

할로젠 電球의 現況

및 展望

(The Present Situation the Future Prospect of Halogen Lamps)

李 安 昭

(一 二 產 業 特 常 務 理 事)

차 례

1. 머리말
2. 原 理
3. 構造 및 特徵
4. 特性 및 用途
5. 맺음말

1. 머 리 말

백열전구의 역사는 1879년 에디슨의 탄소필라멘트(1.0 l m/w) 전구가 개발된 이래 1907년경부터 텅스텐필라멘트전구(8.8 l m/w)가 1913년에는 가스(GAS)를 봉입한 전구(14 l m/w)가 개발되었다.

이들 가스입 전구는 텅스텐(Tungsten)증발을 억제할 수 있어 진공 전구보다 효율(l m/w)을 향상시킬 수 있었다.

그러나 점등하면 미량(微量)씩 이진 하지만 증발하며, 효율을 높일 수록 증발은 심해져 백열전구의 큰 단점인 밸브(BULB)의 흑화(黑化)를 야기하고 점차 효율이 저하하여 드디어는 필라멘트가 단선하게 된다.

그런데 유리구내에 沃素를 함께 봉입하면 沃素元素와 텅스텐元素간에 結合과 分解가 이루어지는데 이 原理를 應用한 것이 할로젠(HALOGEN) 電球이며 이 原理 때문에 할로젠 전구는 수명이 다할 때까지 광속(光束)과 색온도(色溫度)의 低下가 없고, 효율을 높이고, 수명을 길게 할 수가 있다.

또 BULB는 石英管을 使用하므로 형상을 小型化할 수 있고 또한 열 충격에도 강하다.

이들 할로젠 전구의 용도로는 옥외의 각종 투광 조명, 벽면조명, 높은 천정조명, 스튜디오조명, 광학용, 비행장 활주로용, 복사기용, 자동차용, 상가조명, 히터용(전기 스토우브), 일반 가정용에 이르기까지 여러 분야에서 활발히 使用되고 있다.

여기서는 이러한 할로젠 전구의 原理 및 구조, 特徵을 알아본다.

2 原 理

앞서 언급한 바와같이 할로젠 전구는 BULB내에 沃素를 봉입하여 沃素原子와 텅스텐 原子간의 結合과 分解의 反應이 연속으로 행하여 지는 것을 응용한 것으로 이를 할로젠 싸이클(또는 沃素 CYCLE)이라 한다.

할로젠 전구의 原理(할로젠 싸이클)는 다음과

같다.

전구의 수명을 좌우하거나 黑化의 原因이 되는 텅스텐의 증발을 방지하기 위하여 BULB內에 할로젠족 元素(弗素:F, 塩素:Cl, 臭素:Br, 沃素:I)가 봉입되어 있다. 이들 봉입된 元素들은 다음과 같은 再生 循環反應을 일으킨다.

高溫에서 증발한 텅스텐은 管壁부근(低溫)에서 봉입되어 있는 할로젠과 結合하여 텅스텐 할라이드(텅스텐 할로젠 화물)가 된다.

그리고 텅스텐 할라이드는 관내(管内)를 이동하여 溫度가 높은 필라멘트에 남고 할로젠은 관벽으로 다시 확산된다. 확산된 할로젠은 위의 반응을 계속 반복하게 된다.

아래는 이를 그림 1에 나타낸 것이다.

이들 할로겐 사이클의 정확성을 위하여 BULB는 管形을 사용하고 동시에 용점이 높은 석영유리를 사용하였다. 용도에 따라 이들 할로겐 사이클의 최적 조건을 위하여는 관내에 봉입하는 할로젠 족 원소 및 양에 대한 決定이 문제가 된다.

용도별, 규격별로 할로젠 배합 GAS를 다르게 하여야 하므로 이에 노-하우(Know-How)가 있다.

3 構造 및 特徵

3.1 구 조

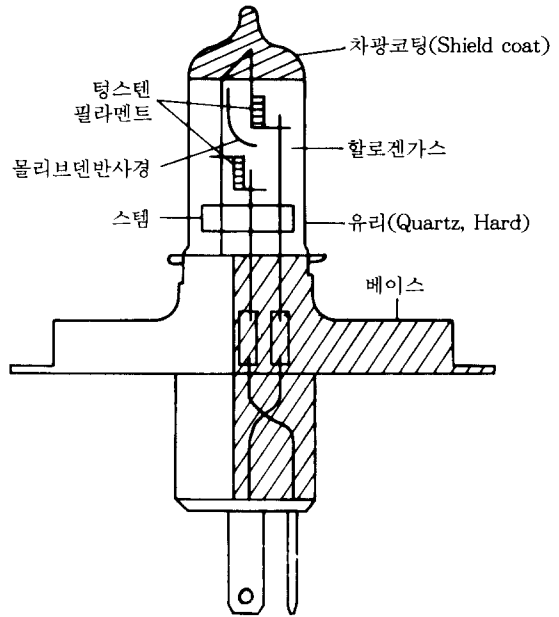
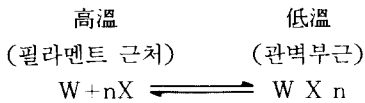
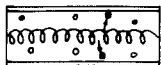


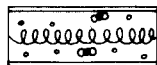
그림 2. 자동차용 전조등



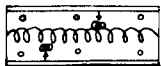
W : 텅스텐 X : 할로겐원소 n : 원자수



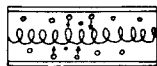
① 텅스텐의 증발



② 텅스텐과 결합(텅스텐 할라이드)



③ 고온부에 이동



④ 텅스텐과 할로겐의 분해

범례

(○○○○) : 필라멘트

● : 텅스텐

○ : 할로겐

●○ : 텅스텐 할라이드

그림 1. 할로겐 사이클 설명도

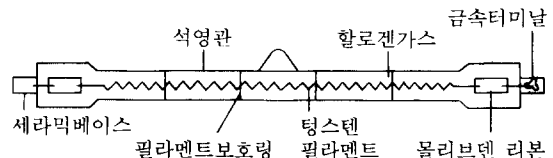


그림 3. 투광기용

위의 그림 2에는 자동차용 할로겐 전조등과 그림 3은 일반 조명용에 사용되는 할로겐 전구의 일반적인 구조이다.

이들 할로겐 램프에 사용되는 소재들 중 중요한 것은 유리, 텅스텐, 몰리브덴 및 할로겐 원소의 선택이다.

1) 유리(GLASS)

제조회사별 용점의 차이, 성분의 차이로 인한 제조공정에서의 관리 및 GLASS類別에 따라 투과율이 서로 비슷하므로 용도에 따라 GLASS의 선택

기술자료

이 필요하며 또한 유리는 어닐링(ANNEALING) 상태에 따라 보관중에도 자연크랙(CRACK)이 발생하므로 사용하기 전 철저한 검사(歪曲, CRACK, 강도 etc) 후 投入되어야 한다.

2) 텅스텐(TUNGSTEN) 및 모리브덴(MOLYBDENUM)

텅스텐 및 모리브덴의 순도(성분) 및 사용 용도別に 다른 재질선택 또한 대기 중에서의 산화로 인한(보관관리) 표면의 불순물 함유가 램프의 내구력에 치명적인 영향을 미치므로 W 및 Mo선의 열처리 온도, 시간관리는 물론 DBT(Ductile-Brittle Transition)성질로 인한 취급상 주의(크랙발생)를 하지 않으면 안된다. 실제적으로 설계수명에 도달하기 전에 조기단선한다든가 BULB벽의 흑화발생의 원인이 될 수 있다.

3) 할로겐 원소

봉입하는 원소의 종류에 따라 동일시험 조건에서 광속이 5~10% 정도 차이가 나며 동일원소로 봉입량을 변화하여 시험한 결과 과다한 경우에도 조기단선 혹은 흑화의 발생이 있음을 알 수 있다.

따라서 용도別に 따라 원소의 종류 및 봉입량의 결정은 各社마다의 기술로써 해결하여야 한다.

결국 봉입되는 가스와 필라멘트 재료의 순도 및 제조공정에서의 관리가 큰 issue(문제)로 되어 있다.

3.2 제특성

1) 분광분포 특성

할로겐 전구는 일반적으로 분포기 2,700k~3,400k까지 여러 종류가 있다.

할로겐 사이클에 의해 분포온도가 수명 말기까지 안정하여 색온도가 중요시되는 용도 즉 STUDIO, 영상기용 등에 적합하다. 그림 4는 비방사에너지를 표시한 것으로 가시광선에서의 변화가 거의 선형적으로 변화하기 때문에 광원에 대한 안정성이 높아 표준광원(CIEA : 2856k)으로 사용된다.

또한 적외선 부근에서의 방사량이 많기 때문에 빛(光)으로 뿐만 아니라 열원(熱源)으로써도 우수한 성질을 가진다.

실지 가정용 히터(HEATER)용과 복사기용 히

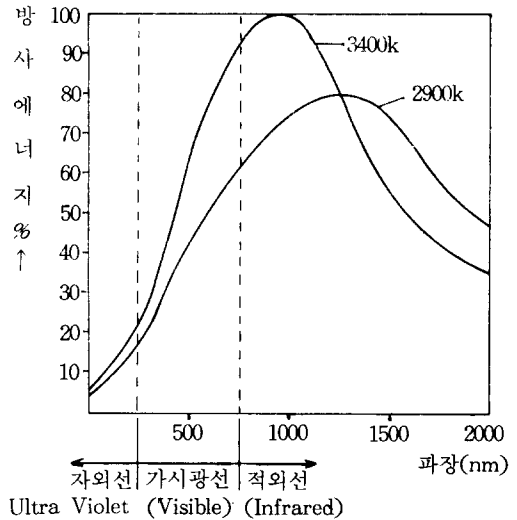


그림 4. 비방사 에너지

이터용 외에도 열원으로 많이 쓰여지고 있다.

2) 전압변동 특성

그림 5는 전구의 종류에 따라 다소의 차이는 있으나 일반적인 전압변동에 의한 광속 전력 수명의 변화를 나타낸 것이다.

전압이 상승함에 따라 전력과 광속은 당연 상승하지만 120% 전압에서 수명은 7%까지 감소함을 알 수 있다.

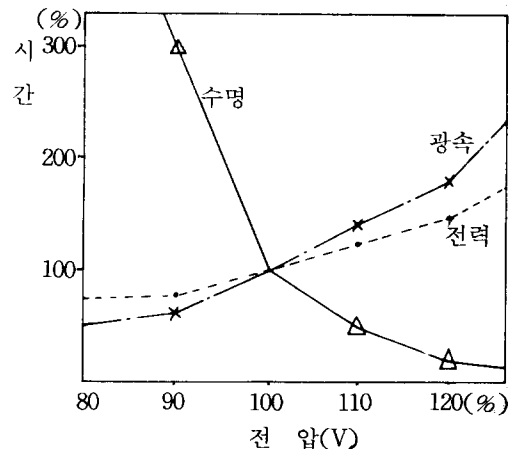


그림 5. 전압특성

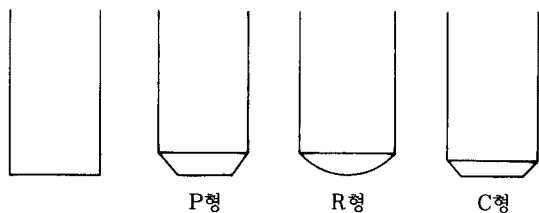


그림 6. 전극봉의 형태

표 2. 전극봉의 종류와 재질

종 류	용 도	도전율(%)
동	주로 F형에 사용됨	97
크롬-동	동판 스테레스	75~80
카드뮴-동	경합금, 황동, 도금동판	
NBC (Ni+Be+Cu)	철판, 스테레스, 니켈	55
베롬-동	스테레스(온도가 상승하면 도전율이 상승)	50
텅스텐	동	29
은-텅스텐	경도가 높고 마모가 적다 (텅스텐보다 도전율이 크다)	40~45
동-텅스텐		30~35

3.3 제조과정

1) 계선(MOUNT)

계선작업은 광원인 필라멘트에 전원을 공급하기 위한 일련의 작업을 말하며 주로 전기용접(SPOT WELDING)에 의한 작업이며 용접(WELDING)에 사용되는 전극봉의 재질 및 형태는 주로 그림 6 및 표 2와 같다.

2) 씰링(SEALING)

씰링공정은 BULB内部와 外部를 근본적으로 봉합(封止) 하는 것으로 씰링부의 재료로는 모리브덴 리본을 사용 하지만 지금은 제조공법의 개발로 모리브덴서도 많이 사용되고 있다.

씰링공정에서는 어느공정보다 열에 의한 소재(텅스텐, 모리브덴)의 산화가 일어나기 쉬우므로 소재의 보호에 주의하지 않으면 안된다.

이때의 보호가스로는 질소가 사용되나 때로는 수소와같이 DRY GAS도 사용된다(수소는 폭발성

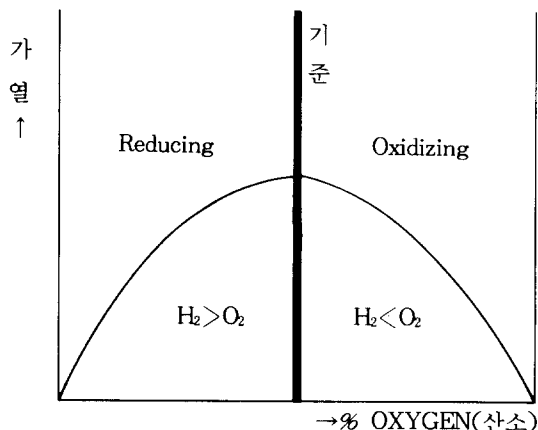


그림 7. 기 포

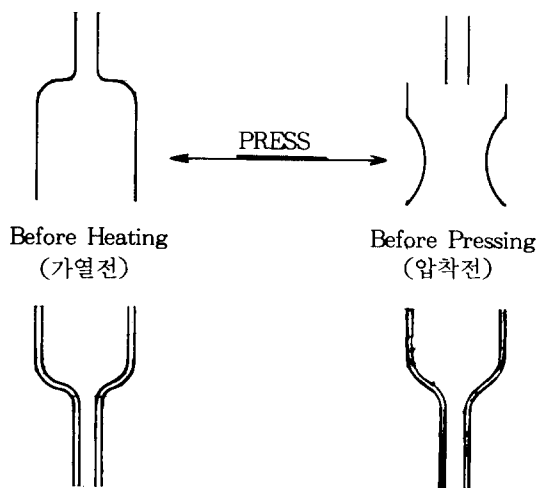


그림 8. SEALING NECK(씰링목부분)형상

이 있기 때문에 주의하여야 한다)

특히 경질유리를 사용할 경우 버너(BURNER)에 흐르는 가스량의 비율과 버너와 유리의 간격, 불꽃(FLAME)의 사용 위치에 따라 기포(REBOIL)의 사용 위치에 따라 기포(REBOIL)현상이 심하게 나타나므로 버너 설계상에 따라 다소 차이가 있으므로 各製造社에서 주의하여 결정하여야 한다.

기술자료

기포(REBOIL); 표면이 오염된 경우 OIL 혹은 탄화수소 그리고 절단시의 분쇄물로 인하여 발생.

(A)의 경우; 압력에는 강하나 외부 충격에 약하다.

(B)의 경우; 압력에는 약하나 외부 충격에는 강하다.

이들 두가지 형태중 어느것을 택할 것인가는 製造社의 기술에 따라 정하여져야 한다.

3) EXHAUST(배기)

BULB內的 불순가스를 제거하고 할로겐 가스를 주입하는 공정으로 앞서 언급한 바와같이 할로겐 원소 및 封入量 진공도가 전구수명에 큰 영향을 미치므로 배기공정에서의 관리가 철저히 요구된다.

일반적으로 많은 할로겐 전구는 常溫에서의 가스 압력이 大氣압력보다 높은 것이 특징이다.

이것은 소재 자체가 數氣壓에 견딜 수 있는 것을 使用하고 쉘링 목부분형상에서의 충분한 내압이 확보되기 때문이다.

따라서 전구를 점등하면 최초의 압력보다 점등시의 압력이 훨씬 높게 되지만 충분히 견딜 수 있다.

室溫에서의 壓力에 대한 點燈中の 壓力과의 비

표 3. 할로겐 전구의 특성과 용도

용도	종류	전압	전력	광속	색온도	수명	베이스	비고
자동차	H ₁ H ₂ H ₃ H ₄ H ₅ 9004 etc	12V	35w	750 l m	2800k	100H	p14.5S pk22S p36t-38 p43t-38 p45t-38 special plastic etc	Single 및 Double TYPE
		24V	130w	3550 l m	3100k	200H		
일반 조명용	J JD etc	100 (120)V 220 (240)V	75w 1500w	1120 l m 33000 l m	2900k	1500H 2000H	R7S E-11 E-26 GY 9.5 etc	수평 및 수직점등
	JP JPD CP CYX	100 (120)V	500w 2000w	11000 l m 56000 l m	3050k 3400k	100H 500H	R75 G×16 G-38-11 etc	
스튜디오용	JC JCD JCR	120 100 (120)V	50w 1000w	1400 l m 26000 l m	3200k 3400k	50H 70H	G 6.35 GY 9.5 etc	clear frosted
영사기 광학기기용								

※규격은 일반적인 것으로 이외에도 여러 종류의 규격이 있음.

율을 HOT TO COLD PRESSURE RATIO 즉 PR 이라 부른다.

일반적으로 텅스텐 할로겐 전구의 PR値는 약 1.3~7.0의 범위를 갖는다. 이 PR値는 전구수명의 이해와 안전이라는 관점에서 매우 중요한 일이라 생각되며 壓力에의 管理가 중요시 된다.

4 特性 및 用途

할로겐 전구의 특성과 용도는 표 3과 같다.

이외에도 복사기에 사용되는 광원용(할로겐 램프) 및 열원용(할로겐 히이터)램프도 복사기의 특성에 맞추어 전압 전력 및 광속이 다양한 제품들이 개발되어 있으며 최근에는 백화점 등의 SPOT 혹은 FLOOD LIGHT(투광등)용등으로 DICHROIC OPTICAL MIRROR를 사용한 제품이 개발되어 수요자들로부터 반응을 얻고 있다.

· 수명은 용도에 따라 수십시간에서부터 수천시간에 이르기까지 다양하며 특히 색온도가 중요시되는 칼라텔레비전 스튜디오의 SPOT-LIGHT 및 BACK-LIGHT로도 사용된다.

할로겐 電球의 現況 및 展望

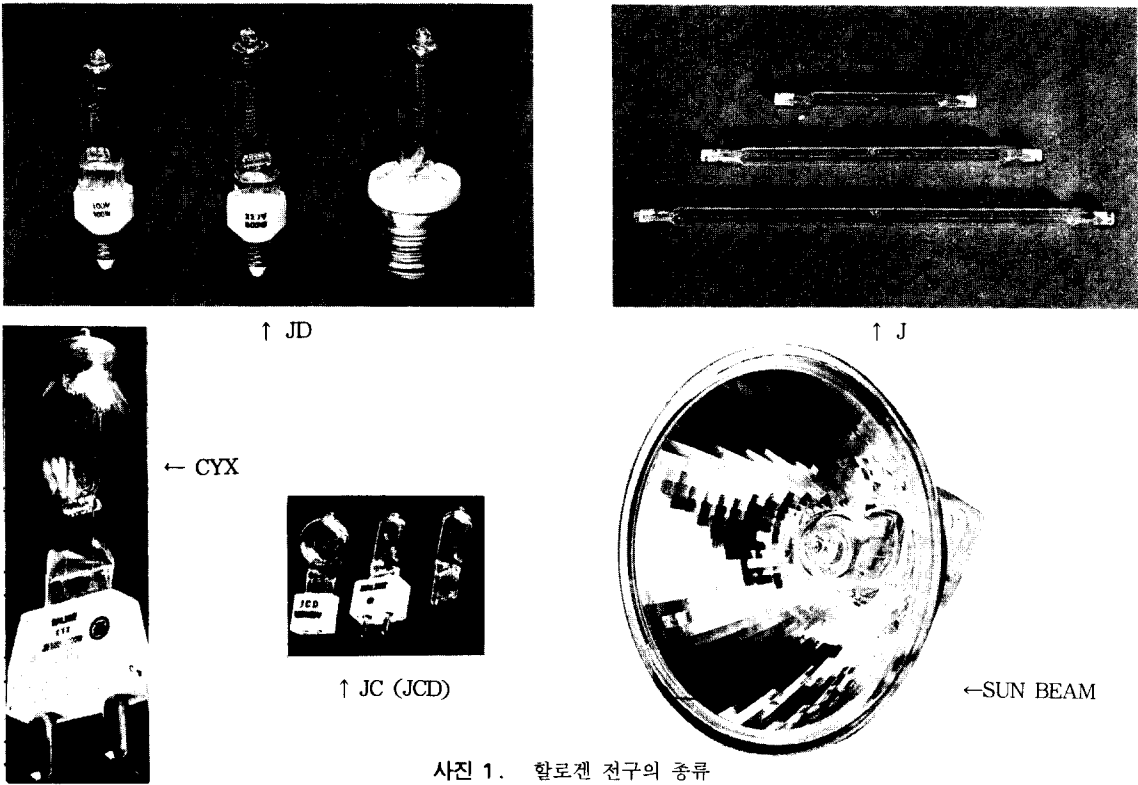


사진 1. 할로겐 전구의 종류

· 소형 할로겐 전구는 동일용량의 일반전구는 동일용량의 일반전구에 비해 1/200인 초소형 램프로도 있다.

· 유리부분은 절대로 손으로 만져서는 안된다.

지문이나 기름이 오염된 채로 점등하면 失透(유리의 변질)가 되어 수명이 짧아지므로 더러워질 경우에는 알코올을 묻힌 깨끗한 헝겊으로 닦고 건조시킨 후 사용하여야 한다.

· 점등중 전구의 핀치부온도는 350°C이하로 유지되어야 한다.

전구의 핀치부가 350°C 이상이 되면 수명에 영향을 미치므로 기구를 설계할 경우에는 반드시 유의하여야 한다.

· 전구 교환시에는 반드시 전원을 꺼야 한다.

점등시 전구표면이 고온으로 되기 때문에 전원을 넣은 채 교환하면 화상의 위험이 있다.

· 고온으로 사용되는 경우에는 대상물의 내열성 변색에도 유의하여야 한다.

이상의 것을 간략히 요약해 보면(할로겐 전구의 장점)

1. 초소형 및 경량의 전구

소형 경량으로 일반 백열전구의 용적비에 1/200까지 축소 생산이 가능하며 크기가 작고 무게가 가벼워 설계상 비교적 자유롭고 편리하게 디자인할 수 있는 장점을 가지고 있으며 또한 안정기가 필요치 않아 취급이 간편하여 즉시 점등 할 수 있다.

2. 높은 효율을 갖고 있다.

BULB壁이 石英유리이므로 작은 크기로도 높은 광출력(lm/w) 즉 효율을 낼 수 있고 필라멘트의 증발도 할로겐 사이클에 의해 방지되고 있다.

3. 온도분포가 일정하다.

할로겐 사이클에 의해 일반백열전구와는 달리 밸브벽에 흑화현상 및 필라멘트의 증발이 방지되므로 수명말기까지 밝기와 온도분포가 일정하다. (그림 8)

4. 수명이 길다.

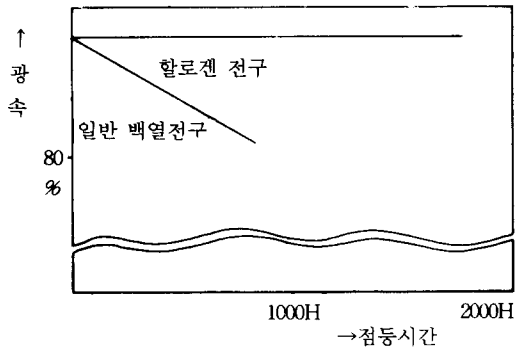


그림 8. 온도분포

할로젠 사이클을 형성하기 때문에 종래의 백열 전구 보다 필라멘트의 증발이 적어 수명이 길다 (일반 백열전구의 2배정도)

5. 정확한 빔(BEAM)을 가지고 있다.

점광원에 가까운 빛을 낼 수 있으며 적당한 반사경으로 고도의 광을 조정할 수 있고 또한 필라멘트 형상에 의해(반사경과의 조합) STOP FLOOD Beam을 쉽게 얻을 수 있다.

6. 열충격에 강하다.

석영유리를 재료로 만들었기 때문에 일반 백열 전구보다도 열충격에 대단히 강한 성질을 갖고 있을 뿐만 아니라 점등된 전구에 물이 묻어도 파열되지 않는다.

7. 대단히 경제적이다.

초소형 경량의 전구이며 오랜수명과 높은 효율을 가지고 있기 때문에 점등수를 줄일수 있고 의료기 및 그의 여러 계측기기에 쉽고 간편하게 설치할 수 있는 장점을 가지고 있다.

8. 조광을 쉽게 할 수 있다.

할로젠 전구는 재래의 백열전구와 같이 광량을 조절할 수 있다.(조광기기 사용가능)

9. 아름다운 연색효과를 얻을 수 있다.

연색성이 우수하여 쾌적한 빛을 발산할 수 있으며 자연광에서와 같이 색구별이 용이해 선명한 색을 재현 시킬 수 있다.

5. 맺음말

우주공간에서 명확한 사물판단(형체 및 색채)은 중요한 일이라 생각된다. 주간에는 자연광(태양광선)을 통해 물체의 명확한 식별이 가능하지만 야간에는 어려운 것이 사실이다.

사회문명이 점차 발달함에 따라 야간의 활동도 점차 늘어나게 되고 따라서 주간과 같은 물체의 식별을 위한 빛(光)을 필요로 하게 된다.

이러한 빛(光)의 요구가 자연광(day-light)에 가까운 광원 개발의 탐구를 낳게 되었다.

또한 GNP의 성장과 더불어 실내 분위기를 위한 조명계획에도 큰관심을 두게 되었다.

고효율이며 장수명의 특성을 가진 방전등(나트륨 메탈할라이드 등)은 백열전구와는 달리 특별히 안정기가 필요하고, 또한 점등시간을 필요로 하는 것 외에도 Spectrum이 방전에 의한 것이기 때문에 가시광선 범위내에서 정확한 색상의 구분이 어렵고 부피가 커져서 실내공간에 활용하기는 어려운 실정이다.

이에 반해 할로젠 전구는 백열전구 중에서 효율이 가장 높고, 우수한 연색성, 긴수명 또한 조광이 가능하기 때문에 실내공간의 조명 뿐만 아니라 여러 분야에서 많이 쓰여지고 있다.

구미에서는 물론 가까운 일본에서는 가정용은 물론 휴대용(자전거 손전등)에까지 할로젠 전구가 개발되어 사용되고 있다.

최근들어 국내에서도 이들 할로젠 전구를 이용한 조명기구들의 개발이 활발히 진행되고 있으며 특히 많은 열의 발생을 방지하기 위한 Dichroic optical mirror의 개발은 물론 다양한 모양의 인테리용 할로젠 조명기구들이 개발되고 있으며 또한 고효율 장수명 소형화의 추세에 따른 전구 개발로 가정용은 물론 산업용 공학용에 이르기까지 모든 분야의 걸쳐 그 사용범위가 크게 확대되어 가고 있다.