

점등 이미지 차별화 및 원가 절감 다구획 램프 구조 개발

김형선*

Enhanced Lighting Image Cost Saving Multi Compartment Lamp Structure

Hyeong Seon Kim*

Key Words: Multi compartment(다구획), TRIZ(트리즈), Trimming(트리밍), Lamp(램프)

ABSTRACT

In the automobile industry, lamps are frequently used as a mean to emphasize each company's brand identity. Therefore, many detailed design models have emerged in order to realize a differentiated image in preparation for competitive vehicles. Among them, the design of a multi compartment lighting image concept that realizes light divided in multiple space also being introduced by various manufacturers. In this study, in order to solve the problem of cost and weight rise that the existing multi compartment image lamp has, using TRIZ method such as functional analysis modeling and trimming. Through this process, an idea to minimize cost and weight was derived. As the idea was designed in detail, the formation of light did not go as desired, and the diffusion of light also proceeded differently than intended. In order to overcome this problem, a new concept of corrosion and diffusion structure was applied. Eventually, it overcomes various problems and successfully applied it to a real vehicle. The idea was actually reflected in the "Santa Fe" model. Later, the media focused on the lamps to which the idea was applied, and contributed to the sale of a large number of vehicles by providing consumers with a new light sensibility. During the research process, it was possible to secure a number of patents and knowledge of new design concepts.

1. 서론

자동차 산업에서 램프는 각 사의 브랜드 아이덴티티를 강조하기 위한 수단으로 많이 사용되고 있다. 따라서, 경쟁사 대비해서 차별화된 이미지를 구현하기 위해 복잡한 점등 이미지를 구현하는 디자인 모델도 많이 출현하고 있다. 이 중에서도 단순히 한 공간에서만 빛이 나오는 것이 아닌, 여러 구획에서 나뉜 빛을 구현하는 다 구획 점등 이미지 컨셉의 디자인 또한 다양한 제조사에서 선보이고 있다.

하지만 여러 공간에 빛을 구현하기 위해서는 각 공간마다 별도의 광원을 구성해 줘야 하므로 공간이 분리되지 않은 램프 대비해서는 원가, 중량에 많은 불리함이 존재하고 있다. Fig. 1과 같이 과거 기존의 당사에서 제조한 양산 A 차량 기준 다 구획 이미지 램프의 경우, 영역별로 LED (Light Emitting Diode)를 개별적으로 위치시키고 있어 다수의 LED 및 이를 구성 시키기 위한 다수의 연관 부품이 추가되므로 원가, 중량이 일반적인 단일 구획 또는 2개 이상 구획 램프 보다 많이 불리한 것이 현실이다.

또한 LED가 많이 구성될수록, LED 중에서 하나라도 고장날 확률이 매우 올라가게 된다. 단순히 LED 개수가 많기 때문에 고장률이 올라가는 측면도 있으나, 많은 LED

* 현대자동차 책임연구원, 한양대학교
E-mail: enjoy4k@hyundai.com

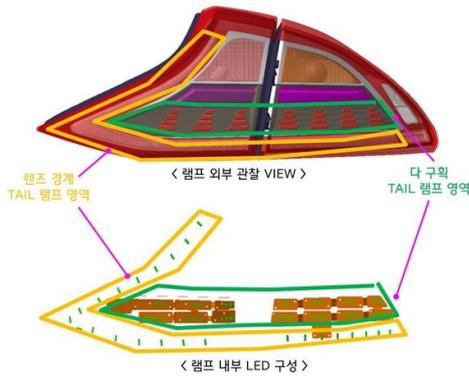


Fig. 1 mass production A vehicle multi-compartment lamp

개수를 감당하려면 높은 전력이 필요하고 이를 위해 높은 전류를 흘리주게 되면 그만큼 많은 열이 발생하여 램프 내부의 온도가 올라가게 되고 그로 인해 LED 자체의 고장률이 급격하게 올라가게 된다. 램프는 어두운 주변 상황에서 운전자의 눈에 해당하는 부품이므로 제대로 작동을 못하면 운전자의 안전에 심각한 위험이 된다. 따라서 LED 개수를 줄여 디자인 이미지를 구현하는 것은 안전 측면에서도 매우 큰 의미를 가진다고 할 수 있다.

본 연구에서는 기존의 다구획 이미지 램프가 가지고 있는 원가, 중량 과다 문제를 개선하면서도 램프 작동 고장률을 최소화 하여 안전성을 향상하기 위해 TRIZ 를 이용하여 기능 분석 모델링(부품간 기능적인 연관 관계 분석하는 다이어그램) 및 Trimming 등의 기법을 이용하여 LED 개수 및 부품 수를 최소로 줄일 수 있는 아이디어를 도출한 과정 및 최종 양산 차종에 적용한 과정에 대해서 다루고자 한다.

2. 본 론

2.1. 기존 다구획 램프 TRIZ 기능 모델링

원가 및 중량 절감을 위한 아이디어 도출 전 기존 양산된 A 차량의 구조를 상세 분석하여 어떤 부분에서 원가를 줄일 수 있을지 확인 작업을 진행하였다. A 차량의 빛의 경로는 Fig. 2와 같다. 램프를 분해하면 LED가 다수 고정된 PCB(Printed Circuit Board)라는 부품이 존재하는데 실질적으로 빛을 생산하는 영역이다. 여기서 나온 빛은 앞에 위치한 CLEAR 이너렌즈를 통과하고 다음 순서로 RED 이너렌즈를 통과하게 된다. 램프의 후방 미등의 경우 범규

에서 RED를 요구하므로 RED 이너렌즈가 들어가고, 빛을 좀더 분산시켜 균일한 빛을 얻고자 CLEAR 이너렌즈가 들어가는 것이다. 마지막으로 다구획 영역 구분을 명확히 하게 해주기 위한 BLACK BEZEL을 투과한 후 빛은 사람 눈에게 다구획 이미지로 인식되게 된다.

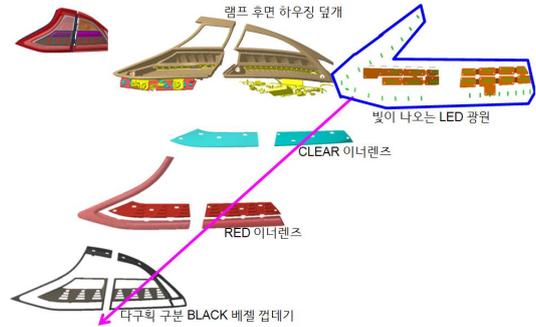


Fig. 2 Mass production A vehicle light movement path

A 차량 다 구획 램프 영역의 경우 베젤, 이너렌즈 a/b, 리플렉터, Light, LED 광원의 6 가지 요소로 구성된다. 이너렌즈 a/b가 두개 피스로 분리 상태이기 때문에 통합하여 삭제 가능하며 이때 통합된 이너렌즈가 베젤과, 리플렉터의 기능을 대체하는 방향을 설정하였다. 결국 Fig. 3과 같이 최종적으로 하나의 부품이 기존 3 개의 부품을 통합된 기능을 구현하게 된 것이다. 또한 램프 경계 영역과 다구획 영역을 별도로 분리할 필요 없다고 판단해, 전부 다구획 광학 구조에 통합하는 방안을 생각하였다.

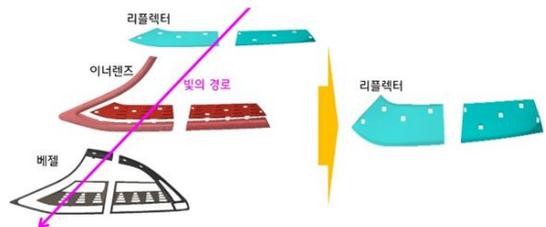


Fig. 3 Bezel, inner lens and reflector integrated concept

언급된 내용을 TRIZ 기능 모델링을 이용하여 정리하여 Fig. 4와 같다. 기존 대비해서 7 개의 부품이 절감되는 방향이다.

기능 모델링을 통해 제품을 분석할 경우 각 부품간의 상호 작용을 이미지를 통해 명확히 파악 가능하기 때문에, 원가 절감으로 인해 부품 삭제시 생길 수 있는 부작용을

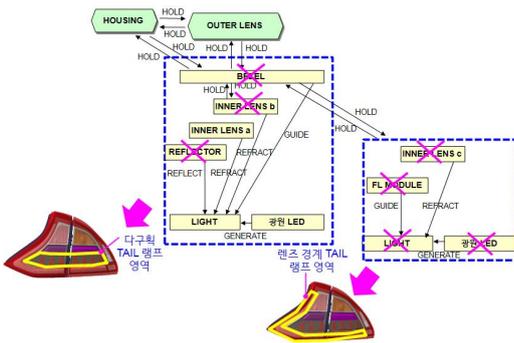


Fig. 4 Functional modeling of multi-compartment lamp

사전 확인할 수 있다. 부작용이 있는 경우 그러한 기능을 어떤 방법으로 대체하는가에 대한 논의 시 매우 용이하다. 특히, 기능 대체할 부품을 신규 추가하지 않고 기존 존재하던 다른 부품을 통해 끌어오는 아이디어 도출시 매우 도움이 된다. 이러한 원가 절감 방식을 TRIZ에서는 Trimming 이란 용어로 칭하고 있다.^(1,2)

2.2. 원가 절감 아이디어 구체화

TRIZ 기능 모델링 통해 방향을 잡은 아이디어를 구현하기 위한 구체적인 모델링 검토를 진행하였다. 검토 기반 차량은 18년 양산된 TM 산타페 리어콤비 램프였다. 해당 램프의 광학 컨셉은 Fig. 5와 같이 기존 양산된 A 차량과 유사하게 내측에 다 구획 램프 영역이 있고 렌즈 경계 영역에 띠 형상으로 빛이 돌아가는 타입이었다. 현대자동차의 대표 차종인 만큼 판매량도 많기 때문에 최대한 디자인 점등 컨셉을 살리면서도 원가, 중량을 절감해야 했기에, 앞서 TRIZ 기능 모델링에서 얻은 내용을 적극 반영하고자 하였다.

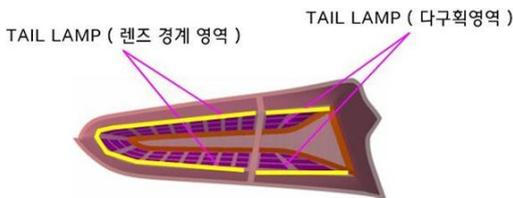


Fig. 5 TM Santa Fe Rear Combi Lamp Optical Concept

최종적으로 설정된 아이디어 반영을 위한 구조 모델링 컨셉은 크게 2가지였다. 첫째는 Fig. 7과 같이 투명 리플

렉터에 다 구획 디자인 이미지 영역만큼 부식 구간을 적용시켜 빛을 외부로 보내는 아이디어였다. 해당 컨셉을 위해서는 라이트가이드 원리를 이해야 한다. Fig. 6과 같이 많은 램프들에는 라이트가이드 구조가 적용이 되는데, 빛의 경로인 Light Pipe 시작점에서 LED를 쏘아주면 빛의 경로 내에서 연쇄적인 반사를 하며 반대쪽 끝까지 빛이 이동하게 되는 원리다. 이때 해당 경로 하단에 빛의 방향을 바꿔주는 읍턱이 존재해서 원하는 방향으로 빛을 이동시켜 준다. 외부에서 관찰시 선, 면등의 이미지로 보여지게 된다.⁽³⁾

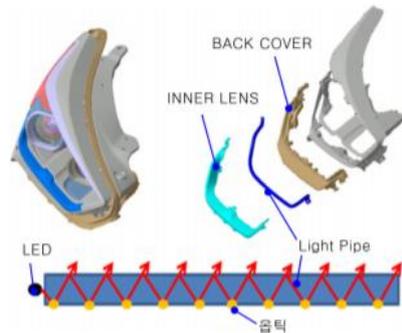


Fig. 6 light guide principle

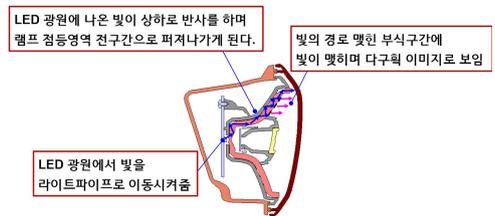


Fig. 7 Implementation of multi-compartment image through surface corrosion application

Fig. 7 역시 라이트가이드 원리와 같이 중간 LED 광원에서 나온 빛이 Light Pipe 역할을 하는 상하면으로 반사되면서 램프 전 영역으로 퍼져나가게 된다. 이때 다구획 이미지 구현을 위해서 빛의 경로 구간에 엠보싱 형상의 부식 구간을 적용시켜 준다.⁽⁴⁾

Fig. 8에서 다구획 이미지 구현을 위한 상세 이미지를 표현하고 있는데 검은색으로 표시된 Light Pipe 면상에 엠보싱 부식을 적용한 구간에 상하 반사를 하며 이동중인 빛이 맺히게 되면서 부식 구간 만큼 강한 빛이 보이게 되는 것이다.⁽⁵⁾

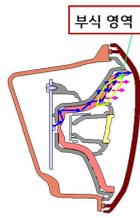


Fig. 8 Detail picture of surface corrosion

기존에는 베젤이라는 별도 부품을 통해 빛을 분할해주고, 이너렌즈를 통해 빛을 한번 걸러주는 구조였다. 부식 구간을 다구획 이미지처럼 만들고 해당 구간으로 빛이 나오게 하여 베젤 부품을 삭제할 수 있었고, 투명 리플렉터 간접 반사를 통해 균일한 점등 이미지를 바로 얻을 수 있어 별도 이너렌즈 역시 삭제 가능한 모델링이다. 결국 이러한 모델링 아이디어를 통해 Fig. 4에서 언급한 Trimming 컨셉을 실제로 구현할 수 있었다.

둘째는 Fig. 9와 같이 위에서 언급한 하나의 투명 리플렉터에 부식 형상을 적용하여 일부 구간은 다구획 이미지를 만들어 내고, 나머지 남은 빛은 렌즈 경계 영역의 빛을 구현하는 것이다. 이때 LED 광원 하나를 이용해 상하로 퍼뜨려주게 된다. 앞서 언급했듯이 LED 광원에서 나온 빛이 빛의 방향을 조절해주는 투명 리플렉터 내에서 전방사되어 흐르다 다 구획 구간에 해당하는 부식 구간에 맞으며 전방으로 이동하고, 부식 구간에서 전방으로 이동하지 않고 남은 빛들을 재활용하여 렌즈 경계영역까지 이동시키고, 경계영역에도 특정한 광학 구조를 적용하여 선명한 띠

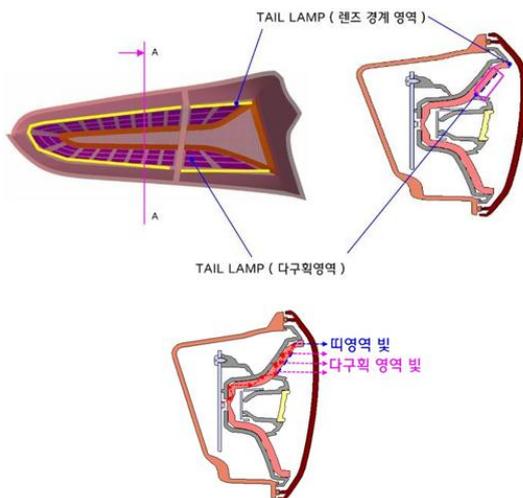


Fig. 9 Lighting concept with TM reflector corrosion applied

이미지의 점등 이미지를 구현하도록 한다.⁽⁶⁾

위 두 가지 컨셉 적용할 경우, 기존 대비 LED 광원 개수를 혁신적으로 줄이고, 부가적인 부품들이 대폭 줄어들기 때문에 원가, 중량에서 매우 많은 이득을 보고 설계를 진행할 수 있다. 하지만, 이전까지 도전해보지 않은 솔루션이기 때문에 점등 이미지가 생각대로 나올 것인지에 대한 어려움이 있었다. 시뮬레이션 기준으로는 큰 문제 없어 본 아이디어 기반 상세 설계를 진행하였다

2.3. 상세 설계 모델링

컨셉을 설정후 상세 설계 모델링을 진행하는 과정에서 기존에 예상하지 못한 문제가 2가지 발생했다.

첫번째 문제점은 투명 리플렉터 재질 특성 차이에 의한 부식 빛 맷집 차이였다. 시작 단계 점등 이미지 확인 위한 간이 목업 제작시, 목업 특성상 PC(Polycarbonate) 재질 사용이 되지 않아 투명 리플렉터의 원재질인 PC 대신 PMMA (Polymethyl methacrylate) 재질로 제작하였다. 투명 리플렉터 외측면에 일반적으로 사용하는 엠보 부식을 적용하였다.



Fig. 10 PMMA Material Mock-Up Lighting Image

Fig. 10과 같이 빛이 깔끔하게 맷집 특이사항 없는 것으로 넘어갔다. 하지만 양산 금형을 통해 투명 리플렉터의 본래 재질 PC에 일반 부식을 적용하니 Fig. 11과 같이 빛이 제대로 맷치지 않았다.



Fig. 11 Lighting image when PC material corrosion is applied

일반적으로 Table 1과 같이 PMMA의 경우 더 정교한 형상 구현이 가능해 목업 제작이 용이하고 PC 대비 높은 빛 전달율 및 투과율을 가지기 때문에 일반적인 금형에

Table 1 Comparison of PC and PMMA material properties

구분	항 목	장 점	내 용
재질	PMMA	<ul style="list-style-type: none"> 흡수율 낮음 (전달율 ↑) 원가 낮음 목업 제작 용이 	<ul style="list-style-type: none"> 내열온도 낮음 체결구조 강성부족
	PC	<ul style="list-style-type: none"> 내열온도 높음 강성 높음 	<ul style="list-style-type: none"> Color Shift 발생 (white LED 기준) 흡수율 높음 (전달율 ↓) 원가 높음

적용하는 엠보 부식만으로 빛을 초기 의도한대로 다 구획 느낌으로 구현시킬 수 있었으나, PC의 경우 정교한 사출 성형 측면에서 불리하고 낮은 빛 전달율 및 투과율을 가짐으로 인해 깔끔한 다 구획 점등 이미지를 구현하는 것이 어려웠다. 시작 단계 컴퓨터 해석 시뮬레이션으로 확인할 때에는 이러한 재질 별 미세한 빛 전달율 차이에 의한 부식 위의 빛 맺힘 까지 확인이 어려웠기에 제대로 검증이 되지 못했다.

하지만 투명 리플렉터의 본래의 재질을 PMMA 로 변경시키는 것은 내열상의 문제가 있어 어려웠다. LED의 경우 많은 열이 나오기 때문에 상대적으로 내열 성능 PC 대비 불리한 PMMA 재질을 사용하는 것이 불가능한 상황이었다.^(7,8)

본 문제점을 극복하기 위해 레이저를 이용한 패턴 부식을 적용하기로 하였다. 레이저의 경우 일반 금형 부식 대비하여 더 정교하기 때문에 빛을 원하는 부식 영역만큼 맺히게 하여 다 구획 이미지를 구현하는데 유리할 것이라 판단하였다.

Fig. 12와 같이 기존 컨셉과는 다르게 투명 리플렉터 외측이 아닌 내측 면에 다양한 타입의 레이저 패턴 부식을 적용시켰다. 일반 원형 엠보싱에 의해서는 빛 맺힘 성능 향상에 한계가 있기에 다양한 이미지의 패턴 구현을 위해

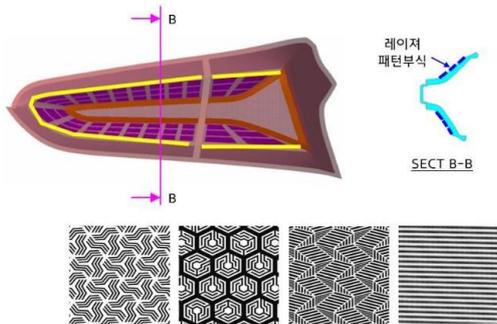


Fig. 12 Laser pattern corrosion application concept

서 레이저 이용 부식 패턴을 도입시켰다.^(9,10)

최종적으로 가로 일자형 레이저 패턴 적용할 때 가장 깔끔한 다 구획 램프 이미지를 얻을 수 있어, 해당 안을 적용시켜 양산 금형에 반영시켰다. 이를 통해 Fig. 13과 같이 PC 재질에서도 기존 대비 훨씬 개선된 점등 이미지를 얻을 수 있었다.

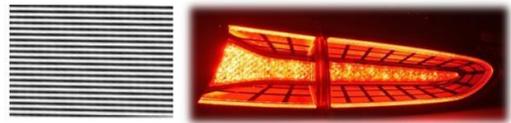


Fig. 13 Horizontal straight laser pattern corrosion

두번째 문제점은 빛 입사 영역에서 확산이 제대로 되지 않아 하나의 광원을 상하로 퍼뜨리는 컨셉이 제대로 구현되지 않은 것이다. 그로 인해 Fig. 14와 같이 상하로 나가는 빛이 밝게 나오지 못하고 어두워지는 문제가 생겼다.



Fig. 14 lacking brightness due to insufficient light diffusion

이 문제를 해결하기 위해서는 빛을 상하로 확산하기에 용이한 신규 단면 구조를 고안해야만 했다. 초기의 빛 입사 영역에서의 확산 구조는 Fig. 15와 같이 타 차종에서 유사하게 사용하는 일반적인 TIR(Total internal reflection) 렌즈 역방향 구조였다.

일반적 TIR 렌즈의 경우 빛을 모아주지만, 해당 TIR 렌즈 구조를 역방향으로 적용할 경우 빛을 확산하는 역할

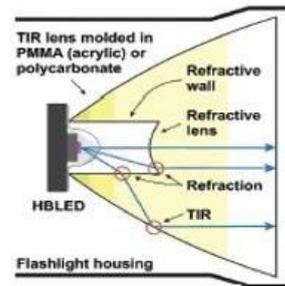


Fig. 15 Typical TIR Lens Diffusion Structure

을 해주게 된다. 하지만 이 구조의 경우 단순히 한 번만 빛을 확산시켜주는 구조기 때문에 상하로 충분한 빛을 보내주지는 못했다.^(7,8) 따라서 Fig. 16과 같이 빛이 초기에 확산이 한번 이루어진 후 빛을 상하로 끌어올리기 위한 두 개의 추가 확산 부 a/b를 추가한 신규 TIR 렌즈 구조를 고안하였다.

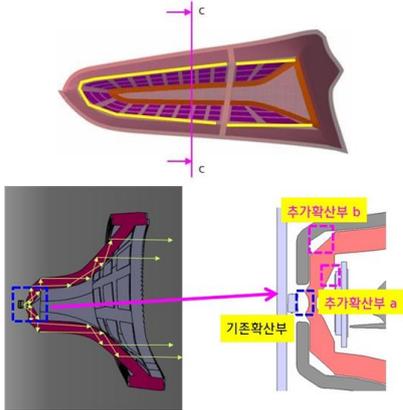


Fig. 16 Two additional diffusers additional new TIR

이 구조를 적용할 경우 일차적으로 기존 확산 부에서 빛이 일차적으로 퍼진 뒤 2 번의 추가 반사를 통해 빛을 렌즈 상하측 경계 영역까지 효과적으로 송부 할 수 있게 된다. 이러한 신규 TIR 렌즈 구조 적용을 통해서 Fig. 17 과 같이 상하 경계 영역에 더 강한 빛을 송부하여 선명한 띠 점등 이미지를 얻어낼 수 있었다.

결국 신규 레이저 패턴 부식과 신규 TIR 렌즈 아이디어 구조 적용을 통해 원가, 중량, 부품 수를 획기적으로 절감 하면서도 점등 이미지를 깔끔하게 구현할 수 있었다.



Fig. 17 New TIR lens application improvement sample

최종 TM 양산 램프 기준으로 기존 16 년 양산된 A 차 량 대비해서 동일 소비전력 LED 개수를 대당 70 개 이상 절감하였으며, 구획 분리를 위한 베젤 2EA, 이중 이너 렌즈 2EA, 렌즈 경계 영역 점등 구현을 위해 사용된 다수의 방열판, PCB 등의 전자 부품들의 개수를 대폭 축소하

였다. 이를 통해 원가 2 만원 이상의 절감이 가능하였다.

안전성 측면에서도 LED 개수가 대당 70개나 줄며 해당 LED 들이 하나라도 고장 확률이 대폭 감소하였으며, 특히 다수의 방열판으로도 잡히지 않던 많은 열 발생이 자연스럽게 감소되면서 램프 내부의 열에 대한 내구성능이 매우 뛰어나게 변하면서 기존 대비 안전한 램프를 소비자들에게 제공할 수 있게 하였다.

3. 결 론

본 논문에서 다룬 아이디어 및 연구 과정은 Fig. 18과 같이 최종적으로 18 년 양산된 TM 산타페 리어 콤비 램프에 적용되었으며, 출시 초기 당시 다양한 언론사에서 기존 까지 보지 못한 3D 입체 리어콤비 이미지로 평가받으며 산타페의 많은 판매량에 큰 역할을 하였다.



Fig. 18 TM Multi-segment lamp for final mass production

추가적으로 이러한 다양한 아이디어 활동을 통해, 점등 이미지 차별화를 위해 추가적으로 혁신적인 컨셉들을 다 수 발굴하여 총 9 건의 특허출원을 완료하였다. 본 아이디어 도출 과정에서 I-LAB 등의 특허 도출 협의체 등의 모임이 많은 도움이 되었다.

또한 본 논문 연구를 통하여 혁신적인 다 구획 점등 이미지 차별화 컨셉을 도출하였으며, 해당 컨셉에서 원가, 중량 측면에서 가장 최적화된 구조를 상세 설계 모델링 진행하였으며, 당사 신뢰성을 모두 만족시켰다. 단순 신뢰성 만족뿐만이 아니라 LED 개수 축소에 인한 소비 전력 및 진류의 감소로 각종 내열 신뢰성 평가에서 기존 유사 디자인 컨셉 다구획 램프 대비 우수한 성적으로 통과하여 훨씬 안전한 램프를 소비자에게 제공할 수 있었다.

마지막으로 PC와 PMMA 두가지 종류의 투명 재질 차이에 따른 광학적 성능 차이에 대해 많은 스터디가 이루어졌기 때문에 추후 신규 광학 컨셉 적용 할 때 시뮬레이션만으로 검증 어려운 영역에 대해 걸러낼 수 있는 자체적인 설계 역량을 확보하는데도 많은 도움이 될 것이다.

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, "Optical 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) Han, M., Lim, Y., and An, S., "Convolution of Engineering Methods (TRIZ, FMEA, Robust Engineering) to Creatively Develop New Technologies", SAE Technical Paper 2014-01-0780, 2014, doi:10.4271/2014-01-0780.