

중소형 스마트폰용 BLU의 광학 디자인 및 수명 평가

이선묵^{1,*}, 최진영¹, 최규진², 곽진석²
 한국건설생활환경시험연구원¹, 영남대학교²
 (sunmooklee@kcl.re.kr*)

Optical Design and Life Assessment of BLU for Small and Medium-sized Smart Phones

Sunmook Lee^{1,*}, Jin Young Choi¹, Gyu Jin Choi², Jin Seog Gwag²
 Korea Conformity Laboratories¹, Yeungnam University²
 (sunmooklee@kcl.re.kr*)

서론

디스플레이에는 대표적으로 plasma display panel(PDP), liquid crystal display(LCD), organic light emitting diodes(OLED) 등이 있다. 이 중 PDP, OLED는 자체적으로 발광하는 디스플레이이지만, LCD의 경우에는 광원이 따로 필요한 비발광형 즉, 수광형 디스플레이이다. 여기서 광원을 공급해 주는 장치가 backlight unit(BLU)이다. BLU는 광원의 위치에 따라 직화형과 엷지형으로 크게 나눌 수 있다.

BLU의 두께를 줄이기 위해서는 직화형 LCD 보다 엷지형 LCD를 사용하는 것이 더 용이하다. 엷지형 LCD를 이용할 경우 구조상 도광판을 이용하여 옆면에서 나온 광을 화면으로 나오게 한다. BLU에서 가장 많은 두께를 보이는 것이 도광판이다. 전체에서 66% 정도 차지하는데, 이러한 도광판의 두께를 줄이게 되면 BLU의 슬림화 및 경량화에 적절히 적용이 된다. BLU의 광 소스는 cold cathode fluorescent lamp(CCFL)를 사용하였으나, 수은의 환경적인 문제로 인하여 light emitting diode(LED)를 사용하게 되었다. 또한, LED의 장점으로는 수명이 100,000 시간 이상으로 매우 길고 소비전력이 CCFL 기준으로 1/2 정도로 낮다. 또다른 장점은 풍부한 색 재현력과 높은 명암비이다.

기존의 CCFL를 광원으로 사용하는 BLU의 경우에는 색 재현성이 NTSC(National Television System Committee) 기준으로 60~70%에 지나지 않는다. 백라이트용 LED의 종류는 크게 White LED와 Red, Green, Blue (RGB)LED로 나누어진다. RGB LED는 높은 효율과 화질이 매우 우수하며, 색재현성은 110% 이상 달성할 수가 있다. 또한 10^{-6} s 이하의 빠른 응답속도를 가져 이번보다 훨씬 효과적인 화질제어가 가능하다. 그러나 구조가 복잡하고 white balance를 맞추기가 어려운 단점이 있다. 특히, LED 주변에 휘점이 발생하여 화질을 저하시키는 단점이 있다.

본 연구에서는 중소형 액정 디스플레이의 경량화와 슬림화의 목적에 관계하여, 도광판의 두께를 줄이기 위해 엷지-광원형 도광판을 사용하여 도광판의 구조설계 및 광학설계를 하였고, RGB LED 광원에서 출사되는 빛이 도광판 전반적으로 균일하게 추출될 수 있는 광학조건들을 시뮬레이션 하였으며, 이렇게 만들어진 BLU 모듈에 대해 온도 조건에서의 수명평가를 진행하였다.

본론

1. 시뮬레이션 및 실험 방법

Fig. 1는 시뮬레이션에 사용된 구조를 보여준다. 상판과 하판(패턴이 있는 부분)의 굴절률의 차이를 주고 거기에 따라 광원의 특성을 평가하기 위한 구조이다. 리사이클 되는 빛을 유도하기 위해 반사 편광시트를 사용하였으며, 광원으로는 LED를 사용하였다. 여기서 상판은 LED의 크기에 맞추기 위해 추가적으로 도입된 층이다. LGP(중간층)는 굴절률이(n)이 1.58인 PC(polycarbonate)를 사용하였다. LGP 아래에 사용된 Pattern은 반구

형태를 사용하였으며 발광 균일도를 위해 Pattern간의 간격을 달리하였고 LED앞에 배치되는 color mixing bar는 4가지 형태로 시뮬레이션을 진행하였다. LGP 및 color mixing bar의 설계와 분석을 위해 광 추적 기법을 사용하는 소프트웨어인 LightTools (Optical Research Associates)를 활용 하였다.

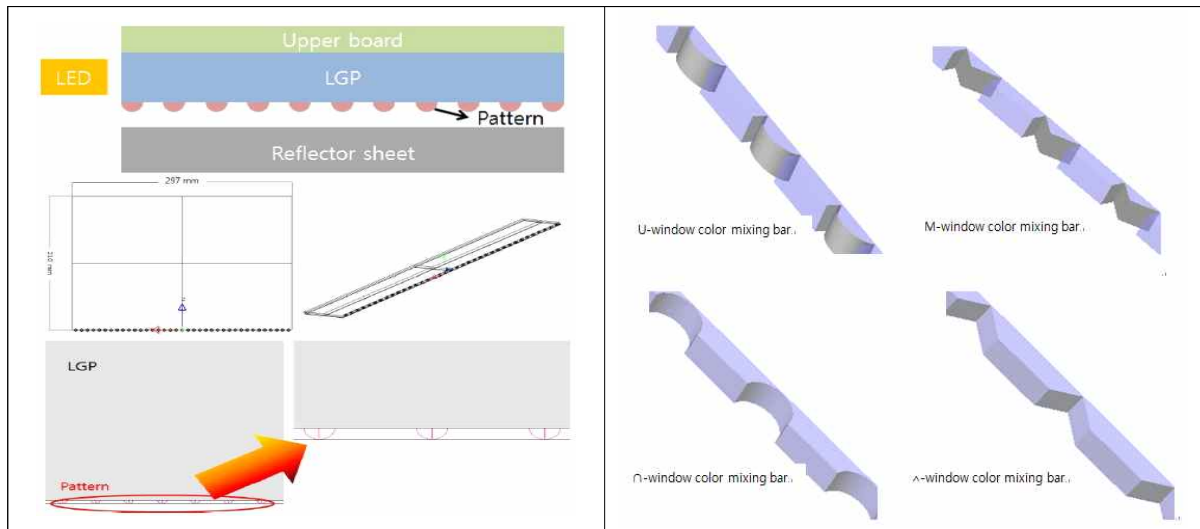


Fig. 1 시뮬레이션에 사용된 BLU 구조 및 color mixing bar 구조

수명 평가를 위해서 온도에 대해 일반 사용온도인 25℃보다 가혹한 온도 환경인 70, 80, 105℃에서 휘도 변화율의 70% 저하점을 고장기준으로 정해 진행하였다. 본 실험은 시료의 고장시간을 연속적으로 모니터링 할 수 없기 때문에 일정한 시간마다 성능값을 측정하고 이로부터 고장시간을 예측하는 방법을 사용하였다.

Table 1. 수명 평가를 위한 고장 데이터

온도(°C)	시험시간(h)	SPL16	SPL17	SPL18	평균
70	시험 전	7594	7630	7738	7654
	72	8048	7968	7774	7930
	144	7954	7892	7777	7874
	216	7849	7951	7716	7842
	360	7651	7756	7690	7699
	480	7744	7730	7609	7694
	576	7626	7346	7562	7511
	720	7750	7828	7610	7729
	984	6019	6232	5826	6026
	1080	5966	5944	5775	5882
	1320	6279	5895	6291	6023
	1560	6187	5986	5919	6031
	1824	5824	5800	5870	5831
	2064	5790	5740	5721	5760
	2592	5548	5531	5498	5526
2928	5413	5387	5357	5386	
3168	5344	5307	5253	5304	
80	시험 전	SPL19	SPL20	SPL21	평균
	120	7442	7525	7507	7421
	240	7385	7396	7482	7421
	360	7445	7301	7472	7406
	480	7282	7320	7453	7352
	840	7262	7366	7423	7350
	744	7109	7297	7477	7294
	840	7212	7133	7276	7224
	1080	7160	7223	7389	7257
	1320	7156	7108	7155	7140
	1584	6949	6934	7089	6991
	1824	6848	6794	7000	6881
	2352	6627	6553	6784	6655
	3072	6241	6100	6365	6235
	3792	5909	5943	5919	5856
4512	5532	5400	5597	5510	
5232	5230	5211	5298	5246	
105	시험 전	SPL22	SPL23	SPL24	평균
	96	7664	7259	7828	7584
	240	7026	6687	7608	7107
	498	6980	6459	7322	6927
	600	6440	6093	6981	6572
	840	6565	6021	6775	6454
	840	6280	5664	6513	6149
	1080	6002	5400	6177	5860
	1344	5907	5271	5958	5679
	1584	5501	5080	5587	5418
1872	5273	5052	5227	5232	
2112	5228	4891	5108	5172	

2. 시뮬레이션 결과

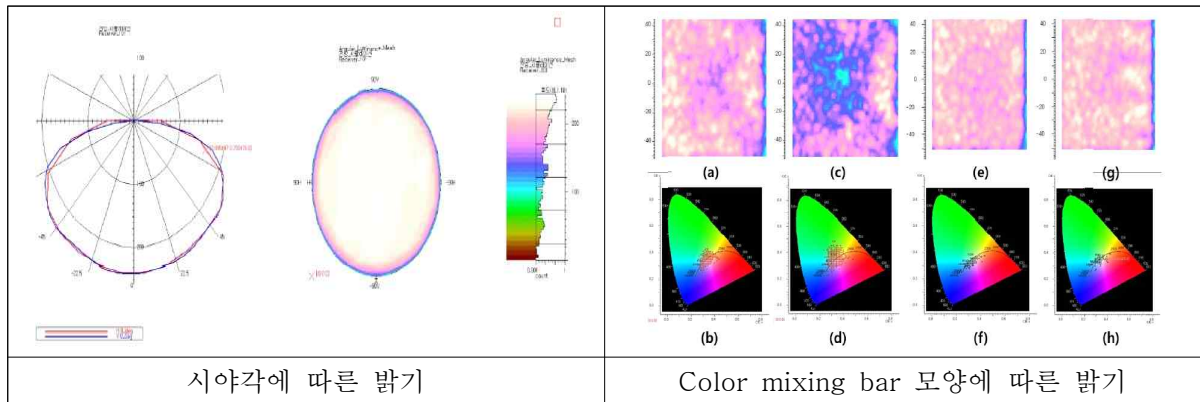


Fig. 2 BLU의 시뮬레이션 결과

상판의 굴절률에는 무관하게 하판의 굴절률이 1.6 정도에서 최적화된 결과를 얻을 수 있었고, 이러한 최적화된 조건으로 시뮬레이션해서 Fig. 2(좌)와 같이 각 휘도에 따른 선도표와 각 휘도에 따른 레스터 도표를 얻었고 그 결과를 보면 고른 분산특성을 보이는 것을 최종적으로 확인할 수 있었다. 또한 Fig. 2(우)에서 보는 바와 같이 color mixing bar를 사용하였을 시 휘점 현상이 거의 사라질 뿐만 아니라, color mixing bar를 사용하지 않았을 때보다 훨씬 개선된 색 좌표 특성을 보여준다. 4가지 형태의 color mixing bar 중 \wedge 자형투명 color mixing bar가 모든 면에서 가장 좋은 광학적 특성을 보였다.

3. 수명 평가 결과

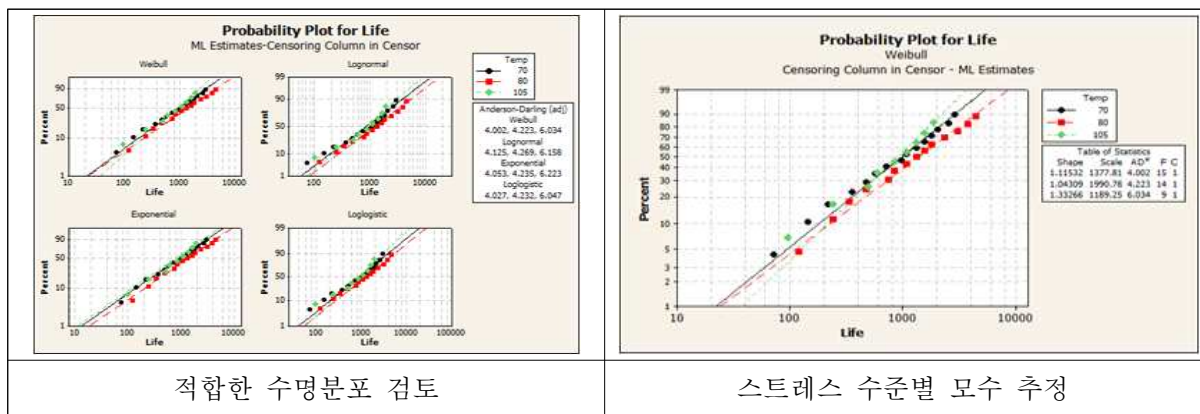


Fig. 3 분포의 적합성 검토 및 수명분포의 모수 추정

MINITAB을 사용하여 해당 고장 데이터에 적합한 분포를 Fig. 3과 같이 검토하였는데, 본 실험 결과의 경우 Weibull 분포, 로그정규분포, 지수분포 및 정규분포 등을 플롯한 결과 Weibull 분포의 Anderson Darling 값이 가장 작은 값을 보여, 본 실험의 경우 Weibull 분포가 가장 적합한 것으로 판단되었다.

Weibull 분포를 적용하여 온도에 대한 가속수명시험 데이터를 최우추정법을 이용하여 각각의 온도 가속 조건별 형상모수 (Shape parameter) 및 척도모수 (Scale parameter)를 Fig. 4(좌)와 같이 추정해 보았다. 그리고, 가속모델의 적용은 온도인자 스트레스에 가장 잘 맞고 널리 알려진 아레니우스(Arrhenius) 모델을 적용시켰다. 가속인자와 Weibull 분포의 척

도모수와의 관계를 나타내는 아레니우스 모델을 적용하여 두 변수들 사이의 수명-스트레스의 관계를 Fig. 4(우)와 같이 직선식으로 나타내었다. 또한, Table 2에 도시한 바와 같이 각 백분위 수준별 및 신뢰수준 95%정규 CI 신뢰구간을 구할 수 있었다.

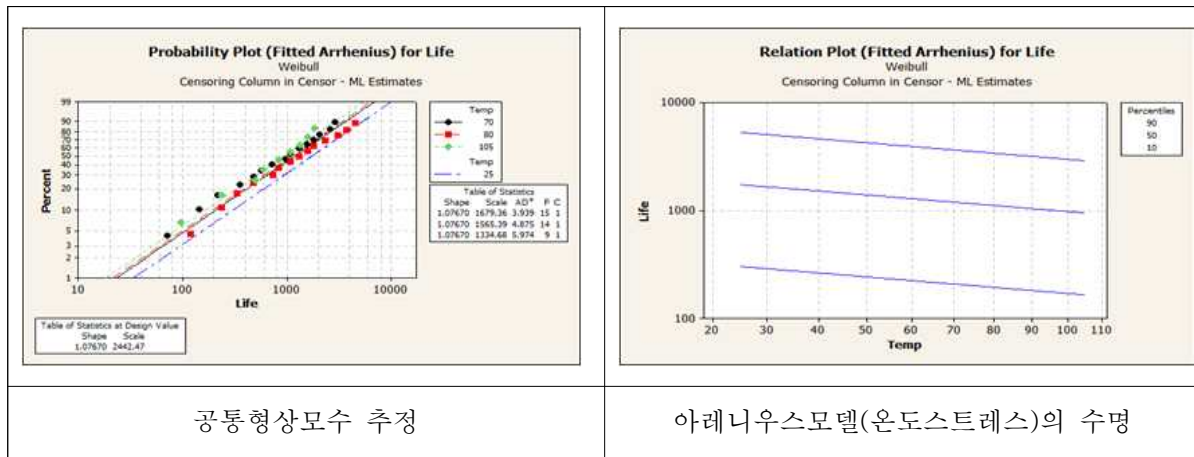


Fig. 4 형상모수의 동일성 검정 및 가속모델의 적용

Table 2. 사용수준의 백분위수 검 · 추정

백분위 (%)	온도(°C)	백분위수	표준오차	95%정규 CI	
				하한	상한
10	25	302.082	279.623	49.2277	1853.71
50	25	1737.77	1504.68	318.395	9484.61
63.2	25	2441.72	2101.77	451.862	13194.3

결론

본 연구에서는 엣지-광원형 도광판을 사용하여 도광판의 구조설계 및 광학설계를 하였고, RGB LED 광원에서 출사되는 빛이 도광판 전반적으로 균일하게 추출될 수 있는 광학조건들을 시뮬레이션 하였으며, 이렇게 만들어진 BLU 모듈에 대해 온도 조건에서의 수명평가를 진행해 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 상판의 굴절률에는 무관하게 하판의 굴절률이 1.6 정도에서 최적화된 결과를 얻을 수 있었다.
2. color mixing bar를 사용하였을 시 휘점 현상이 거의 사라질 뿐만 아니라, color mixing bar를 사용하지 않았을 때보다 훨씬 개선된 색 좌표 특성을 얻었다.
3. MINITAB을 사용하여 해당 고장 데이터에 기초해 수명 분포를 분석한 결과 Weibull 분포가 가장 적합한 수명분포임을 확인하였고, 수명과 스트레스 관계를 밝히는 가속 모델로는 아레니우스 모델이 적합함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 2012년 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(과제번호 : N0000623).