

재귀반사 원리를 이용한 점등이미지 향상 LIGHT GUIDE 개발

김형선* · 최성욱** · 진건수**

Development of the Light Guide Lamp for Lighting Image Enhancement Using Retro Reflection Principle

Hyeongseon, Kim*, Sungwuk, Choi**, Gunsoo, Jin**

Key Words : Retro reflection(재귀반사), TRIZ(트리즈), Light guide(라이트가이드)

ABSTRACT

In recent years, most automobile manufacturers have been using slim light source images to imprint their own brand image and identity. A light guide type lamp is widely used for making these kinds of a slim light source image. A light guide lamp means using a light emitting diode light source at one end of a long cylindrical pipe. The light from the light emitting diode source moves through the pipe by total reflection principle. Moving light is sent forward by various optic structures which is applied in the cylindrical pipe.

However, the light guide lamp has a problem that the image of the light differs depending on the viewing direction, and in some cases there is dark section. It means light guide has low quality about lighting image.

In this paper, trying to improve the fundamental problems of the light guide mentioned above by using various triz methods. Through functional modeling, estimating the factors affecting the light in the light guide lamp and make various ideas to improve the lighting image using the chain effect cause analysis, function oriented search scientific database techniques.

Using these kinds of various TRIZ methods, finally find solutions that can improve the brightness and lighting uniformity of the light guide lamp. The ideas obtained in this paper were applied to actual vehicle development, and several patents achievements were obtained.

In conclusion, it is proved that TRIZ method is useful for making ideas in actual automobile industrial field and is also a useful method for acquiring patent.

1. 서론

최근 몇 년간 자동차 제조업체들은 램프를 사용하여 각 회사의 브랜드 이미지를 강조하기 위해 다양한 선포

면 이지를 사용한 점등이미지를 구현하였다.

이러한 점등이미지를 구현하기 위해, 점등 영역의 시 작점에서 LED 광원을 사용하여 전반사 원리를 통해 점등 이미지를 구현시키는 LIGHT GUIDE 램프가 사용되고 있다. Fig. 1에서 적용된 사례를 확인할 수 있다.

LIGHT GUIDE 램프란 INNER LENS, LIGHT PIPE, BACK COVER로 이루어진 광학계 전체를 의미한다. Fig. 2에서 볼 수 있듯이 LIGHT PIPE는 빛이 전반사 되는 경

* 현대자동차 라이팅비전설계팀, 연구원

** 현대자동차 라이팅비전설계팀, 책임연구원

E-mail : enjoy4k@hyundai.com



Fig. 1 LIGHT GUIDE 램프 적용 사례

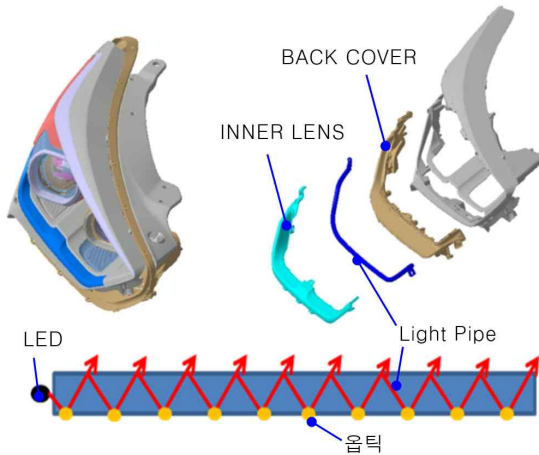


Fig. 2 LIGHT GUIDE 램프

로인 파이프 형상을 가리키며, LIGHT GUIDE 광학계의 하나의 구성 요소이다.

LIGHT GUIDE는 최소한의 빛 손실로 광원에서 특정 거리까지 빛을 보내기 위해 설계된 램프이다. 이때 빛이 이동하는 방식은 전반사의 원리를 사용한다.

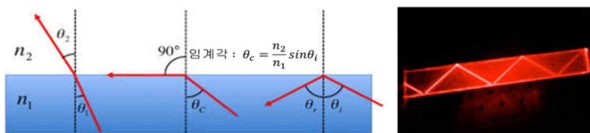


Fig. 3 전반사 원리

Fig. 3에서 볼 수 있듯이 전반사 원리는 광원이 밀도가 높은 매질에서 밀도가 낮은 매질로 이동할 때 발생한다. 광원이 매질에 들어오는 입사각이 임계각보다 커지게 될 경우 모든 빛이 반사되게 된다. 이러한 원리를 통해서 밀도가 높은 매질 내에서 빛이 이동하게 된다.

LIGHT GUIDE 램프에는 빛을 전방으로 이동시키기 위해 LIGHT PIPE에 옵틱 구조가 적용됐다. 이러한 옵틱으로 인해 우리는 LIGHT GUIDE 램프 전방에서 슬림한 빛이 나온다는 것을 느낄 수 있다.

슬림한 빛을 구현하기 위한 구조로 다양한 차종에 적



Fig. 4 LIGHT GUIDE problem

용되고 있지만, LIGHT GUIDE 램프는 Fig. 4와 같이 보는 방향에 따라 점등이미지가 달라지고, 압영대가 존재하는 고질적 문제가 존재한다.

본 논문에서는 TRIZ 기법을 사용하여 점등이미지에 부정적 영향을 주는 인자 분석 및 문제 해결을 위한 솔루션을 도출하고자 한다.

2. 본 론

2.1. 점등 이미지 영향 인자 분석

Fig. 5에서 볼 수 있듯이 TRIZ 기능 분석 기법을 사용하여 LIGHT GUIDE 램프에서 빛이 이동할 때 영향을 주는 인자에 대해 분석했다.

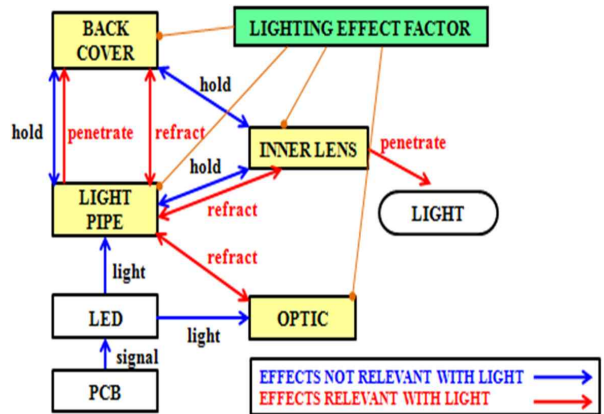


Fig. 5 LIGHT GUIDE TRIZ 기능 분석 모델링

Fig. 6에서 볼 수 있듯이 램프에서 나오는 빛을 역추적해보면 제일 먼저 OUTER LENS를 통과하게 되는데, OUTER LENS는 디자인 스킨 데이터를 기반으로 만들어 지게 되므로 인자 분석에서는 제외시켰다. OUTER LENS 제외하면 빛은 제일 먼저 INNER LENS를 통과해 나오

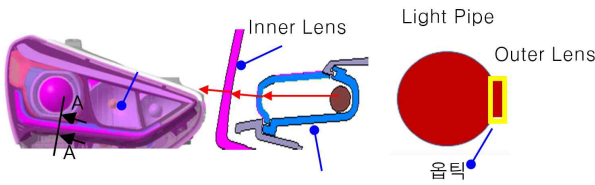


Fig. 6 점등 이미지 영향 인자

며, INNER LENS로 가는 빛은 LIGHT PIPE 내에서 움직이는 빛이 옵틱 구조에 의해 전방으로 굴절됨에 따라 만들어진다. 제일 근본적으로 LIGHT PIPE로 가는 빛은 LED에서 생산된다. LED는 차종마다 사용하는 종류가 규격화 되어 역시 인자 분석에서는 제외시켰다.

최종적으로 TRIZ 기능 모델링을 통해 빛의 방향에 영향을 주어 점등 이미지에 영향을 줄 수 있는 주요 인자를 BACK COVER, LIGHT PIPE, 옵틱, INNER LENS임을 확인했다.

2.2. TRIZ CECA 기법 이용 아이디어 방향 설정

점등 이미지 영향 인자 분석 결과를 바탕으로 LIGHT GUIDE 점등 이미지를 향상시킬 수 있는 아이디어를 생각해 보았다.

본 논문은 TRIZ CECA 기법을 사용하여 점등 이미지 향상 아이디어를 도출해 보았다. CECA 기법이란 근본적인 문제점을 찾기 위해 표면적인 문제점에 꼬리에 꼬리를 물고 질문을 이어나가 본질적인 문제점에 도달하는 방법론이다.

Fig. 7에서 볼 수 있듯이 TRIZ CECA 기법을 이용하여 A~F에 해당하는 총 6가지 아이디어를 도출하였으며, 이 중에서 경쟁차 분석 결과 차이점이 있는 항목인 BACK COVER와 관련 아이디어 E, F를 분석하기로 한다. 또한 E에 해당하는 반사율 높은 표면처리 적용의 경우 실제로

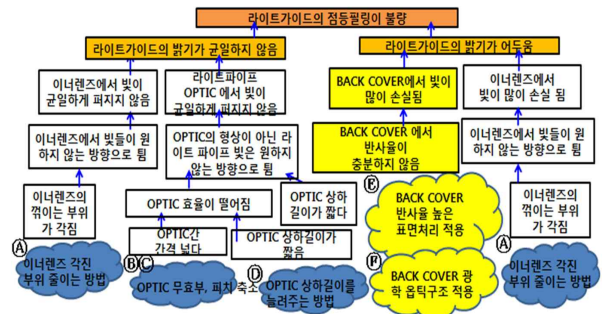


Fig. 7 TRIZ CECA 기법 이용 아이디어 도출

이미 검증된 아이디어 항목이며 원가 상승을 가져올 수 있는 아이디어이므로 본 논문에서는 제외하기로 한다.

참고로 WHITE 페인트가 아닌 반사율이 더 높은 AL 증착을 적용시킬 경우 빛의 밝기에서 많은 효과를 보지만 비점등시 LIGHT GUIDE가 어둡게 보이고, 빛의 HOT SPOT 현상이 발생하므로 주의해야 한다.

최종 아이디어는 F에 해당하는 BACK COVER 광학 옵틱 적용으로 결정하였다. 앞서 언급했듯이 여태까지 접근되지 않았던 아이디어 중에서 기존 LIGHT GUIDE 컨셉과 원가, 중량적으로 증가분을 가져오지 않는 기준으로 아이디어를 선정하였다.

2.3. TRIZ FOS 기법 이용 아이디어 도출

TRIZ CECA 기법을 이용하여 아이디어 방향을 도출하였고, 구체적인 방안을 찾기 위해 TRIZ FOS 기법을 이용하였다. FOS 기법이란 다른 산업에서 유사한 문제상황에 사용되고 있는 아이디어 솔루션을 내가 풀고자 하는 과제에 적용시켜보는 방법론이다.

BACK COVER에는 재귀 반사 원리를 이용한 광학 옵틱 구조를 적용시키도록 하였다. Fig. 8에서 확인할 수 있듯이 도로 면상에 기입된 각종 신호, 청소부의 옷, 도로 표지판 등에서는 공통적으로 빛이 온 방향으로 빛을 되돌려주는 재귀 반사 원리가 사용되고 있다.

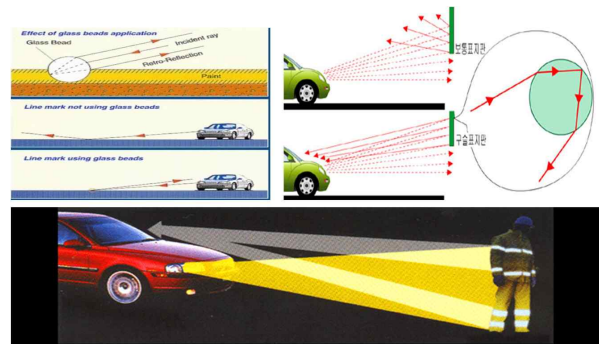


Fig. 8 재귀 반사 원리 적용 사례

일반적으로 램프에 사용된 반사원리는 입사각과 반사각이 같은 MIRROR REFLECTION에 해당한다. 하지만 특정 옵틱 구조가 적용될 경우 Fig. 9에서 볼 수 있듯이 빛이 들어오는 방향으로 되돌아가는 RETRO REFLECTION, 즉 재귀반사가 일어나게 된다. 재귀반사는 어떠한 각도에서 빛이 들어오더라도 앞서 언급된 것처럼 빛이 온 방향으로 되돌아가게 되는데, 자동차의 램프에는 FRONT &

REAR SIDE REFLEX REFLECTOR에 해당 원리가 적용되고 있다. 운전자의 차량에서 나오는 빛이 아닌 대향차에서 나오는 빛을 반사시켜 안전성을 올려주는 컨셉으로 적용이 되고 있다. 앞서 언급된 특정 옵틱의 종류에는 MICRO PRISMATIC 방식과 GLASS BEADS 방식의 2가지가 대표적이다.

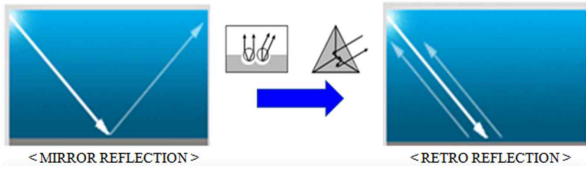


Fig. 9 거울 반사, 재귀 반사

재귀 반사 옵틱을 LIGHT GUIDE BACK COVER에 적용할 경우 기존에 난반사 되던 빛들을, 입사된 방향으로 다시 되돌아가게 함으로써 빛의 밝기와 점등 균일도를 향상시킬 수 있다는 가설을 정의했다.

2.4. 개선 아이디어 시뮬레이션 검증

Fig. 10과 같이 개발중인 SK 차종 BACK COVER에 재귀 반사 옵틱을 적용 후 시뮬레이션 결과를 확인해보았다. 보안 관계로 본 논문에 있는 시뮬레이션 수치는 개발 중 몇 가지 케이스를 가지고 진행된 시험 사례중의 하나일 뿐이며 실제 양산된 차량에 적용된 BACK COVER 옵틱 모양 및 배광값 과는 차이가 있다. 하지만 재귀반사 옵틱 구조를 적용했을 때 배광값이 향상되는 경향은 동일하다.

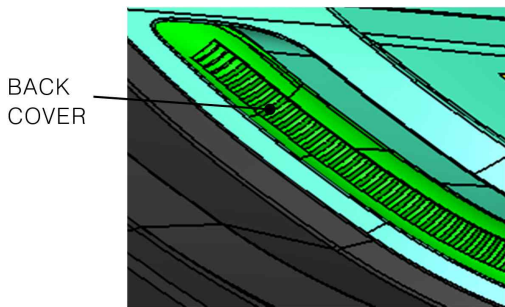
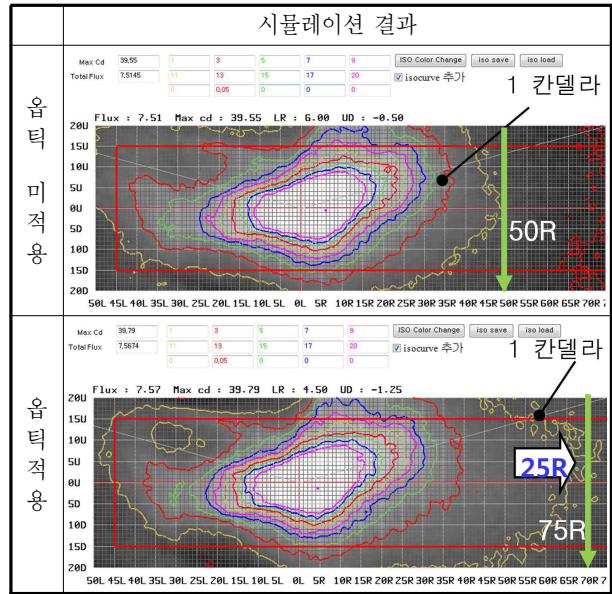


Fig. 10 SK 차종 재귀 반사 원리 적용(양산 사양 아님)

Table 1에서 확인할 수 있듯이 25m 스크린 배광 범주 영역 안에서 BACK COVER 재귀 반사 옵틱 적용시 광속량(Luminous Flux) 값이 0.06lm 향상되었으며, 재귀 반

Table 1 SK 차종 시뮬레이션(양산 사양 아님)



사 옵틱 미적용시 빛이 잘 가지 않았던 75R(차량 바깥쪽)으로 더 많은 빛이 가게 되면서 측면에서 관찰시 암영대가 개선되면서 자동적으로 가시각 범주 미적용 대비 여유 있게 만족할 수 있는 것을 확인할 수 있었다. 가시각 범주가 만족되면 LIGHT GUIDE의 디자인 자유도가 크게 향상되는 효과도 얻을 수 있다.

2.5. 개선 아이디어 실차 리워크 검증

실제 양산된 차종에 재귀 반사 옵틱 테이프를 부착하는 리워크 작업을 통해 본 아이디어에 대한 검증을 하고자 한다.

실품에 재귀 반사 옵틱을 적용하여 비교 해본 결과, Table 2에서 볼 수 있듯이 정의한 가설대로 재귀 반사 옵틱 적용 후 빛의 밝기가 향상된 것을 확인할 수 있다. 미적용시에 있던 빛이 어두운 영역들이 재귀 반사 옵틱 적용 후 사라지는 것을 확인할 수 있다.

2.6. 개선 아이디어 양산 차종 적용

시뮬레이션 및 실차 검증을 통해 효과를 확인한 재귀 반사 옵틱 적용 아이디어를 실제 개발 차종인 SK에 적용하였다.

초기 설계는 Fig. 11과 같이 BACK COVER 에 옵틱 형상 없이 일반적인 평평한 형상으로 설계를 진행하였다. 일반적인 컨셉으로는 금형품의 점등 이미지 품질이 부족

Table 2 NC PE 차종 재귀 반사 옵틱 실차 적용

Option	Simulation Result
옵틱 미적용	
	
	
옵틱 적용	 

하였다.

점등 이미지 개선을 위하여 Fig. 12와 같이 BACK COVER에 재귀반사 옵틱을 적용시켰다. 뒤로 빠져 낭비되던 빛을 전방으로 보냄으로써 효과적인 빛 활용을 통해 개선된 점등 이미지를 가져올 수 있었으나, BACK COVER에 적용된 옵틱과 LIGHT PIPE에 적용된 옵틱이 불규칙하게

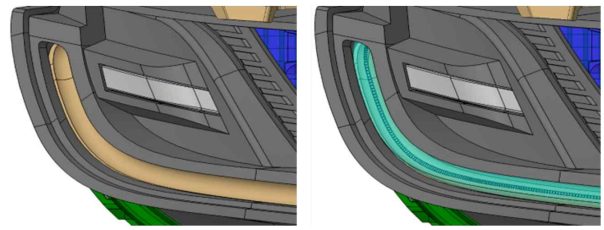


Fig. 11 재귀반사 옵틱 미적용 BACK COVER

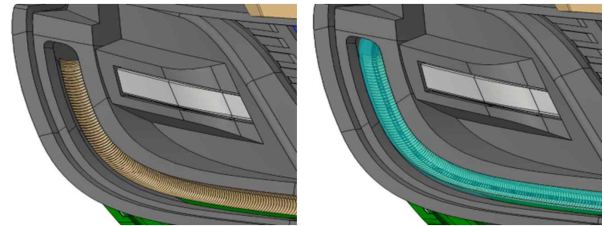


Fig. 12 재귀반사 초기 옵틱 적용 컨셉(옵틱 영역 중복 문제)

중복됨으로 인해 외관 이미지가 복잡해지는 문제가 새롭게 발생했다.

점등 이미지 개선을 위하여 TRIZ 공간의 분리 원리를 이용하여 옵틱이 중복되지 않도록 Fig. 13과 같이 BACK COVER 옵틱 영역 중 LIGHT PIPE 옵틱과 중복되는 영역을 분리하였다. 이를 통해 외관 이미지가 복잡해지는 현상을 개선하였고 배광값을 비교한 결과 거의 유사함을 확인하였다.

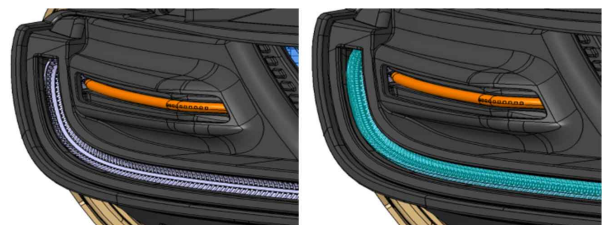


Fig. 13 재귀반사 최종 옵틱 적용 컨셉(옵틱 중복 영역 분리)

이러한 개선 작업을 통해 최종적으로 설계 적용되었으며, Fig. 14와 같이 SK 차종에 실제 적용되었고 해당 제품은 18년 말부터 시작하여 북미, 유럽, 내수 다양한 지역에 판매되고 있다.

이러한 결과를 통해 TRIZ 방법론을 통해 실제 산업 분야에의 품질을 향상시킬 수 있는 유용한 아이디어를 얻을 수 있으며, 그러한 아이디어는 단순 컨셉에 그치는 것이 아닌 실제 제품 개발에 적용할 수 있음을 확인하였다.

또한 재귀반사라는 반사 원리를 이용하게 될 경우 버



Fig. 14 SK 차종 양산 적용

려지는 빛을 재활용할 수 있으며 추후 다양한 광학 제품에 응용될 수 있음을 확인할 수 있었다.

3. 결 론

재귀 반사 옵틱 적용 후 시뮬레이션, 실품 비교를 통하여 LIGHT GUIDE BACK COVER 재귀 반사 옵틱을 적용하여 LIGHT GUIDE의 밝기, 점등균일도, 가시각 범규 만족, 디자인 자유도를 크게 향상시킬 수 있다는 가설의 타당성을 검증하였다.

본 논문의 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) LIGHT GUIDE BACK COVER 재귀 반사 옵틱 적용시 LIGHT GUIDE의 평균 휘도값을 향상시킬 수 있음을 확인했다. 이를 통해 LED 수 절감을 통한 원가 절감이 가능하다.
- 2) LIGHT GUIDE BACK COVER 재귀 반사 옵틱 적용시 휘도 표준편차 값 낮춰 점등균일도 향상시킬 수 있음을 확인했다. 이를 통해 상품성 향상이 가능하다.
- 3) LIGHT GUIDE BACK COVER 재귀 반사 옵틱 적용시 LIGHT GUIDE 가시각 범규 만족 성능을 향상시킬 수 있음을 확인했다. 이를 통해 디자인 자유도를 향상시켜 상품성 향상이 가능하다.
- 4) 본 논문에서 진행한 재귀반사 원리 옵틱 적용은 SK 양산 차종에 적용 완료 되었다.

참고문헌

- (1) Kyeongwon, Lee, 2006, "Application of TRIZ to DFSS in Automobile", KSAE Spring Conference, pp. 2272~2277.
- (2) Kyeongwon, Lee, 2007, "Elimination of Moisture in the Head Lamp of Automobile Using TRIZ", KSAE Spring Conference Volume III, pp. 1639~1644.
- (3) Hyeongseon, Kim, 2018, "Development of Automobile Light Guide for Lighting Image Enhancement Using Retro-Reflection Principle", Triz Future Conference, pp. 154~162.
- (4) Yasuyuki Amano, "The Development of LED Marker Lamp", SAE Technical Paper 2003-01-0557, doi:10.4271/2003-01-0557
- (5) Tsutomu Machida, "Development of Efficient Signaling Lamp with LEDs Mounted on a Free Formed Surface", SAE Technical Paper 2000-01-0436, doi:10.4271/2000-01-0436
- (6) Paul A, Thompson, "Daytime Running Lamps (DRLs) for Pedestrian Protection", SAE Technical Paper 2003-01-2072, doi:10.4271/2003-01-2072
- (7) Takashi Nakamura, "옵티컬 Components for Space-Based Solar Plant Lighting Development and Evaluation of Key Components", SAE Technical Paper 2002-01-2553, doi:10.4271/2002-01-2553
- (8) Vladimir Kubena, "Innovative Approaches to Global Demands of the Exterior Signal Lighting", SAE Technical Paper 2012-01-0260, doi:10.4271/2012-01-0260
- (9) Thomas Luce, "2.5 D LED: A Cost Efficient Solution for 3 D Signaling Lamps", SAE Technical Paper 2007-01-0416, doi:10.4271/2007-01-0416
- (10) Cha, S., Lee, J., Ko, U., Song, T. et al., "A Study on the rear passenger protection mechanism in a wagon vehicle", SAE Technical Paper 2015-01-1480, 2015, doi:10.4271/2015-01-1480.