

자동차 전조등 고압 방전 램프 구조 변경에 대한 연구

임 주 현*

*서울자동차고등학교 자동차과

A Study on the Automotive Structural Change of High Intensity Discharge Head lamp

Ju Hun Lim*

*Dept. of Automobile Engineering, Seoul Automobile Highschool

ABSTRACT

A test was conducted using two high density discharge lamps, the H2D and the structurally new H4D. They were tested for luminous illumination and luminous temperature in the day and night time.

The test was conducted without crippling the performance of the H2D by adding a magnetic actuator, enabling it to move left to right, and up and down. By making these modifications we constructed a sample of the H4D.

We compared the H2D and the H4D sample's luminous illumination and luminous temperature by using a photometer and a digital thermometer in the day and night time. We discovered that the H2D and H4D performed similarly from the data we gathered.

Now we know the H4D has potential use and extensive research needs to be made to gather more detailed data.

Keyword : high density discharge lamps, Safety, Night time

1. 서 론

자동차는 인간에게 많은 이익을 주고 있다. 그러나 자동차 산업이 발달하면서 그로인한 교통사고도 증가하고 있으며 주간보다 야간에 사고가 더 많이 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 현상은 고령자나 야맹증 등으로 시인성이 떨어져 발생하는 것으로 좀 더 밝고 쾌적한 램프를 필요로 한다. 이러한 추세에 따라 장 수명, 고효율의 특징을 갖는 고압 방전 램프에 대한 관심이 증가되고 있다.

자동차 전조등용 고압 방전 램프는 유도결합형 플라즈마(Inductively Coupled Plasma)의 기본 원리를 이용하고 있다.[1, 3]. 고압방전램프의 대표적인 예로 HID를 들 수 있다.

유도결합형 플라즈마를 응용한 무 전극 형광램프는 별브내의 아르곤(Ar), 네온(Ne), 크립톤(Kr) 가스와 함께 첨가된 수은(Hg)에 의해 257nm의 VUV(Vacuum ultra violet)를 방출시키고 이 VUV를 통해 형광체를 발생 시켜 가시광선을 발광한다[2].

HID(High Intensity Discharge)는 고압 방전 램프의 약자로 금속 증기중의 방전에 의해서 발광하는 고압 나트륨 램프, 메탈헬라이드 램프, 고압 수은 램프의 총칭이다[7]. HID 램프는 기존의 할로겐 램프에 비해서 2~3배 정도의 우수한 지향성 및 밝기 특성을 가지고 있고, 안전성, 편의성 시인성에 있어서 좋다. 또 HID 램프는 긴 수명으로 인해 환경 친화적이며 고효율의 특성을 가지므로 적은 양의 전력 소비로 인해 연료 소비를 절감 시킬 수 있다[4].

† 교신저자: 임주현, 서울시 관악구 신림10동 304-18 1층

M·P: 011-9643-4311, E-mail: kumsarangs@naver.com

2008년 2월 접수; 2008년 5월 수정본 접수; 2008년 5월 게재확정

HID 램프는 할로겐 램프와 달리 필라멘트가 없고 전극사이의 아크 방전을 이용한다.

현재 HID 램프는 일부 차종에서만 사용되고 있다.

할로겐램프 보다 모든 면에서 월등한 장점을 가지고 있지만 일부에서만 사용되는 것은 초기 설치비용이 비싸기 때문이다. 그러나 할로겐 램프에 비해 5배 이상 수명이 긴 HID 램프는 향후 많은 차량에 장착될 것으로 보여 진다[6].

또한 앞으로 풀어야 할 과제로는 기존 할로겐 램프는 2개의 필라멘트 구조로 되어 있어 상향, 하향 조정이 1개의 램프로 가능 하다. HID 램프는 필라멘트가 없는 방전 방식으로 발광하기 때문에 전조등에 사용할 경우 상향과 하향 각각의 램프가 별도로 설치되어야 하는 문제점을 안고 있다. 따라서 HID 램프 1개로 상·하향을 동시에 작동 할 수 있는 연구가 절실히 요구된다.

이에 본 연구에서는 상용화되고 있는 자동차용 HID 램프의 H2D 제품을 실험 재료로 하여 요구되는 조건을 만족시키고 장·단점을 파악하여 보다 합리적이고 경제적인 제품 향상에 따른 기준을 제시하고자 한다.

현재 사용되고 있는 HID 제품은 하나의 램프에 하나의 안정기가 필요하다. 상향과 하향에 HID를 장착할 경우 2개의 램프와 2개의 안정기가 필요해 불필요한 비용과 부착장소가 필요하다는 단점이 있다.

이를 해결하기 위해 개발되어 진 제품이 H2D 램프의 손잡이 부분에 마그네틱을 장착하여 램프가 앞·뒤로 움직여 하나의 램프로 상·하향 모두를 작동시킬 수 있도록 제품을 개선한 H4D 램프 이다[8].

본 연구에서는 H2D 램프와 구조를 변경한 H4D 램프를 주간과 야간에 발광 조도와 발광 온도라는 조건을 가지고 실험을 통해 비교 분석하여 실제로 제품 성능 향상의 기준을 제시하자 한다. 나아가 본 연구를 통해 HID가 상용화 되고 교통사고를 줄이는 데 조금이나마 기여함을 목적으로 한다.

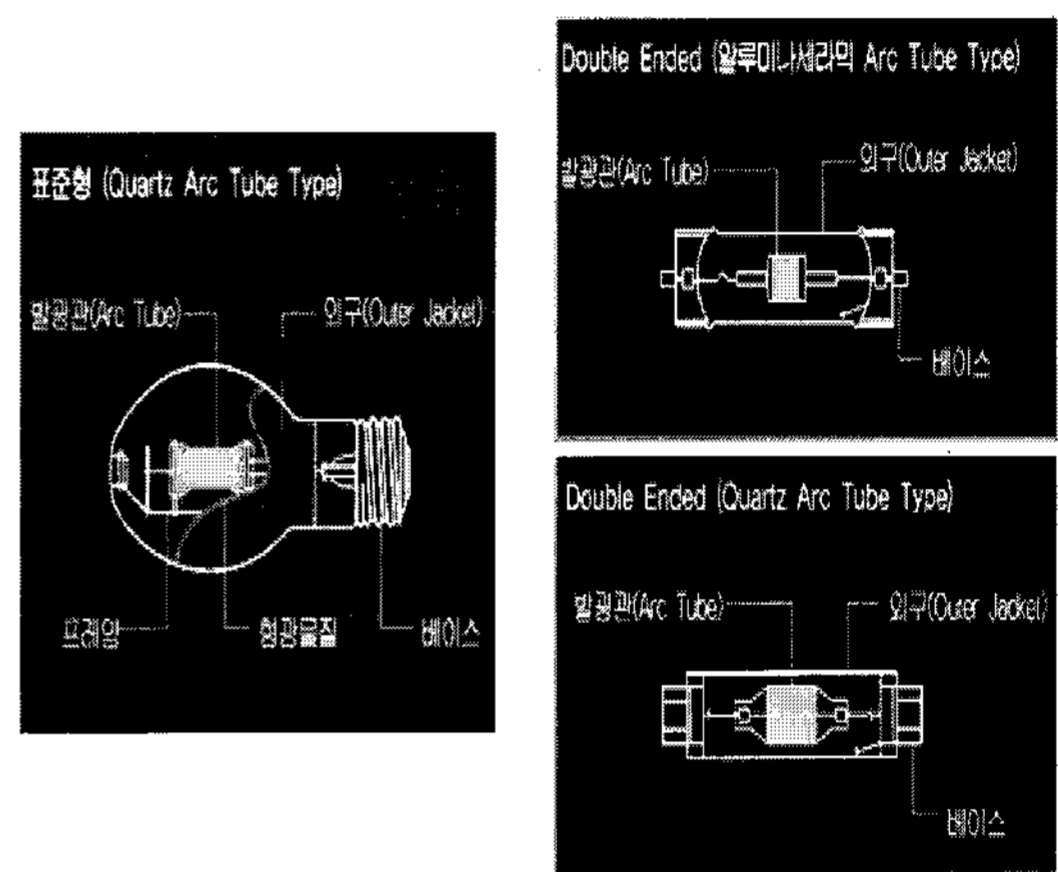
2. 이론적 근거

고압 방전 램프는 여러 종류가 있는데, 자동차 전조등에 사용되는 램프는 제논(Xe)가스가 유입된 HID 램프이다.

제논(Xenon) 램프는 가스방전의 원리를 근간으로 하는데, 금속염제와 불활성기체가 채워진 관에 들어있는 두 개의 전극사이에서 둥근 호 모양의 빛이 만들어진다[4, 8]. 이 가스 방전원리는 새로운 것이 아니라, 여러 용도로 지난 70년간 이용되어 온 것이다. 하지만, 엄격한 자동차산업의 기술적 요구조건 때문에 가스 방전기술을 이용하기 위해 램프기술의 발전이 필요했다.

이런 필요성으로 인해, 전극간의 간격을 4.2mm로 만들어 주는 극소 가스 방전기술이 개발되었는데, 이런 새 기술을 마이크로 파워 제논광(MPXL)이라고 정의하고 있다[2]. 이 램프는 할로겐 램프와는 달리 필라멘트가 없는 것이 특징이다. 고압의 전원을 공급해주며, 최적의 작동을 위해서는 빠른 점화장치와 안정기(Ballast)를 필요로 한다. 램프의 종류에 따라, 발광관내의 봉입가스 및 첨가물이 다르지만, 기본 구조는 거의 동일하다.

발광관은 프레임에 의해 외구내부에 견고하게 장착된 구조로 발광관 양단에는 방전이 쉽도록 특별히 고안된 전극이 있으며, 베이스를 통하여 전원이 공급된다[5].



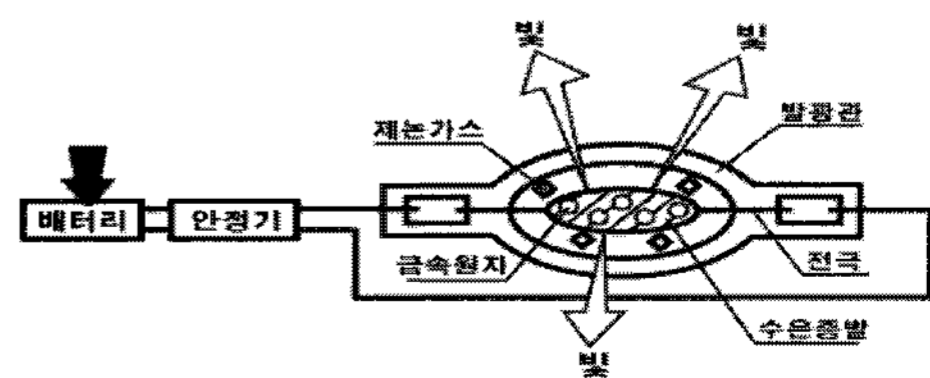
<Fig. 1> Arc tube types

HID 램프의 기본원리는 형광램프와 동일하며, 발광관내의 방전에 의해 빛을 발산한다. 그러나 형광램프에 비하여 발광관내에 첨가된 화합물의 내부압력(밀도)과 온도가 높기 때문에 다량의 가시광선이 발생한다[2].

따라서, 형광램프는 방전 시 낮은 증기압으로 자외선이 대부분이지만, HID 램프는 발광관내의 첨가물의 종류에 따라 다양한 광색을 고효율로 발광시킬 수 있다.

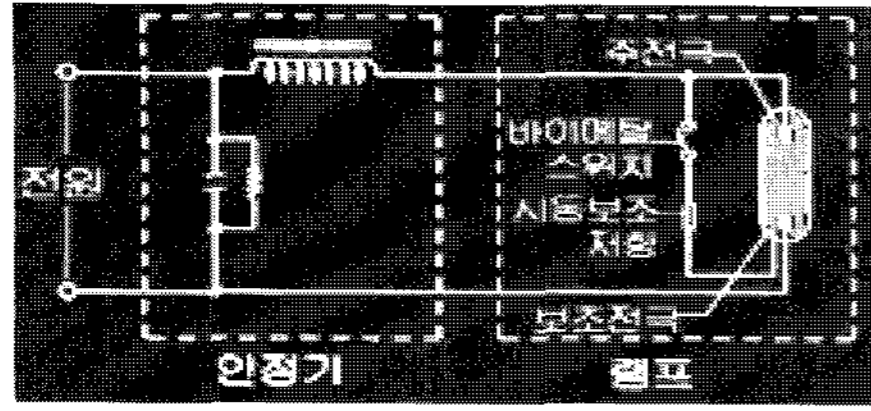
수은 및 고압나트륨 램프는 발광관내에 단일의 화합물을 첨가하여 각각 특유의 광색을 발산한다.

그러나 메탈 할라이드 램프는 수은, 나트륨, 토륨, 인듐, 스칸듐 등의 금속을 요소와 화합 시 폭 넓은 연속 스펙트럼을 발생시켜 자연광에 가까운 연색성이 우수한 백색광을 방출할 수 있다.



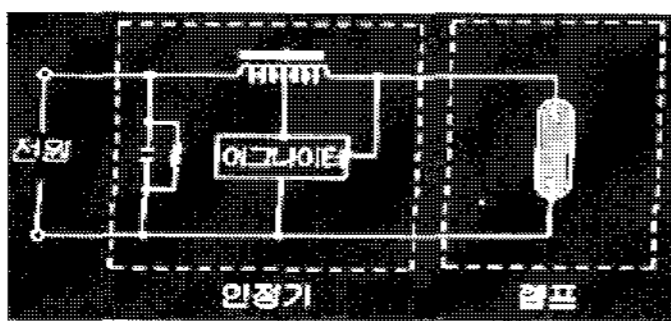
<Fig. 2> HID light emission basics

HID램프를 점등하기 위해서는 백열램프와 달리 반드시 안정기가 필요하며, 램프를 시동시키는 방법에는 <Fig. 3>, <Fig. 4>와 같이 2가지 방식이 주로 사용된다.



<Fig. 3> Auxiliary electrode utilization in lighting circuitry

전원이 인가되면, 주 전극과 보조 전극사이에 미약한 방전이 발생하고 방전의 열로 주 전극간의 주 방전으로 발전시켜 램프를 시동시키는 방식으로 주로 수은이 채택된다.



<Fig. 4> Igniter utilization in lighting circuitry

점등 보조 장치(Igniter)를 사용하여 고전압 펄스를 발생시켜 램프를 점등하는 방식으로, 고압 나트륨 및 메탈 할라이드 램프에 이용된다.

플라즈마 과학은 1808년 H. Davy의 직류 아크방전 개발과 1830년대 M. Faraday 등의 고전압 아크방전 튜브 개발에서 시작되었다고 볼 수 있으며 19세기 동안 아크방전이나 직류전기방전 플라즈마는 가스 램프를 대체하기 위해 활발히 연구되어 왔었다[3].

플라즈마는 100년 넘게 하나의 연구 주제가 되어왔으며 플라즈마 물리의 기초는 19세기 말 원자물리의 발전에 크게 영향을 미쳤다. 20세기 후반기 동안 플라즈마에 관한 모든 연구는 핵융합과 우주 플라즈마 분야에 초점이 맞추어져 왔으며 대부분의 관심은 가스 방전 레이저와 램프 개발에 있었다.

자동차용 방전램프에서 메탈할라이드의 성분 및 조성비가 동일하다고 할 때 아크 튜브의 양단 사이에 걸리는 전압에 가장 큰 영향을 주는 요인이 수은 주입량이다. 수은 주입량의 설정에 있어서 아크 튜브 내에 봉입되는 수은의 량은 다음 식에 따른다[2].

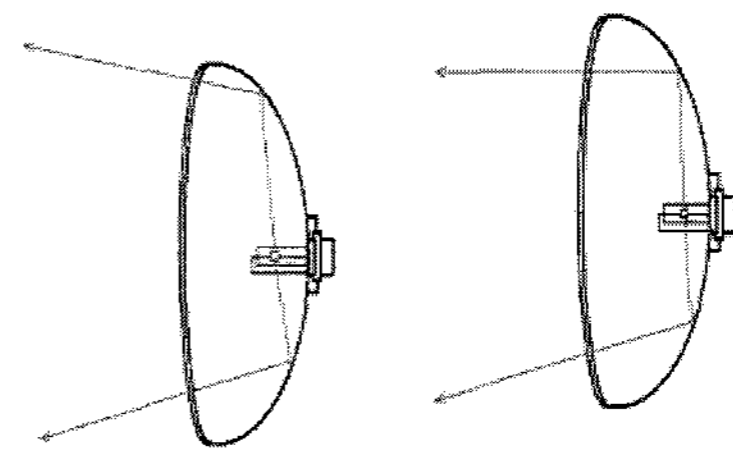
$$Ve = l \cdot \frac{m^a}{d^b} + Vc$$

Ve : 관전 압 Vc : 음극강하,
m : 수은 량 l : 전극간 거리,
d : 관 내경 a : 0.7 b : 1.3

3. 실험 방법

현재 자동차에 사용되고 있는 HID램프는 하나의 램프에 하나의 안정기가 설치된다. 상·하향에 설치할 경우 2개의 램프와 안정기가 필요하다.

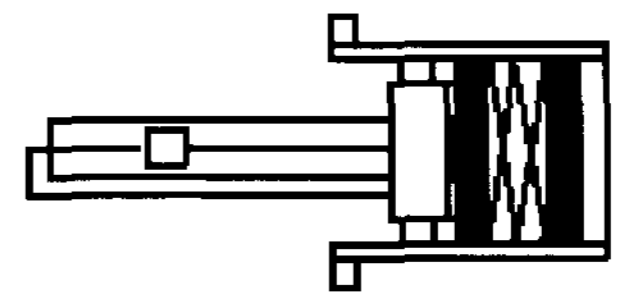
본 연구에서 실험 제품으로 사용할 H4D램프는 이러한 단점을 보완하기 위해서 하나의 램프로 상·하향 모두를 작동할 수 있도록 부품을 개발하였다. 램프의 손잡이 부분에 마그네틱을 설치하여 상·하향 작동 상태에 따라 램프가 앞·뒤로 움직일 수 있게 하여 하나의 램프로 상·하향을 작동할 수 있도록 하였으며 HID의 작동 상태는 <Fig. 5>와 같다.



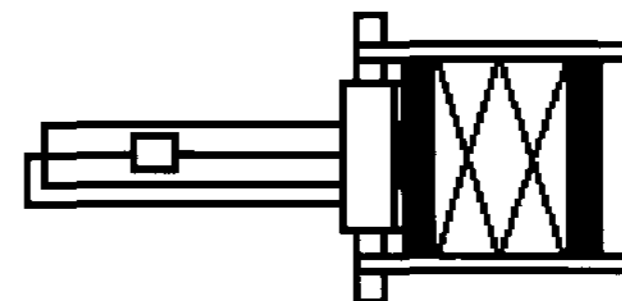
<H4D top lamp> <H4D lower lamp>

<Fig. 5> H4D Operating position

<Fig. 6>은 마그네틱 작동 원리를 나타낸 그림이다. 하향등 일때는 마그네틱이 작동하지 않는 상태에 있고 상향등을 작동 했을 때에 마그네틱이 램프를 밀어서 램프가 상향등으로 작동하게 된다.



< lower lamp >

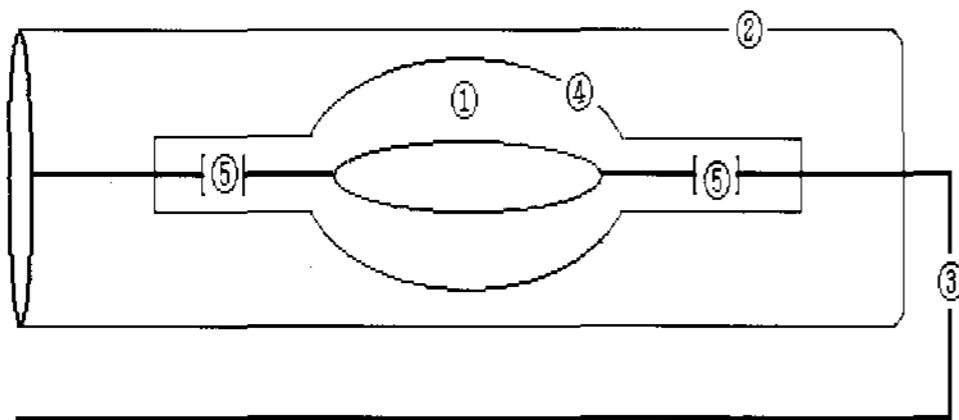


< top lamp >

<Fig. 6> Magnetic dynamic function

고압 방전 램프는 부성저항 특성으로 인하여 직접 전원에 접속한다. 그리고 램프 전류가 흐르게 되면 필라멘트가 없이 기체중의 플라즈마 현상을 이용하기 때문에 급격히 전류가 증가하여 전류의 흐름이 매우 불안하게 된다. 따라서 이것을 안정시키기 위하여 전원과 램프 사이에 전류 제한장치인 안정기(安定器)(Ballast)를 설계하여 램프전류를 적절하게 제어할 필요가 있다. 안정기는 글자 그대로 불안정한 전류의 흐름을 안정화시켜 불빛을 산뜻하게 만들어 준다.

고압 방전 램프의 구조는 다음과 같다.

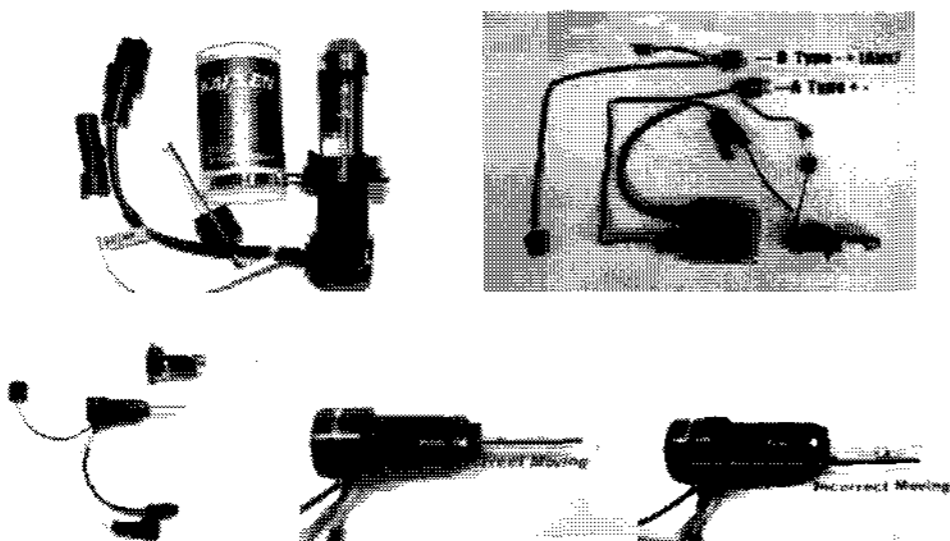


<Fig. 7> Lamp structure

- ① 발광관 : 수명 중 안정된 특성을 가지도록 특수한 석영 유리관 사용
- ② 외관 : 경질유리 사용
- ③ 리드 와이어 : 수명중의 특성을 안정시키는 리드 와이어의 사용 (휴즈 역할)
- ④ 보온막 : 발광관 온도를 균일하게 하도록 내열성 보온제를 도포
- ⑤ 전극 : 장수명의 스킨듐전극 사용



(a) The H2D (Existing method)



(b) The H4D (New method)

<Fig. 8> The H2D and H4D lamps

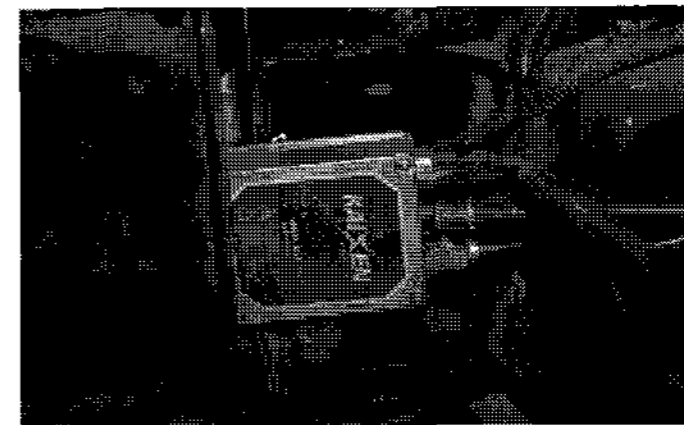
다음으로 실험에 사용할 고압 방전 램프 H4D와 H2D를 테스트 차량에 <Fig. 9>, <Fig. 10>과 같이 설치한다.



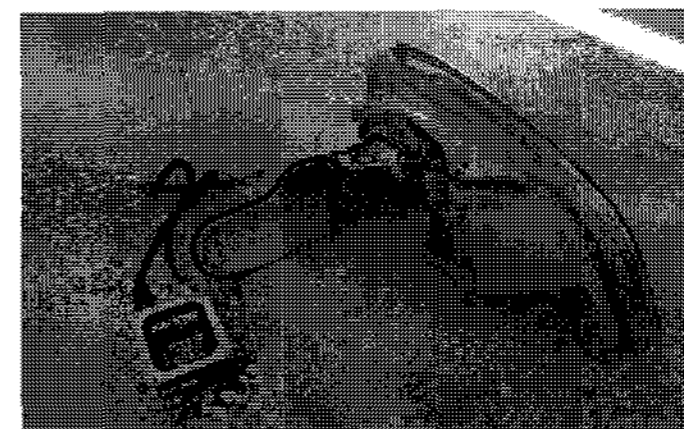
(a) Before installation



(b) Lamp installation



(c) H4D Ballast installed
<Fig. 9> sample installation



(a) Before installation



(b) Lamp installation



(c) H2D Ballast installed
<Fig. 10> H2D sample installation

구체적인 방법으로 광도 측정에서 발생하는 온도와 밝기에 대해서 Sample H4D, H2D를 비교 평가하기 위해서 주간과 야간에 각 5번씩 측정하였다.

비교 제품의 광도 측정을 위한 조건은 <Table 1>과 같다.

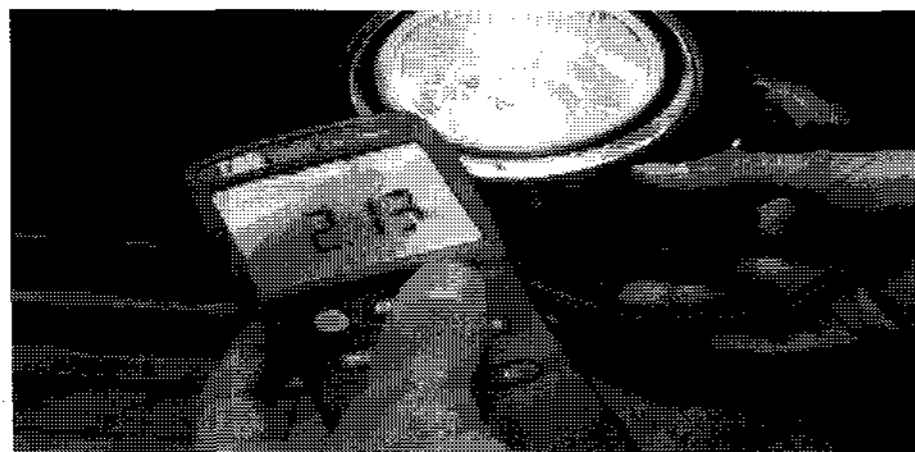
<Table 1> Conditions of the experiment

	H2D	H4D	Notes
Test voltage	13.5V		Tested 5 times each at night and day
Lamp voltage	85±10V		
Lamp wattage	35±3W		
Luminous temperature	inside of lamp		
Luminous illumination measurement distance	3m		

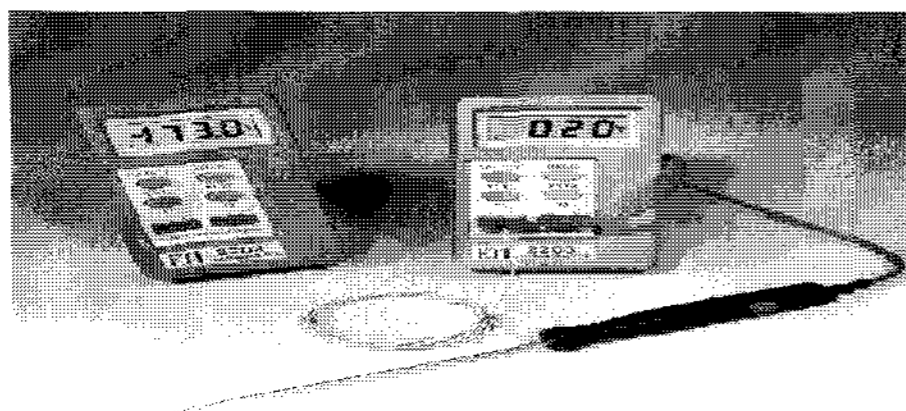
밝기 측정은 광도 측정기를 사용했고 온도는 디지털 온도계를 사용하였으며 측정기의 상세 사양은 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Measurement instrument classification

No	parameter	content
1	display	3-3/4 digit LCD with bargraph indication
2	measuring Range	40, 400, 4000, 40000, 400000 Lux
3	Overrange Display	Highest digit of (1) is displayed
4	Resolution	0.01 Lux
5	Accuracy	±3% rdg ± 5 dgt
6	CIE Photopic f'1	≤6%
7	Operating	±0.1%/°C



(a) Photometer



(b) Temperature

<Fig. 11> Photometer and temperature measurement instrument

<Table 3>은 광도계와 디지털 온도계로 주간과 야간에 H4D의 발광 조도와 발광 온도를 <Table 2>의 실험 조건으로 5번 반복하여 측정한 결과이다.

<Table 3> H4D luminous illumination and luminous temperature measurement data

No	Day time		Night time	
	Luminous illumination	Luminous temperature	Luminous illumination	Luminous temperature
1	3100lm	59.0°C	3150lm	58.8°C
2	3050lm	59.2°C	3200lm	58.8°C
3	3100lm	59.3°C	3180lm	59.0°C
4	3170lm	59.3°C	3180lm	59.1°C
5	3110lm	59.5°C	3170lm	59.2°C

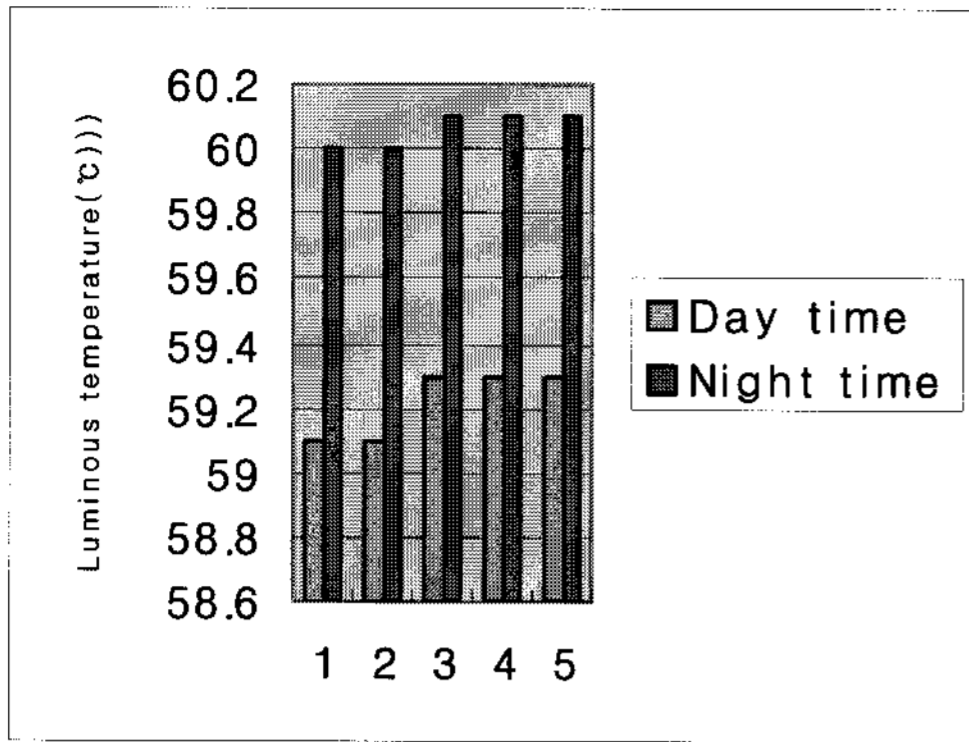
<Table 4>도 동일한 조건으로 H2D의 발광 조도와 발광 온도를 <Table 2>의 실험 조건으로 5번 반복하여 측정한 결과이다.

<Table 4> H2D luminous illumination and luminous temperature measurement data

No	Day time		Night time	
	Luminous illumination	Luminous temperature	Luminous illumination	Luminous temperature
1	3060lm	59.1°C	3100lm	60.0°C
2	3050lm	59.1°C	3120lm	60.0°C
3	3080lm	59.3°C	3100lm	60.1°C
4	3100lm	59.3°C	3100lm	60.1°C
5	3050lm	59.3°C	3110lm	60.1°C

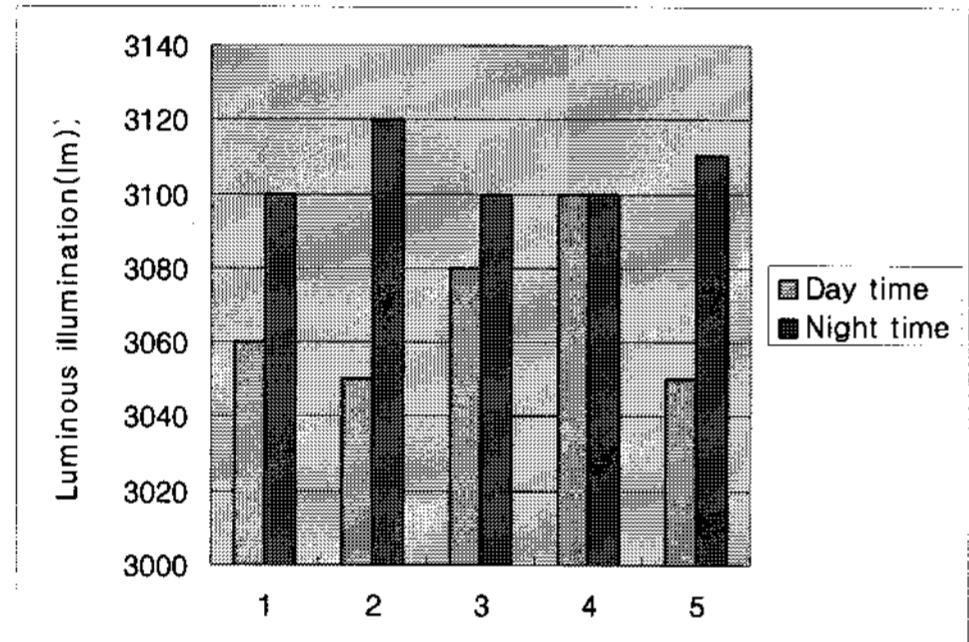
4. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서 사용한 H2D의 발광 조도와 발광 온도 값을 주·야간에 측정한 결과 <Fig. 12>와 같이 결과를 얻었다. 발광 온도 값은 주간 평균 59.22°C, 야간 평균 60.06°C 정도의 결과를 얻을 수 있었다.



(a) The H2D's day and night luminous temperature measurement results

H2D의 발광 조도 값은 주간 평균 3068lm, 야간 평균 3106lm 정도의 결과를 얻을 수 있었다.

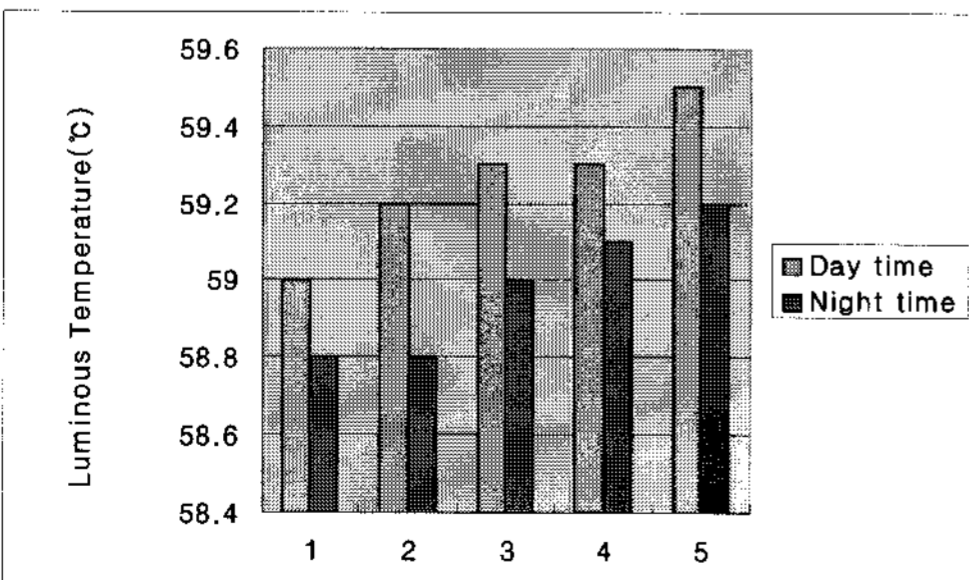


(b) The H2D's day and night luminous illumination measurement results

<Fig. 12> The H2D's day and luminous illumination and luminous temperature measurement results

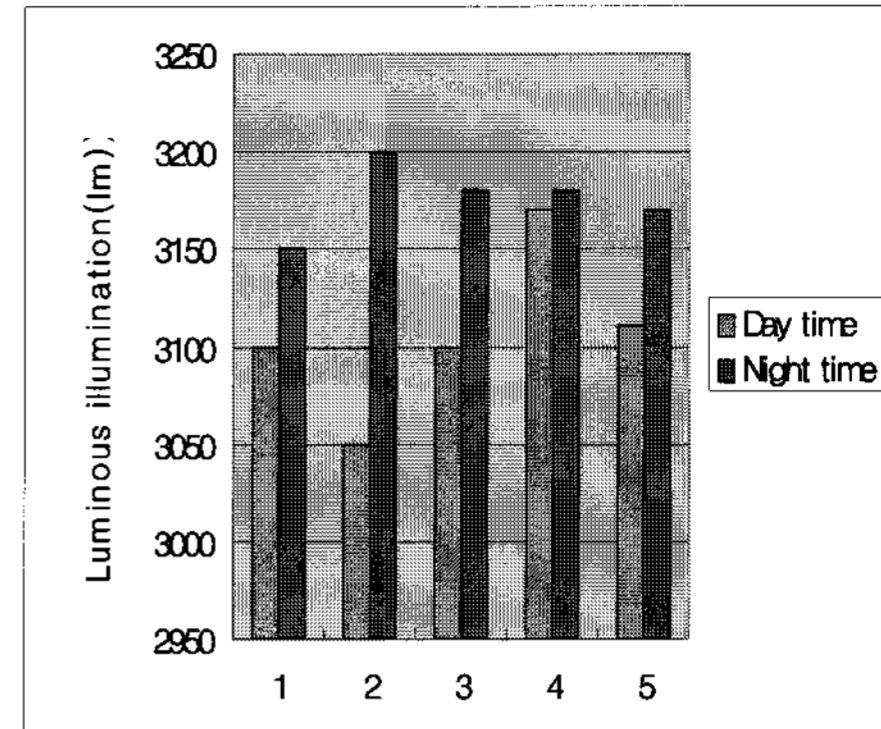
또한 Sample H4D의 발광 조도와 발광 온도를 주·야간에 측정하여 얻은 결과 <Fig. 13>과 같이 결과를 얻었다.

발광 온도는 주간 평균 59.26°C, 야간 평균은 58.98°C 정도의 결과를 얻을 수 있었다.



(a) The H4D's day and night luminous temperature measurement results

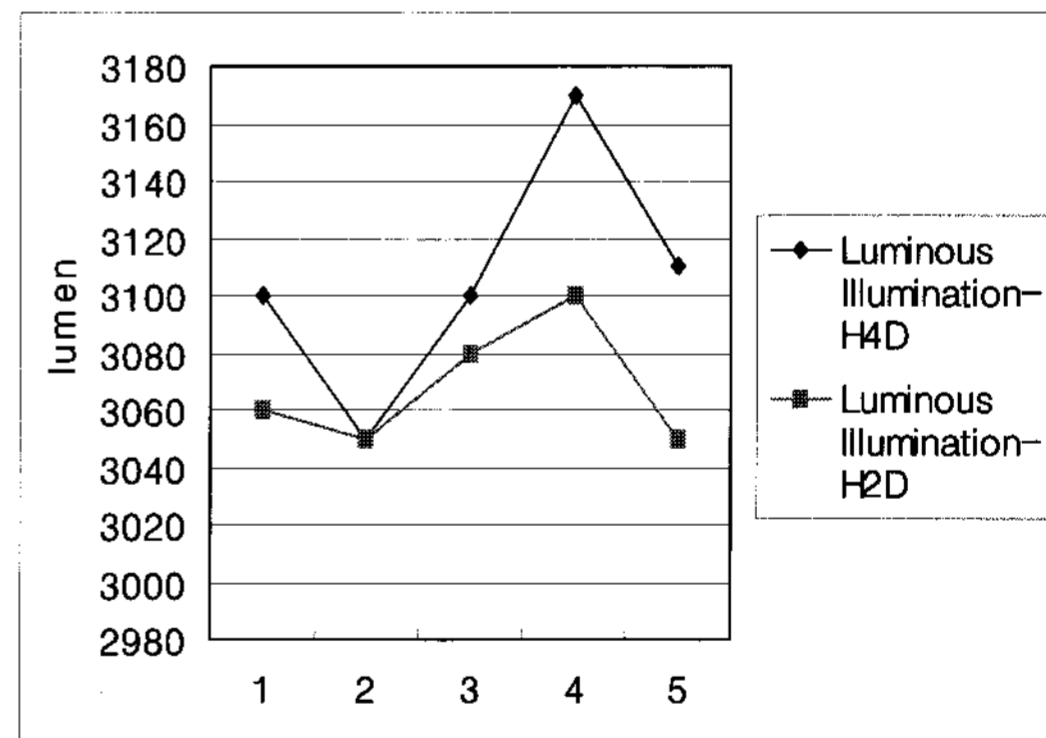
Sample H4D의 발광 조도 값은 주간이 평균 3106lm, 야간 평균은 3176lm 정도의 결과를 얻을 수 있었다.



(b) The H4D's day and night luminous illumination measurement results

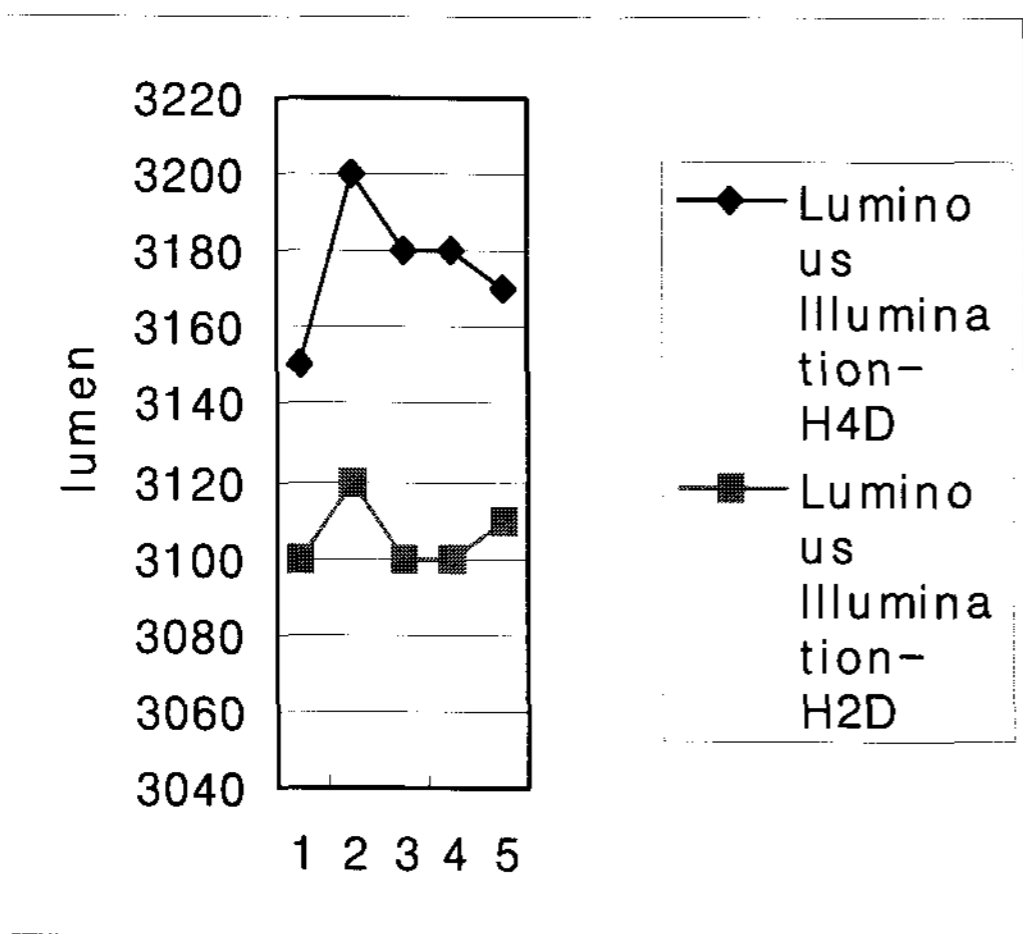
<Fig. 13> The H4D's day and luminous illumination and luminous temperature measurement results

위의 결과를 바탕으로 H2D와 H4D의 실험 결과를 고찰하여 보면, 주간에 H4D의 발광 조도 값은 최고 3170lm, 최저 값은 3050lm으로 나타났으며, H2D의 발광 조도 값은 최고 3100lm, 최저 값은 3050lm으로 나타났다. H4D의 편차는 120lm으로 나타났으며 H2D는 50lm으로 나타났다.



<Fig. 14> Comparison of the H4D and H2D's day time luminous illumination measurement result

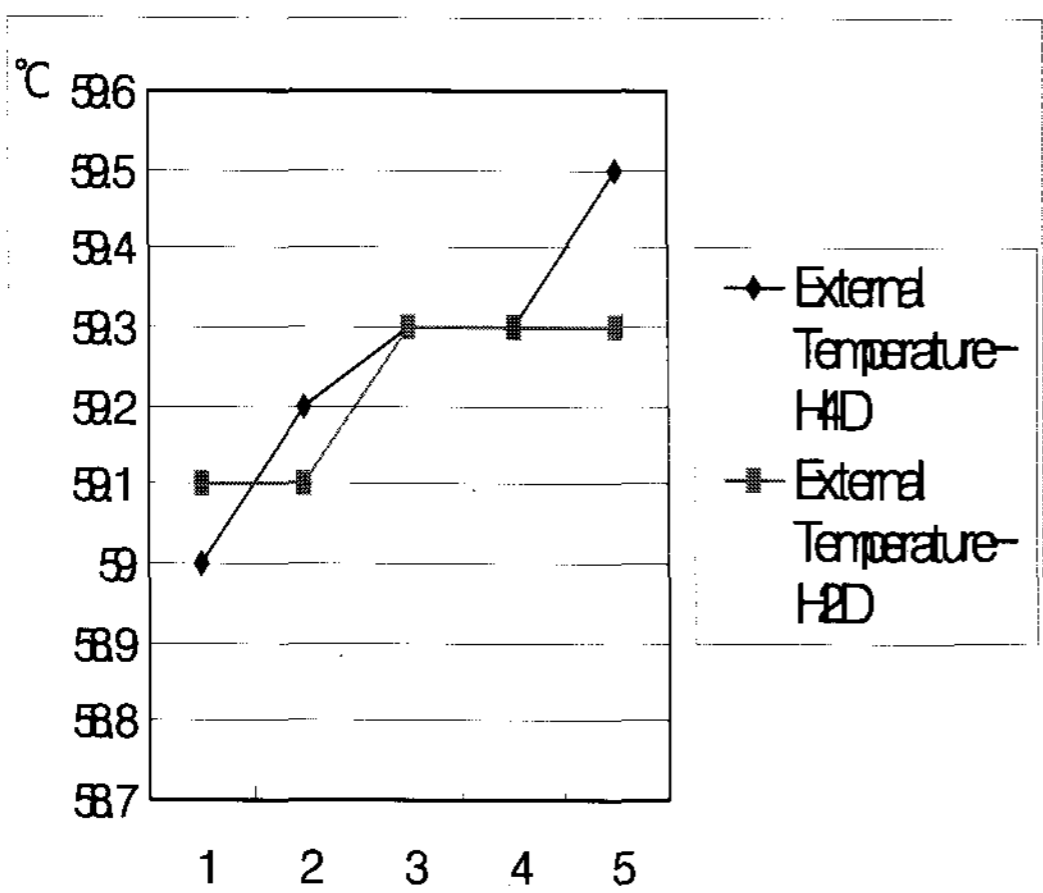
야간의 H4D의 발광 조도 값은 최고 3200lm, 최저 값은 3150lm으로 나타났고 H2D의 발광 조도 값은 최고 3120lm, 최저 값은 3100lm으로 나타났다. H4D의 편차는 50lm으로 적은 변화가 있었고 H2D는 20lm으로 거의 차이 없었다.



<Fig. 15> Comparison of the H4D and H2D's night time luminous illumination measurement result

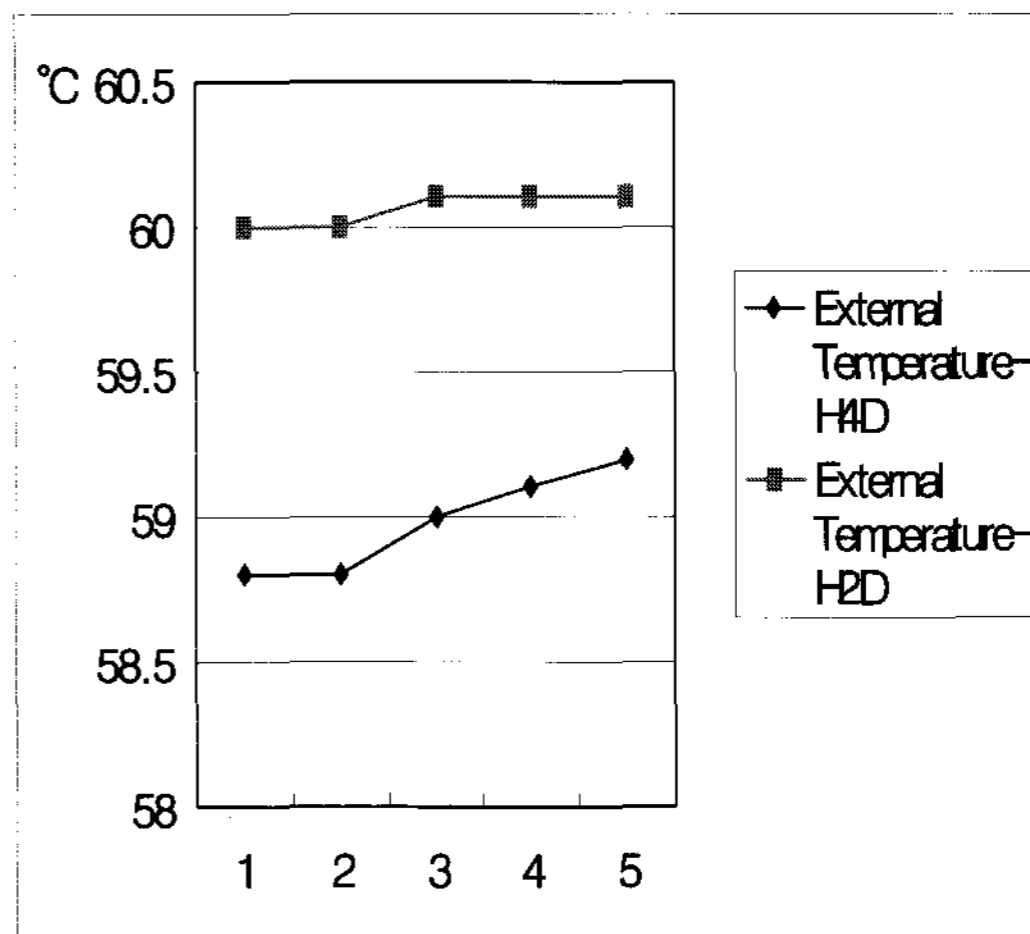
주간에 H4D의 발광 온도 값은 최고 59.5°C, 최저 값은 59°C로 나타났고, H2D의 발광 온도 값은 최고 59.3°C, 최저 59.1°C로 나타났다.

H4D의 편차는 0.5°C로 나타났으며, H2D는 0.2°C로 나타났다. 주간에 측정한 발광 온도의 값은 H2D가 편차가 적은 것으로 나타났다.



<Fig. 16> Comparison of the H4D and H2D's day time luminous temperature measurement result

야간의 H4D의 발광 온도 값은 최고 59.2°C, 최저 값은 58.8°C로 나타났고, H2D의 발광 온도 값은 최고 60.1°C, 최저 값은 60.0°C로 나타났다. H4D의 편차는 0.4°C로 변화가 조금 있었고 H2D는 0.1°C로 거의 변화가 없었다.



<Fig. 17> Comparison of the H4D and H2D's night time luminous temperature measurement result

5. 결론

본 연구에서는 상용화 되고 있는 자동차용 부품 가운데 고압 방전 램프에 사용되는 H2D 램프를 실험 재료로, 부품에 요구되는 조건을 만족시키면서 램프의 구조를 변경한 H4D 램프와 비교 분석하여 본 결과, 개발 중인 H4D 램프의 실차적용 가능 여부와 실제 데이터 성능 및 차량 적용 시 안전성 등의 기대효과와 관련하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 기존 H2D와 개발 중인 H4D 램프의 발광조도 및 발광온도 측정 결과 성능이 비슷한 것으로 나타나 H4D 또한 실차에 적용이 가능한 것으로 나타났다.

둘째, H4D와 H2D의 발광온도 측정 결과에서 주간에 측정한 발광 평균 온도 값은 H4D 59.26°C이며, H2D는 59.22°C로 나타났고, 야간에 측정한 발광 평균 온도 값은 H4D 58.98°C, H2D는 60.06°C로 나타났다. 또한 발광조도 측정 결과에서 주간에 측정한 발광 평균 조도 값은 H4D 3114lm이며, H2D는 3068lm으로 나타났고, 야간에 측정한 발광 평균 조도 값은 H4D 3176lm, H2D는 3106lm으로 나타났다. 이는 구조 변경한 H4D가 H2D에 비해 실차 적용 시 발광 온도가 낮아 좀 더 안전하다고 볼 수 있으며, 또한 조도면에서도 밝게 나와 좀 더 우수한 것으로 나타났다.

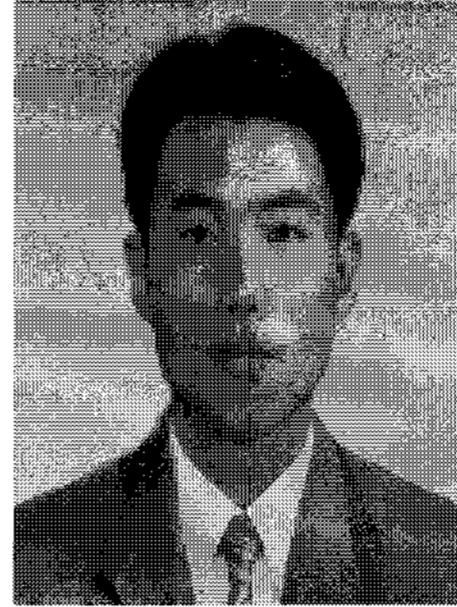
셋째, 헤드 램프의 밝기 및 상·하 조사 각도와 조사 거리 등이 우수한 H4D 램프를 차량에 적용 시 실제 안전성 면에서 볼 때, 날씨가 흐리거나 악천 우 시, 도로가 좁아 갓길 시야 확보가 어려운 도로 운전 시, 야맹증이 있는 사람이 야간에 운전 시 등에 많이 발생하는 사고율을 크게 줄여 줄 수 있을 것으로 기대된다.

6. 참 고 문 헌

- [1] David W. Oxtoby, Wade A. Freeman, Toby F. Block, "Science of change", pp.611~614, 2001.
- [2] Depond, J.M., "High voltage, mercury-free fluorescent lamps with cold cathodes: state of art and future developments", Industry Applications Conference, 2000. Conference Record of the 2000 IEEE, Vol.5, pp.3322~3325, 2000.
- [3] Jan van Dijk, Bart Hartgers, Jeroen Jonkers and Joost van der Mullen, "A collisional radiative model for mercury in high-current discharges", Journal of physics D, applied physics, Vol.33 No.21, pp.2798~2806, 2000.
- [4] J Jonkers, M Bakker and J A M van der Mullen, "Absorption measurements on a low pressure, inductively coupled, argon mercury discharge for lighting purposes:1. The gas temperature and argon metastable states density", Journal of physics D, applied physics, Vol.30 No.13, pp.1928~1933, 1997.
- [5] M Born, "Physics of mercury free high pressure discharge lamps", Plasma sources science & technology, Vol.11 No.3, pp.A55~A63, 2002.
- [6] Oleg Popov and Jakob Maya, "Characteristics of electrodeless ferrite free fluorescent lamp operated at frequencies of 1-15 MHz", Plasma sources science & technology, Vol.9 No.2, pp.227~237, 2000.
- [7] Rajaraman, Kapil, Kushner, Mark J, "A Monte Carlo simulation of radiation trapping in electrodeless gas discharge lamps", Journal of physics D, applied physics, Vol.37, No.13, pp.1780~1791, 2004.
- [8] S Kitsinelis, R Devonshire, M Jinno, K H Loo, D A Stone and R C Tozer, "Relative enhancement of near-UV emission from a pulsed low-pressure mercury discharge lamp, using a rare gas mixture", Journal of physics D, applied physics, Vol.37 No.12, pp.1630~1638, 2004.

저 자 소 개

임 주 현



현 서울자동차고등학교 자동차과 교사로 재직 중이며 호원대학교 공학사, 원광대학교 교육학석사, 현 인천대학교 공학박사과정에 재학 중이며 주요 관심분야는 자동차성능시험, 용접 실무, 파괴역학, 조선 관련 분야 등입니다.

주소: 서울시 용산구 효창 6길 11