

역프리즘 쉼트의 휘도 향상 특성 분석 및 그 방법의 소개

홍병희 (광운대학교 전자물리학과)

I. 서 론

LCD에는 필수적으로 백라이트가 사용되는데, 이 백라이트에는 여러 종류의 광학 쉼트가 사용된다. 이 중에서 휘도 향상 쉼트는 백라이트에서 출사되는 광의 방향을 면에 수직인 방향으로 만들어주는 역할을 한다. 특히 노트북처럼 개인용으로 사용되는 LCD 모니터 등에서는 광의 수직화가 매우 중요하다. 개인용 모니터의 사용자는 모니터 면에 수직인 방향으로 나오는 광만을 주로 보기 때문에 옆 방향으로 나가는 광들은 거의 필요 없으므로 광들을 수직화시키는 것이 필수적이다. 더구나 도광판으로부터 광들이 출사될 때는 스넬의 법칙을 따르는 굴절에 의해서 상당히 넓혀진 각도로 빠져나오기 때문이다.

노트북용 백라이트의 휘도 향상 쉼트로는 프리즘 쉼트가 많이 사용되는데 일반적인 타입에서는 2매의 프리즘 쉼트를 사용한다.(본고에서는 이러한 타입의 백라이트를 ‘일반 타입’이라고 부르기로 한다.) 하지만 근래 몇 년 동안은 소위 역프리즘 쉼트를 사용하는 백라이트 타입이 각광을 받았다. 이 타입에서는 적은 매수의 쉼트만을 사용하고도 일반 타입의 백라이트보다 적어도 30% 이상 큰 휘도가 구현된다. (본고에서는 이러한 타입의 백라이트를 ‘고휘도 타입’이라고 부르기로 한다.) 고휘도 타입 백라이트를 사용하면 그 높은 휘도 덕분에 액정 패널부에 장착되는 고가의 반사편광필름을 뺄 수 있으며, 이는 곧바로 LCD 모듈의 저가격화로 직결된다. 이러한 이유로 노트북용 백라이트의 대부분을 일반 타입대신 고휘도 타입으로

대체하겠다는 움직임이 크게 형성되었었으며, 따라서 많은 업체들이 이 타입의 백라이트 개발에 전력하기도 하였었다.

하지만 예상과는 달리 고휘도 타입 백라이트의 시장이 크게 확대되지 않았는데, 이는 그 개발 과정이 매우 까다로울 뿐만 아니라 양산 시 광학 특성의 유지 관리가 어려웠기 때문이다. 특히 개발이 어려웠던 이유는 도광판에 정밀한 광학적 기능을 갖는 미세 패턴들을 구현하는 것이 쉽지 않아서였다. 그러나 엄격하게 말하자면, 미세 패턴을 가공하는 기술의 난이도보다는 미세 패턴의 설계가 쉽지 않아서였다. 그리고 이 미세 패턴의 설계가 쉽지 않았던 이유는, 고휘도 타입 백라이트에 사용되는 도광판과 그 위에 얹혀지는 역프리즘 쉼트 사이의 광학적 매칭 특성을 제대로 이해하지 못하고 있었던 측면도 있다.

고휘도 백라이트의 광학 설계 및 개발에서 까다로운 부분은, 고휘도 달성, 휘도 균일도 확보, 입광부의 휘선 및 암선 제거 등의 세 가지로 나눌 수 있다. 휘선 및 암선 문제는 광원과 도광판 사이의 문제이고, 고휘도와 균일도 문제는 도광판과 역프리즘 쉼트 사이의 문제로서 역프리즘 쉼트의 광학 특성을 잘 이해한 후 그에 맞춰 도광판의 패턴을 설계하면 쉽게 해결할 수 있다. 본고에서는 역프리즘 쉼트의 광학 특성을 살펴보고자 하는데, 이 결과를 이용하면 고휘도와 균일도 문제 해결에 큰 도움을 받을 수 있을 것이다. 이러한 분석 과정에서, 역프리즘 쉼트와 일반 프리즘 쉼트와의 비교를 함께 하고자 하는데, 이를 위해서 새로 고안된 ‘3R chart method’라는 방법^[1]도 함께

소개하고자 한다. 이 방법은 프리즘 슈트 또는 역프리즘 슈트만이 아니라, 새로운 타입의 광학 패턴을 갖는 광학 슈트의 광특성을 분석하는데도 매우 유용하게 이용될 수 있다.

II. 백라이트의 구성과 기능

1. 백라이트의 구성 부품과 그 기능

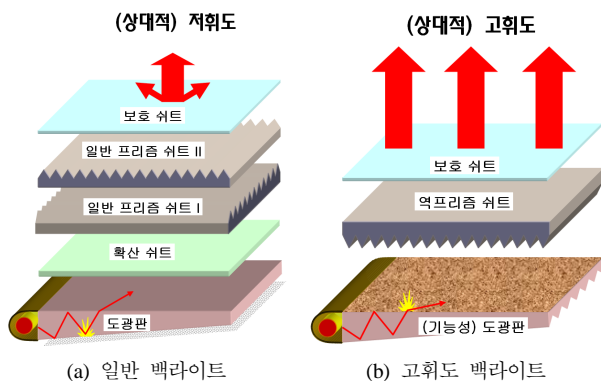
본고에서 지칭하는 백라이트는 노트북용 LCD에 사용되는 백라이트에 한정된다. 우선 일반 타입 백라이트와 고휘도 타입 백라이트의 구성을 비교해보자. [그림 1]에 두 타입의 구성이 나와 있다. 일반 타입에서는 도광판 위에 1매의 확산 슈트를 먼저 사용하고 그 위에 2매의 프리즘 슈트와 마지막에 보호 슈트 1매를 사용하는 구성이다.

여기에 사용되는 도광판은 빛의 경로만을 바꿔주는 매우 단순한 역할만을 한다. 즉, 도광판의 옆면에 설치된 광원으로부터 나온 빛을 도광판의 윗면 방향으로 바꿔준다. 이를 위해서는 도광판의 밑면에 빛의 경로를 바꿔줄 수 있는 반사 또는 산란 기능의 패턴만 있으면 된다. 이 패턴들은 경면의 도광판에 스크린 인쇄를 이용하여 형성해주거나, 또는 도광판을 사출 제조하는 금형 자체에 요철 형태의 패턴을 만들어 놓고 이것을 전사시키거나 하는 방법으로 형성해준다. 이러한 이유 때문에 도광판의 윗면에 적어도 1매 정도의 확산 슈트를 사용하여, 도광판의 밑면에 형성된 반사 또는 산란 패턴을 감춰줘야만 한다. 보호 슈트는 프리즘 슈트의 프리즘 산들을 보호하기 위해 사용

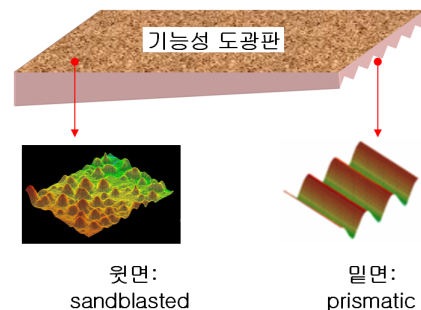
된다. 프리즘 슈트 2매가 사용되는 이유는, 램프의 길이 방향을 기준으로 하여, 그에 평행한 방향과 수직인 방향의 두 방향 모두로 빛을 수직화시키기 위해서이다.

고휘도 타입 백라이트에서는 도광판 위에 역프리즘 슈트 1매와 보호 슈트 1매를 얹는다. 이 때, 보호 슈트는 역프리즘 슈트의 프리즘 산 쪽이 아니라 배면의 기반 필름 쪽에 위치하기 때문에, 보호 슈트를 역프리즘 슈트의 배면에 부착하여 역프리즘 슈트와 일체화 시킬 수도 있다. 이럴 경우에는, 도광판 위에 오직 1매의 슈트만이 얹혀지는 구성이 되어 일반 타입 백라이트와 비교할 때, 슈트 구성면에서 매우 단순한 형태가 된다. 이렇게 슈트 절감이가능한 이유는, [그림 2]에서 보이는 바와 같이 도광판이 슈트들의 일부 기능을 담당하기 때문이다. 그래서 이러한 도광판을 기능성 도광판이라고 부른다. 우선 도광판 자체에 빛의 확산 기능이 있다. 도광판에 확산 기능을 추가하는 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있는데, 하나는 도광판의 원재료에 투명 산란제를 첨가하는 방법이고, 다른 하나는 도광판의 출사면 쪽에 불규칙한 확산 패턴들을 형성해주는 방법이다. 다음으로는, 고휘도 타입 도광판은 프리즘 슈트의 기능도 일부 담당한다. 고휘도 타입 도광판의 밑면에는 램프와 수직인 방향으로 프리즘 패턴을 고르게 형성해준다. 이 프리즘 패턴들은 빛을 수직화시켜주는데, 램프의 길이 방향으로의 빛들을 수직화시켜주며 그 수직화의 정도는 도광판에 형성되는 프리즘의 꼭지각에 의해서 결정된다.

고휘도 타입 백라이트는 일반 타입 백라이트보다 적은 매수의 광학 슈트를 사용하고도 휘도 값은 일반 타입보다



[그림 1] 일반 백라이트와 고휘도 백라이트의 부품 구성 및 상대적 휘도 비교



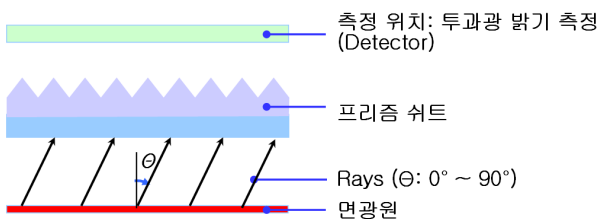
[그림 2] 고휘도 백라이트에 사용되는 기능성 도광판의 윗면과 밑면의 형상. 또 다른 형태의 기능성 도광판에서는 윗면은 경면이고 대신에 도광판 내에 산란제가 들어 있는 것도 있음

30% 이상이 높다. 그런데 도광판이 프리즘 슈트의 기능을 일부 담당한다는 것만으로는 휘도 값이 높은 이유를 설명해주지는 못한다. 휘도 값은 수직 방향으로의 광량이 많다는 것을 뜻한다. 고휘도 타입과 일반 타입 모두, 도광판으로부터 출광되는 빛들의 총 광량은 거의 비슷한데, 고휘도 타입에서는 수직 방향으로의 빛이 많은 반면에, 일반 타입에서는 옆으로 누운 방향으로의 광량도 상당량 되기 때문에 고휘도 타입의 휘도가 일반 타입보다 높은 것이다. 출사광들의 각도 분포가 이렇게 되는 근본적인 이유는, 도광판으로부터의 출사광과 그 위에 얹혀지는 프리즘 슈트와의 매칭 관계에 의해서 결정된다. 본고에서는 이러한 매칭 관계를 분석하는 방법에 대한 소개와 이를 이용하여 고휘도 타입이 일반 타입보다 휘도가 높은 이유를 분석하는 과정을 소개한다.

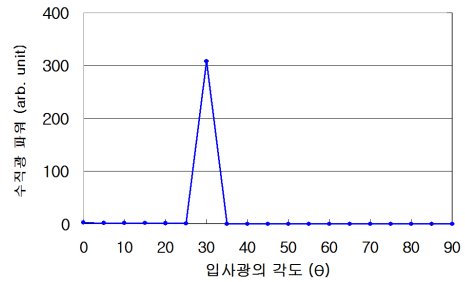
2. 일반 프리즘 슈트의 휘도 향상 특성

우선 휘도 향상 슈트로 가장 널리 사용되고 있는 일반 프리즘 슈트의 광학적 특성을 살펴보자. 이를 위해서 [그림 3]과 같은 2D 모델을 만들어 간단한 광학 시뮬레이션을 해보자. (이 2D 모델에서는 프리즘 산의 단면과 입사광의 입사면이 평행하다.) [그림 4]는 시뮬레이션의 결과로서 슈트의 밑면에 입사하는 광들의 입사각 θ 와 슈트를 통과한 투과광들의 파워 분포를 보여주고 있다.

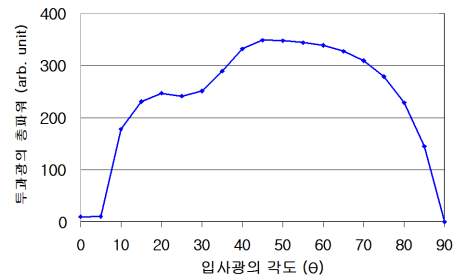
[그림 4]를 보면 일반적으로 사용되는 프리즘 슈트의 간단한 특성 몇 가지를 파악할 수 있다. 입사광이 0°에서 90°사이에 골고루 분포하고 있다고 가정했을 때, 프리즘 슈트를 통과한 후 수직화 되는 광은 입사광의 아주 일부 뿐이며, 그것도 약 30°근방으로 입사하는 경우에 한정됨을 [그림 4(a)]를 통해서 알 수 있다. 즉, 30°이외의 각도



[그림 3] 프리즘 슈트에 입사하는 광의 입사각과 슈트를 통과한 광의 밝기 관계를 살펴보기 위한 시뮬레이션 모델



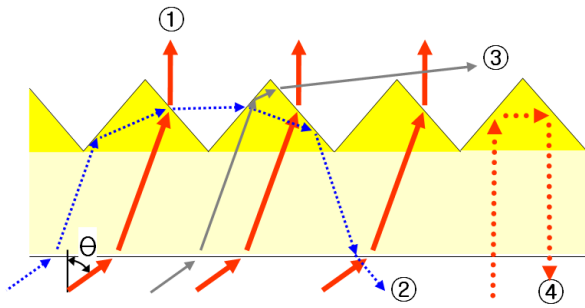
(a) 입사광의 입사각별 수직 방향 투과광의 파워



(b) 입사광의 입사각별 투과광 총량의 파워

[그림 4] 입사광의 입사각별 투과광의 파워 분포

로 입사한 광들은 완전 수직화되지는 않는다는 것을 의미한다. (여기에서 완전 수직광이라 함은 슈트 면의 수직축에 대해서 5°이내의 방향으로 투과하는 광들을 뜻한다. 본고의 뒷부분에서 설명할 3R chart에서는 수직 방향의 광을 수직축에 대해서 20°이내인 광들로 약간 넓혀서 재정의하여 사용함을 주의하라.) 다음으로 [그림 4(b)]는 입사광의 입사각도별 투과광의 파워를 나타낸 것으로서, 프리즘 슈트가 실제로 통과시키는 광의 양을 나타낸 것이다. 이를 보면, 프리즘 슈트에 수직으로 입사하고 있는 광들, 즉 0°로 입사하고 있는 광들은 전혀 통과하지 못함을 볼 수 있다. 이는 프리즘 산에 의한 전반사 때문에 광들이 광원 방향으로 되돌아가기 때문이다. 따라서 광의 수직화를 목적으로 사용되는 슈트가, 이미 수직화되어 있는 광들은 차단해버리는 달갑지 않은 결과가 발생한다. 그리고 [그림 4(a)]에 의하면, 30°근방으로 입사하는 광들의 수직화가 가장 좋았는데, [그림 4(b)]에 의하면 이 각도로 입사하는 광들의 투과율은 50°근방으로 입사하는 광들에 비하여 좋은 편이 아니다. 그럼에도 불구하고 이러한 형태의 프리즘 슈트가 가장 많이 사용되는 이유는 도광판에서 출사하는 광들의 분포가 30°~60°근처에 몰려 있기 때문이다. 여기에서 살펴본 일반 프리즘 슈트의 광학 특성



[그림 5] 일반 프리즘 슈트의 광학 특성

을 다음의 [그림 5]에 다시 종합하여 정리하였다. [그림 5]를 보면, ①번 경로와 같이 약간 누운 각으로 입사하는 광들은 슈트를 통과한 후 대부분 수직 방향으로 진행함을 볼 수 있다. 다만, ②번 경로처럼, 일부의 광들은 광원쪽으로 되돌아가기도 하며, ③번 경로처럼 슈트를 통과하지는 하되, 상당히 눕혀진 각도로 진행하여 그대로 손실되어 버리는 광들도 있다. 앞서서도 언급했었지만, ④번 경로처럼 수직으로 입사하는 광들은 슈트를 통과하지 못하고 광원쪽으로 되돌아가간다. 한편, ②번이나 ④번처럼, 광원쪽으로 되돌아가는 광들은 몇 번의 반사 과정을 거친 후 다시 슈트쪽으로 향하며, 이 중 일부는 슈트를 빠져 나가고 다시 일부는 광원쪽으로 되돌아가는 리사이클링을 되풀이 한다.

Ⅲ. 3R chart method의 도입

1. 3R function의 정의

앞에서 일반 프리즘 슈트의 광학 특성을 살펴보았지만, 이 결과만으로는 프리즘 슈트가 광의 수직화에 얼마나 효과적인지를 정량적으로 파악하기는 어렵다. 정량적인 분석을 제대로 하자면, 광학 슈트의 특성을 파악하는데 통상적으로 사용되는 BSDF(Bi-directional scattering distribution function) 특성을 살펴봐야만 한다.^[2] 참고로 BSDF는 BRDF (Bi-directional reflectance distribution function) 와 BTDF (Bi-directional transmittance distribution function) 등도 함께 통칭하는 용어이다. 이 함수들은 광학 슈트의 특성을 정량적으로 규정하는 양으로서, 예를 들어, BRDF는 슈트에 입사하는 광의 irradiance와 반사하는 광의 각

도 분포의 관계를 표현하는 함수이다. BSDF, BTDF도 각각 BRDF와 비슷한 개념이다. 이 함수들은 입사하는 광의 위치에도 관계되지만, 일반적으로는 다음 식과 같이 각도 관계만을 다룬다.

$$BRDF(\theta_i, \phi_i, \theta_r, \phi_r, E_i) = \frac{dL_r(\theta_r, \phi_r, \theta_i, \phi_i, E_i)}{dE_i(\theta_i, \phi_i)} \quad (1)$$

이 식에서 dL_r 은 반사광의 radiance 이고, dE_i 는 입사광의 irradiance 이다. 그리고 θ 와 ϕ 는 각각 polar angle 과 azimuthal angle 을 뜻한다. polar angle 의 기준 축은 슈트 면에 수직인 방향이다. 그런데 이 식은 슈트의 반사광에 대해서 유용한 정보들을 매우 많이 담고 있지만, 너무 많다는 것 때문에 일반 사용자들이 실제 사용하기에는 매우 불편하다. 이 식이 복잡한 이유는 입사광과 반사광 각각에 대해서 azimuthal angle과 polar angle 들을 모두 포함하고 있기 때문이다. 프리즘 슈트에 대해서 광학 특성을 표현하기 위해서는 BRDF 외에도 BTDF도 정의를 해줘야 하는데 그러면 더욱더 복잡해진다. 그래서 본고에서는 이들보다 간단하면서도 매우 유용한 정보를 줄 수 있는 새로운 방법을 소개하고자 한다. 이 방법은 프리즘 슈트의 광학 패턴의 대칭성을 고려하여 변수를 좀 단순화시킨 새로운 광 특성 함수를 이용한다. 이 함수는 프리즘 슈트의 반사광과 투과광의 분포 특성을 표현하는데, ‘3R function’이라 명명하였다. 여기에서 ‘3R’은 ‘the Reflected and the Refracted Rays’라는 용어로부터 가져왔다.

프리즘 슈트는 프리즘 산의 길이 방향으로는 형상의 변화가 없으며 프리즘 패턴에 수직인 방향으로 진행하는 빛의 성분만을 수직화시킨다. 따라서 프리즘 슈트의 광변환 특성을 정의할 때 이 패턴에 수직인 방향으로 진행하는 빛만을 고려해도 무방하다. 또한 도광관의 옆면에서 입사한 빛들은 심하게 굴절되어, 도광관 내에서는 대부분의 광들이 입광면에 수직인 방향으로 진행하기 때문에 위의 가정은 상당한 타당성을 갖는다. 프리즘 슈트에 입사하는 광들의 intensity를 $S(\theta_i)$ 라 하고, 슈트에서 출사한 광들의 intensity를 $I_o(\theta_o)$ 라 하자. 그러면 입사광과 출사광의 관계는 어떤 함수 $R(\theta_i, \theta_o)$ 로 표현할 수 있다.

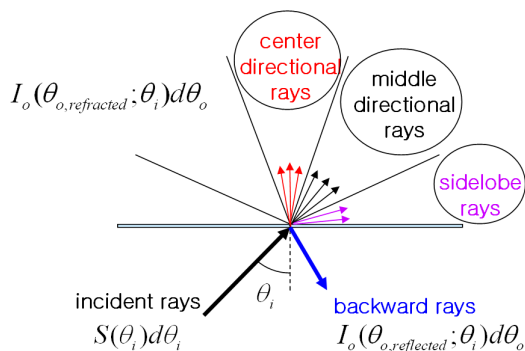
$$R(\theta_o, \theta_i) \equiv \frac{I_o(\theta_o; \theta_i) d\theta_o}{S(\theta_i) d\theta_i} \quad (2)$$

한편 출사광은 반사광과 투과광으로 나눌 수 있는데, 투과광은 다시 그 진행 방향에 따라 몇 개의 그룹으로 나눌 수 있다. [그림 6]은 이러한 관계들을 도식으로 보여주고 있다.

[그림 6]에서는 투과광을 크게 4개의 그룹으로 나누고 있다. 출사되는 polar angle이 대략 0°~20° 정도 되는 광들은 수직광, 20°~70° 정도의 광들은 중간광, 70°~90° 정도의 광들은 sidelobe 광으로 정의하였다. 그러면 슈트에 입사한 어떤 광이든지 슈트를 거친 후에는 그 출사광이 수직광, 중간광, sidelobe 광, 반사광으로 분류된다. 그러면 식 (2)의 $R(\theta_i, \theta_o)$ 를 $R_k(\theta_i)$ 의 형태로 다음과 같이 재정의 할 수 있다. 여기에서 첨자 k 는 center, middle, sidelobe, backward를 나타내며, 각각 수직광, 중간광, sidelobe광, 반사광을 의미한다.

$$R(\theta_o, \theta_i) = \begin{cases} R_{center}(\theta_i) & 0^\circ \leq \theta_o < 20^\circ \\ R_{middle}(\theta_i) & 20^\circ \leq \theta_o < 70^\circ \\ R_{sidelobe}(\theta_i) & 70^\circ \leq \theta_o \leq 90^\circ \\ R_{backward}(\theta_i) & 90^\circ < \theta_o \leq 180^\circ \end{cases} \quad (3)$$

이 $R_k(\theta_i)$ 는 프리즘 슈트의 고유 특성으로 주어진다. 이제 어떤 광원이든지 그 광원의 분포 함수만 주어지면, 이 $R_k(\theta_i)$ 를 이용하여, 그 광원과 프리즘 슈트의 매칭에 의해서 결정되는 출사광의 flux들을 다음과 같이 쉽게 계



[그림 6] 입사광, 반사광, 투과광의 관계

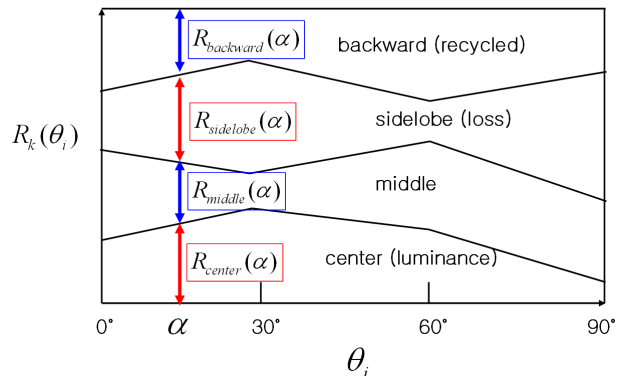
산할 수 있다.

$$F_k = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} R_k(\theta_i) S(\theta_i) d\theta_i \quad (4)$$

이 식에서 F_k 는 k 방향으로 나가는 출사광의 flux 이다.

2. 3R chart의 도입

우리는 $R_k(\theta_i)$ 를 이용하여 그 프리즘 슈트의 광학적 특성이 어떠한 지를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 휘도를 높이기 위해서나 또는 시야각을 좋게 하기 위해서는 슈트에 입사하는 광의 각도 분포가 어떠하도록 해야 하는 지를 쉽게 판단할 수 있다. 그런데 이러한 작업을 하는 데에는 $R_k(\theta_i)$ 에 대한 차트를 이용하는 것이 훨씬 편리하다. 이 차트는 가로축을 θ_i 로 하고 세로축은 $R_k(\theta_i)$ 를 모든 k 에 대해서 누적형으로 그려 놓은 형태이다. 다음의 [그림 7]에 3R chart의 개념도가 나와있다. 이를 보면, 해당 슈트에 입사각 α 로 입사한 광은 슈트를 거친 후에 수직 방향, 중간 방향, sidelobe 방향, 반사 방향 각각으로 어느 정도의 비율로 분류되는지를 한 눈에 파악할 수 있다. 즉, 이 차트는 해당 광학 슈트에 광이 어떤 입사각 θ_i 로 입사할 때 출사광의 분포가 어떻게 되는지를 시각적으로 보여준다. 따라서 수직 출사광이 많은지, 아니면 side로 빠지는 loss 광이 많은지, 아니면 투과하지 못하고 도광판쪽으로 되돌아가는 광이 많은지 등을 쉽게 파악할 수 있다. 또한, 현재 사용되고 있는 광원과 해당 슈트가 잘 매칭이 되는



[그림 7] 3R chart의 개념도

지의 여부도 쉽게 판단할 수 있다. 우리는 이 차트를 '3R chart'라 명명하기로 한다.

IV. 3R chart method의 응용

1. 프리즘 슈트 종류별 3R chart

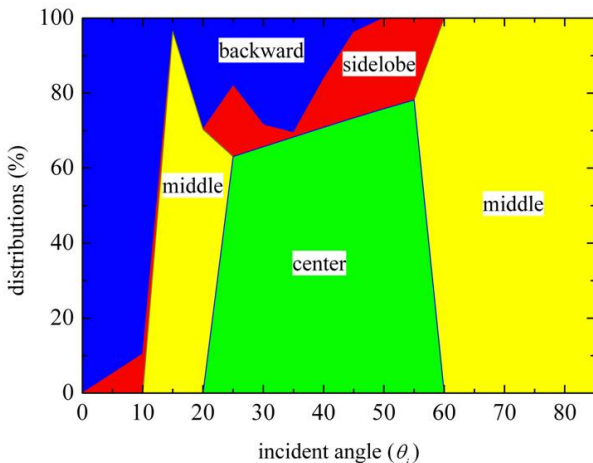
본고에서는 3R chart method의 적용 예로서 일반 프리즘 슈트와 역프리즘 슈트의 3R chart를 구한 후, 그에 대한 비교 분석을 하고자 한다. 다음의 [그림 8]은 일반 프리즘 슈트의 3R chart이고, [그림 9]는 역프리즘 슈트의 3R chart이다. 이 chart들은 광학 시뮬레이션을 이용하여 구한 결과이다. 시뮬레이션에 사용된 슈트 모델은 일반 프리즘 슈트로는 3M사의 BEF II를 대상으로 하였고, 역프리즘 슈트로는 미쯔비시사의 슈트를 대상으로 하였다.

일반 프리즘 슈트에 대한 3R chart 인 [그림 8]을 보면, 약 30°~55° 근처에서 입사하는 광들에 대한 수직화 효과가 가장 좋음을 알 수 있다. 실제로 노트북용 백라이트에 사용되는 인쇄 도광판에 확산 슈트를 1매 얹었을 때 출광되는 광의 분포를 보면 약 50° 근처가 가장 많다. 따라서 일반 프리즘 슈트는 인쇄 도광판에 매우 적합함을 알 수 있다. 하지만 30°~55°의 각도로 입사하는 광의 출사각 분포를 보면 수직광 외에도 backward 광이나 sidelobe 광도 꽤 있음을 볼 수 있다. backward로 반사된 광들은 recycling 되어 다시 프리즘 슈트 쪽으로 출광되기 때문에

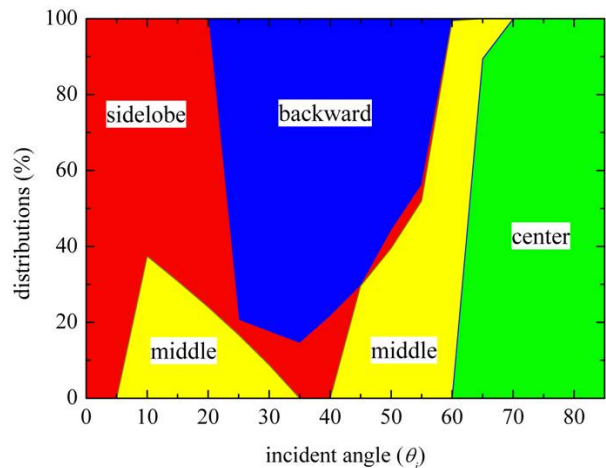
전부 손실되지는 않지만, 이 과정에서 상당량이 손실된다. 그리고 side로 빠져나가는 광은 그 자체로 손실이다. 이렇게 손실되는 광들은 일반 프리즘 슈트의 휘도 향상율의 한계로 작용하기도 한다.

한편 [그림 8]에서 수직으로 입사하는 광을 보면 전혀 통과하지 못하고 전부 다 반사됨을 볼 수 있는데, 이는 앞의 섹션 II에서 살펴본 바와 동일하다. 아무튼 프리즘 슈트의 사용 목적이 출사광의 수직화인데, 수직 방향으로 향하고 있던 광들을 오히려 차단시키는 것은 아이러니컬하다. 물론 인쇄 도광판을 사용한 백라이트에서는 도광판에서의 출사광이 수직 방향보다는 기울어져 있는 양이 더 많기 때문에 프리즘 슈트가 효과를 낼 수 있다. 하지만 직하형 백라이트에서는 확산판과 확산 슈트를 거쳐 나온 광들을 살펴보면 수직 방향의 빛이 가장 많다. 따라서 직하형에서는 프리즘 슈트가 도광판형 만큼 효율적이지 않음을 예상할 수 있다. 직하형에는 일반 프리즘 슈트의 광학 패턴과는 다른 형태의 새로운 패턴을 사용하여 수직 방향의 빛도 잘 통과 시킬 수 있도록 해야 한다.

[그림 9]는 역프리즘 슈트의 3R chart 이다. 이것을 일반 프리즘 슈트의 3R chart와 비교해보면, 특징이 많이 다른 것을 볼 수 있다. 우선, 일반 프리즘 슈트에서는 50° 정도로 입사되는 광이 가장 잘 수직화되었었는데, 역프리즘 슈트를 사용하면 대부분이 뒤로 반사 되어 버린다. 따라서 역프리즘 슈트를 인쇄 도광판에 사용하면 휘도가 매



[그림 8] 일반 프리즘 슈트의 3R chart



[그림 9] 역프리즘 슈트의 3R chart

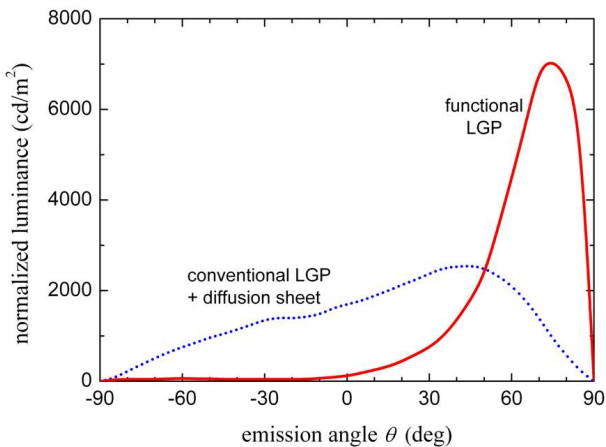
우 낮을 것이다. 역프리즘 슈트 에서 수직화가 가장 잘 되는 빛들은 약 65°~85° 정도로 입사되는 빛들이다. 따라서 역프리즘 슈트와 짝이 되어 사용되는 도광판은 인쇄 도광판과는 다르게 광들이 더 넓혀져서 나와야 한다. 실제로 역프리즘 슈트에 사용되는 도광판은 앞에서도 설명한 바와 같이 광학적 기능들이 포함된 것으로서, 이로부터 출사되는 광들의 각도 분포를 살펴보면 약 70° 근처에서 최대이다.

역프리즘 슈트에 70° 정도로 기울어져 입사하는 광들이 출사되는 방향을 살펴보면, 넓혀진 방향으로의 손실없이 모든 광들이 수직화가 잘 됨을 볼 수 있다. 일반 프리즘 슈트의 경우에는 수직화가 가장 잘되는 각도로 입사한 광들중의 상당량이 반사되거나 옆으로 빠져나가 손실되어 버렸던 것과는 대조적이다. 결과적으로 역프리즘 슈트와 기능성 도광판의 조합이 일반 프리즘 슈트와 인쇄 도광판의 조합에 비해서 휘도가 훨씬 높게 나타난다. 이러한 이유로 노트북용 백라이트에서는 역프리즘 슈트를 채택하는 고휘도 타입이 각광을 받았었음을 알 수 있다.

2. 광원 분포 함수와 3R chart

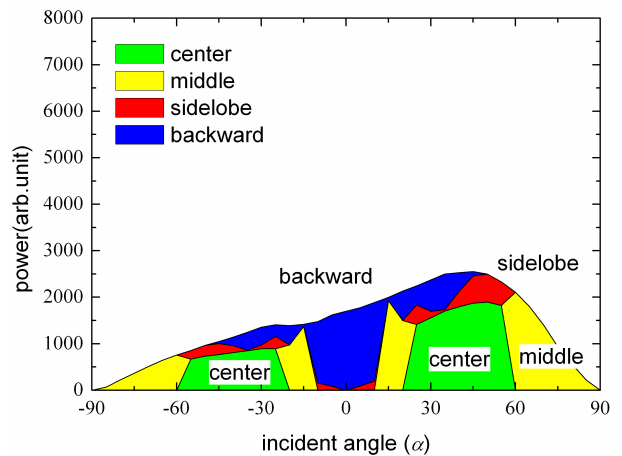
다음의 [그림 10]은 인쇄 도광판과 기능성 도광판에서 출광되는 광들의 각도 분포이고, [그림 11], [그림 12]는 광원의 출사광 각도 분포를 고려한 3R chart 이다.

[그림 11]과 [그림 12]를 보면, 기능성 도광판과 역프리

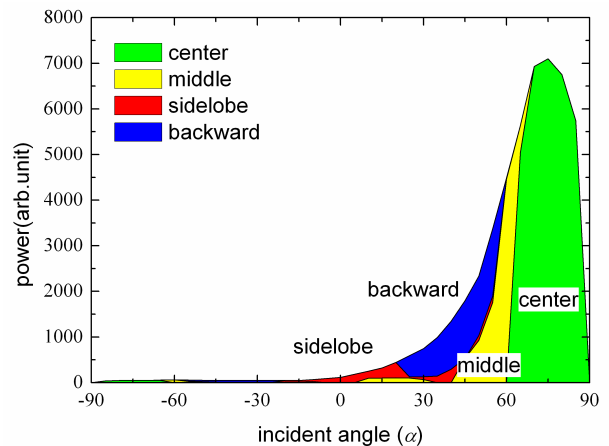


[그림 10] 인쇄 도광판과 기능성 도광판으로부터 출광되는 광들의 각도 분포

즘 슈트의 조합이 일반 도광판과 일반 프리즘 슈트의 조합보다 왜 휘도가 훨씬 높은 지를 명쾌하게 파악할 수 있다. [그림 11]을 보면, 일반 타입은 도광판에서 출광되는 광들의 각도 분포가 넓게 퍼져 있으며 이 중에서 일부 각도의 광들만 수직화 된다. 더구나 그 광들이 모두 수직화되지 못하고 일부만 수직화되고, 나머지는 옆으로 빠져나가거나 반사되어 도광판 쪽으로 되돌아 감을 볼 수 있다. 반면에, [그림 12]를 보면, 기능성 도광판에서 출광되는 광들은 대부분이 특정한 각도로 집중되어 있으며, 역프리즘 슈트는 이 각도로 입사하는 광들 전부를 수직화시키고 있다.



[그림 11] 일반 도광판과 일반 프리즘 슈트의 조합에 의해서 출광되는 광의 방향 분포



[그림 12] 기능성 도광판과 역프리즘 슈트의 조합에 의해서 출광되는 광의 방향 분포

이러한 결과들을 이용하면, 고휘도 백라이트 구현을 위한 기능성 도광판의 개발 방향을 쉽게 설정할 수 있다. 기능성 도광판의 출광 각도는 도광판의 윗면에 형성되는 마이크로렌즈 어레이 패턴에 의해서 결정되는데, 이 패턴의 크기와 분포가 가장 중요한 변수이다. 따라서, 기능성 도광판을 개발하는 과정에서, 그 도광판과 조합이 되는 슈트의 3R chart에 맞도록 패턴 설계를 하면 고휘도 구현을 쉽게 할 수 있다.

V. 결 론

3R chart는 광학 슈트의 광학 패턴에 의해서 결정되는 슈트의 고유한 특성이다. 어떤 광학 슈트이든지 이 3R chart를 알고 있으며, 이 슈트를 가장 효율적으로 사용하기 위해서는 광원의 출사광 각도 분포가 어떠한지 여부를 판단할 수 있다. 또는 어떤 광원이 주어졌을 때, 그 광원의 출사광 각도 분포에 맞도록 프리즘 슈트 또는 휘도 향상 슈트의 광학 패턴을 설계할 수 있다.

고휘도 백라이트를 개발하는 방법으로, 도광판 또는 슈트를 제조한 후 이들을 조립하여 그 광특성을 측정하는 과정을 되풀이하는 방법이 있다. 이 방법에서는 휘도 매칭이 최적화 되었는지 여부는 알 수 없고, 조립과 측정을 반복하는 가운데 가장 휘도가 높은 조합이 발견되면 그것을 설계 스펙으로 확정해 버린다. 매우 원시적인 방법임에도 불구하고 실제로는 가장 많이 사용되는 방법이었다. 하지만 이러한 과정에서 3R chart를 이용하면, 조립을 해 보지 않더라도, 도광판과 프리즘 슈트의 매칭이 최적화

되었는지, 안 되었는지를 쉽게 파악할 수 있다. 만약 매칭이 되지 않았다면, 무엇이 문제인지도 쉽게 파악할 수 있다.

본고에서는 3R chart method의 응용 예로써, 노트북에 사용되는 일반 타입 백라이트와 고휘도 타입 백라이트의 휘도 특성을 비교 분석하는 내용을 소개하였다. 이를 보면, 고휘도 타입 백라이트가 일반 타입보다 휘도가 높은 이유를 명확하게 이해할 수 있다. 이 3R chart method는 이외에도 다른 형태의 광학 슈트 또는 도광판의 개발에도 널리 활용될 수 있다.

참고문헌

- [1] B. H. Hong, JSID에 paper 제출 중.
- [2] J. Stover, "Optical Scattering, Measurement and Analysis" (SPIE Optical Engineering Press, 1995), p.16

저 자 약 력

홍 병 희



- 서울대학교 천문학과 학사
- KAIST 물리학과 석사 및 박사
- 삼성 SDI PDP 사업팀
- (주)우영 백라이트 사업팀
- 현재 : 광운대학교 전자물리학과 교수
- 관심분야: 광학 설계, 방전 물리, 복잡계