르게 분포하지 못할 경우 상대적으로 도광판 전체의 균일도가 감소되어 우수한 품질을 달성하기 곤란하며, 이와는 역의 관계도 성립하므로 적당히 Pitch를 조절하는 것이 필요하다. 또한 프리즘 Angle(θ)은 양측면에서 발산된 광원을 상향으로 상승시키는 각도를 결정하는 역할을 하게 된다. 프리즘 각도가 클수록 상향으로의 휘도상승효과는 증가하지만 상측면과의 Matching이 새로운 변수가 되기 때문에 조건에 필요한 적절한 광설계가 필요하다.

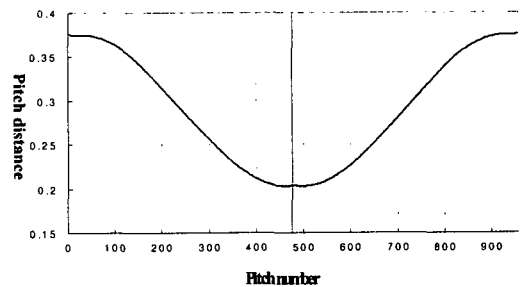


그림 3. 하측면의 프리즘 pattern Pitch Graph.

그림3은 하측면의 프리즘 pattern의 Pitch를 나타낸 Graph이다. 양 Edge에서는 Pitch가 길어 상대적으로 적은양의 Pattern으로 빛의 방향을 상측 방향으로 바꾸어주고 도광판의 중심부근에서는 Edge보다는 조밀한 Pattern으로 중심부근에서 예상되는 휘도감소를 보강하는 역할을 함으로써 전체적인 도광판의 균일도를 조절할 수 있다.

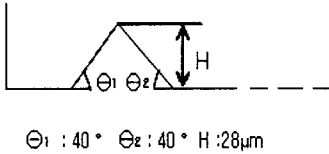


그림 4. 하측면의 Pattern characteristics.

그림 4.는 하측면의 프리즘의 각도와 높이를 나타낸 것이다. 프리즘은 음각형상으로 도광판상에 부가되며, 그 각도 θ_1, θ_2 는 CCFL에서 방출된 빛이 도광판 상측방향으로 최적으로 진행할 수 있게 Angle(θ)를 가변하여 설계하였고, 높이(H)를 변화하여 빛이 프리즘에 닿는 면적을 조절하였다. 도광판의 Pattern 설계시 기존의 인쇄방식이 인쇄 Pattern 전체에서 빛살을 상대적으로 고르게 산란시키는 것과는 다르게 프리즘 Pattern은 빛의 편광성과 직진성을 강하게 가지므로 상하측 프리즘의 적절한 설계로 도광판의 중심휘도의 증가를 가져올 수 있다. 또한 프리즘의 Angle(θ)에 곡률을 반영한 결과에 관한 특성으로 효율성을 높일 수 있음을 확인 하였다. 이에 본 연구는 θ 와 H, 최종적으로 프리즘 Pitch를 변경하여 최적화된 결과를 기준으로 시뮬레이션 설정하였으며, 그림 4.에서 보여주듯이 각도 $\theta_1, \theta_2=40^\circ$ 와 H=28 μm 로 고정하여 BLU를 설계하였다.

2.2 상측면 프리즘 Pattern의 구조와 변수

휘도 특성 조정 및 균일도 향상을 목적으로 하는 하측패턴과 달리 출사광의 집광효과를 통해서 휘도상승을 목적으로 하는 상측 프리즘 Pattern은 균일한 간격으로 프리즘모양이 반복된다. 하측면의 프리즘에서 반사되어 도광판 상측으로 출사된 빛은 광원의 주축방향이 하측면의 프리즘 Angle에 의해서 결정되므로 도광판 중심부의 휘도를 최대가 되도록 상측 프리즘면의 Angle과 Width를 조절하게 된다.

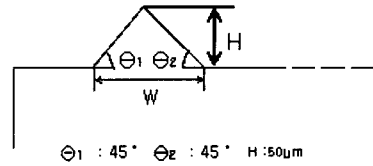


그림 5. 상측면의 Pattern characteristics.

그림5.에서 보여주듯이 상측면은 프리즘 Pattern을 결정하기위하여 Width(W), Angle, 높이(H) 그리고 곡률변경을 변수로 지정하였다. 최적화된 결과를 얻기 위해서 H를 고정하고 Angle을 변경하거나 angle을 고정하고 곡률을 변경하여 최대의 휘도상승요건을 찾기 위한 시뮬레이션을 실행하였다. 상측면의 프리즘면의 곡률 적용은 기존 BLU에서 휘도를 증가시키는데 사용되어진 광학필름인 BEF, RBEF(3M社의 프리즘 Sheet)의 Spec.과 비교하고 적용하여서 휘도상승요인을 확인하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 하측 프리즘 Pattern면의 시뮬레이션 결과

앞서 설명한 시뮬레이션을 위한 기본적인 Spec.은 17인치 Model을 기본으로 하여 4개의 램프를 도광판 양끝단에 배치하고 램프 반사판, 도광판 및 반사판은 기본적인 사양에 준하였다.

그림 6.은 하측 프리즘면을 통과한 빛의 Luminous Intensity Diagram이고, 본 시뮬레이션은 변수변경 요인들을 종합하여 최적화로 판단되는 Angle θ_1, θ_2 을 40° 로 고정하고, 프리즘 높이(H)를 28 μm 로 고정하여 시뮬레이션 결과이다. 그림에서 도광판 중심부의 Luminous Intensity는 프리즘 Angle과 Pitch에 따라 상대적으로 크고 양 Edge부분에서는 감소함을 볼 수 있다. 또한 광원과 프리즘이 평행한 방향으로 시야각이 넓게 나타나는 것을 확인할 수 있는데 이것은 프리즘 Pattern을 지난 빛의 직진성에 관계된다.

그림 7.은 하측면 프리즘에 변수인 곡률을 반영하여 시뮬레이션한 결과이다. 도광판의 좌우는 곡률이 증가하여도 변화가 미미한 반면 상하 광원과 직교하는 방향은 곡률변경이 증가할수록 중심부의 광원의 세기가 예리하게 증가함을 볼 수 있다.

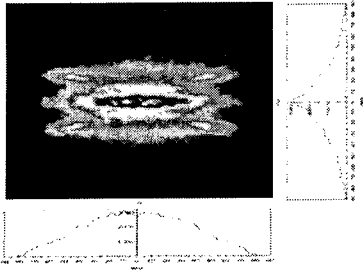


그림 6. 하측 프리즘면의 Luminous Intensity.

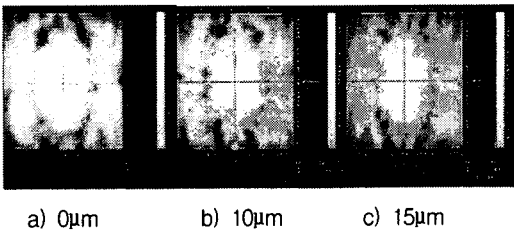


그림 7. 하측 프리즘면 곡률반경 변화 시뮬레이션.

이러한 결과를 바탕으로 개발대상의 휘도 및 휘도균일도 사양에 맞는 개발이 가능한 유연한 구조의 설계 시스템을 구성할 수 있음을 보여준다.

3.2 상측 프리즘 Pattern면의 시뮬레이션 결과

도광판 상측면의 프리즘 Pattern의 각도(θ)와 높이(H)의 변경에 따른 시뮬레이션 결과는 휘도를 상승시키기 위한 것으로 다음과 같은 변수로 시뮬레이션을 실행하였다.

실험은 상측프리즘 Angle을 $70^\circ \sim 110^\circ$ 변환하며 프리즘의 높이(H)를 $20\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$ 로 가변하였고, 이에 따른 영향을 분석하기 위하여 광원으로 부터의 출사광선(Ray)수는 80,000개, 전광속(Total Flux) 400을 기준으로 시뮬레이션을 실행하였다.

그림 8의 결과에서 알 수 있듯이 프리즘 Angle 90° , Height $50\mu\text{m}$ 와 Angle 100° , Height $60\mu\text{m}$ 일 때 최대 효율을 나타내고 있음을 알 수 있다.

그림 9는 그림 8.에서 최적화된 조건인 Angle 90° , 높이(H) $50\mu\text{m}$ 일 때 상측 프리즘면만을 통과한 빛의 세기를 나타낸 것이다. 좌우에 램프가 배열되고 프리즘 Pattern은 램프의 직교한 방향으로 위치하여 있는 구조로서, 프리즘을 통과한 빛의 직진성이 산란성보다 강해서 양쪽 끝단으로 빛이 진행한 것을 볼 수 있다.

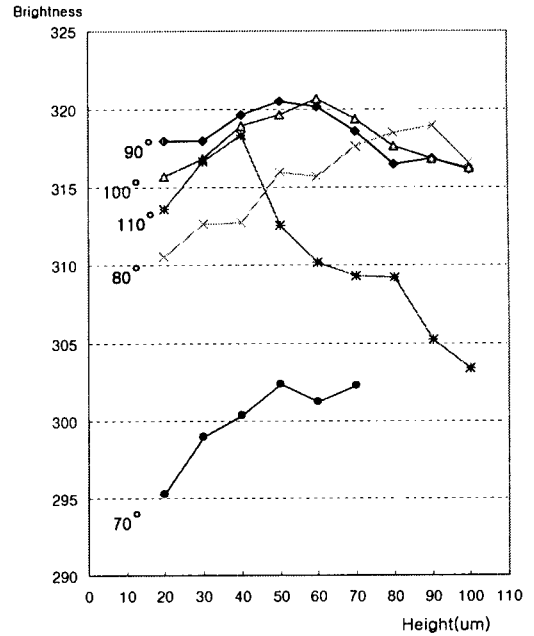


그림 8. 상측 프리즘면의 변수 변경 결과.

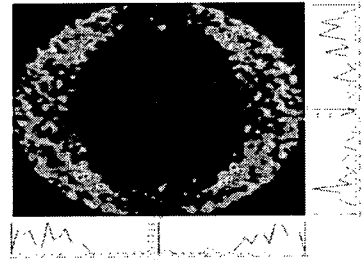


그림 9. 상측 프리즘면의 Luminous Intensity.
(Angle 90° , 높이(H) $50\mu\text{m}$ 일 때)

앞서 실행한 하측면의 Luminous Intensity와 적절한 조화는 중심부의 휘도 상승과 균일도 상승을 예측할 수 있다. 또한 상측프리즘을 정각 90° , Pitch $50\mu\text{m}$ 로 고정하고 정각에 $2\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 의 곡률을 반영하여 휘도값의 변화를 주었을 경우에는 대략 곡률이 반영되지 않았을 경우를 규격화하여 기준으로 하고 그것을 기준으로 한 Gain값은 최대 1.6에서 최소 1.05로 나타났다. 본 결과에서는 곡률이 작을수록 휘도의 Gain은 증가함을 볼 수 있다. 곡률 $2\mu\text{m}$ 에서 상측 프리즘의 시야각은 광원과 수평할 때 대략 80° 를 보이고 곡률이 증가할수록 시야각 증가함을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] K. Kälantär, "Optical Design of Light Guided Plates for Illumination Systems used in Mobile Phone and PDAs", Asia Display/IDW'01, p517[1] H. B. Park, G. Y. Kim, "Simulation of a Backlight for LCD", IDW00, p.367
- [2] H. Tanase, J. Mamiya "A New Backlighting System with a Polarizer Light Pipe for Enhance light Output from LCDs", SID97 Digest, p.365
- [3] A. Horibe, M. Baba, "High-Efficiency and High-Visual-quality LCD Back lighting System", SID 99 DIGEST p.153
- [4] Y. Oki "Novel Backlight with High Luminance and Low power Consumption by Prism-on-Light-Pipe Technology", SID98 Digest, p.157
- [5] K. Kälantär, s. Matsumoto, "Optical Micro Deflector Based Function Light-Guide Plate for Backlight Unit", SID00 Digest, p.1029
- [6] H. Y .Chio, M. G. Lee, "Hologram Based Light Guide Plate for LCD-Backlights", Asia Display/IDW'01, p521

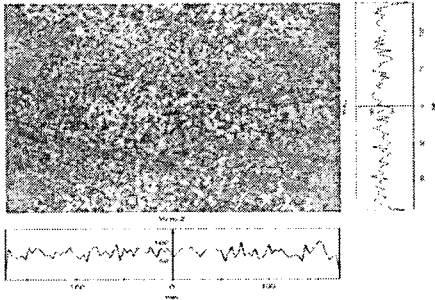


그림 10. 프리즘 도광판을 출사한 빛의 조도 분포.

그림 10.은 프리즘 BLU를 출사한 빛의 시뮬레이션 결과이다. Ray수는 1,000,000개, Source_Power는 1개당 4.45W로 시뮬레이션 하였다. 평균조도는 $71.52\text{W}/\text{m}^2$ 이고, 균일도가 대략 75~80%이다. 개발 방향에 맞추어 조건들을 수정할 경우 균일도와 휘도는 증가할 것으로 예상된다.

4. 결론

본 연구에서는 프리즘형상을 부가한 도광판을 기본으로, 설계 변수를 추출하여 이에 대한 광선추적방법을 이용한 광학시뮬레이션을 실시하였다. 실험용 시뮬레이션은 당사 17인치 모니터 모델을 기본으로 하여, BLU 기구사양을 결정하였으며, 램프 프리플렉터, 몰드프레임, 프리즘 pitch, 램프의 직경, 램프와 램프 리플렉터사이의 길이, 램프와 확산판과의 길이 등을 최적화하여 시뮬레이션 data를 나타내었다. 이러한 시뮬레이션 결과는 향후 실물 사출 구현을 통해서 검증할 예정이며 실 제품과 절대치는 차이가 있을 것으로 생각되나 기존의 시뮬레이션 Tool의 결과와 상대비교를 통해 시뮬레이션 data와 측정치가 그 경향에서 유사함을 보일 것으로 판단된다.

연구 결과, 상측에서 정각 90° 에 높이 $50\mu\text{m}$ 하측에서 정각 80° , 높이 $28\mu\text{m}$ 일때 평균조도가 $71.52\text{W}/\text{m}^2$ 구현됨을 알 수 있다. 이 결과를 바탕으로 통상의 인쇄 방식 도광판에 비해서 약 20% 정도의 휘도향상이 가능함을 알 수 있었다.

본 실험은 프리즘 도광판 구성의 변수 변경요인인 상하측 프리즘 Pattern의 Pitch, Angle, Height 등의 최적화로 향후 예상되는 저비용, 고효율의 요구를 프리즘 도광판으로 대체 가능함을 시뮬레이션결과로 보여 주었다.