LCD PROJECTOR BACK LIGHT用 METAL HALIDE LAMP의 研究 및 開發

(Research and development of metal halide lamp for LCD projector back light)

朴 昌植* (삼성전관 선임연구원)
鄭 義善 (삼성전관 수석연구원)
李 承洙 (삼성전관 연구소장)

요 약

LCD projector back light用 metal halide lamp는 최근 LCD의 고신장세에 편승 매년 30% 정도 수요가 증가하고있는 첨단제품으로 국내에서는 전량 수입에 의존하고 있는 실정이며 본 연구에서는 다음과 같은 기술 성과를 거두었다.

1. LCD projector back light용 150W metal halide lamp및 전자식 안정기의 국산화 완료
2. 초소형 metal halide lamp의 설계기술 및 제작 기반기술 확보
3. Metal halide lamp용 전자식 안정기의 설계기술 확보

Abstract

Metal halide lamp for LCD projector back light is high technological product with its consumption increasing by 30% a year according to LCD merchandise and we are wholly-depending on importation. At this time experiment, we achieved those results as below.

1. Realization of domestic production of 150W metal halide lamp for LCD projector back light and electrical ballast.
2. Possession of self-designing and manufacturing technology of subminiature metal halide lamp.
3. Possession of designing technology of electrical ballast for metal halide lamp.

1. 머 리 말

MHL(metal halide lamp)는 일정 크기의 arc tube 내에 금속할로겐 화합물과 시동용 gas를 첨가함으로써 그 금속 고유의 여기파장(勵起波長)을 이용하여 높은 광효율과 연색성을 갖는 lamp로서 일반조명용은 물론 集漁燈用, 複寫機用, 光學用, 動植物育成用등으로 광범위하게 이용되는 고압방전등이다. 특히, 광학용으로 분류되는 LCD B/L(back light)용 MHL는 소형 점광원과 내면에 다층막 coating된 reflector를 조립시킨 반사경 부착 lamp로서 최근 LCD의 고신장세에 편승, 수요가 매년 약 30%정도 증가하고 있는 첨단제품으로 전세계적인 시장은 '95년에는 약 22万대, '96년에는 약 30万대가 전망이 되고 있으며 현재 세계수요량의 약 95% 이상을 일본의 IWASAKI, USHIO社와 독일의 OSRAM社에서 공급하고 있는 실정이다. 국내에서도 LCD projector등과 같은 관련제품을 생산하면서 수요가 매년 계속 증가 추세에 있으나 낙후된 국내 기술사정으로 전량수입에 의존하고 있는 상황이며 또한 국내시장이 개방될 경우 조명산업의 공동화가 예상되므로 국가적 차원에서도 LCD B/L용의 MHL의 국산화가 시급한 상황이었다. 이러한 배경하에 당연구소에서는 통상산업부에서 시행한 공업기반기술 개발사업의 일환인 본 과제의 수행을 통해 MHL의 점광원기술, 색재현 기술과 전자식 안정기의 회로설계기술, 소형화 기술등의 첨단기술을 확보하는 한편, 국내시장 개방에 대비 선진기업으로부터의 전량 수입에서 탈피, 자체수급을 통한 수입대체 및 국내 LCD 제품의 대외경쟁력을 확보하기 위하여 다년간의 MHL의 설계기술과 회로기술을 기반으로 현재 LCD B/L로 주로 채용되고 있는 150W를 target model로 선정하여 최적의 arc tube 설계 및 reflector 설계와 전자식 안정기 개발을 완료하여 자체 설계기술을 확보하게 됨에 따라 본 보고서를 제출하게 되었다.

2. LCD projector B/L MHL

2.1 MHL(Metal Halide Lamp)

Metal halide lamp는 일정 크기의 석영관 arc tube에 시동 gas인 Ar과 수은 및 Na, Tl, In, Dy등과 같은 금속할로겐 화합물을 첨가, 봉입하여 arc 방전을 발생시켜 수은 및 금속할로겐 화합물 고유의 spectrum을 방사시킴으로 높은 광효율과 연색성을 가지는 고압 증기 방전등이다. 이러한 특성을 가지는 metal halide lamp는 사용되는 금속할로겐 화합물의 종류에 따라 여러가지의 종류로 분류할 수 있으나 70W ~ 250W의 lamp에 있어서 대표적으로 사용되는 금속할로겐 화합물의 종류에 따른 광특성 Data를 살펴보면 표1과 같다.

표1. 금속 할로겐 화합물과 광특성 Data
Table 1. Metal halogen compounds and photometric data

	색 온 도 K	연 색 성	효 율 lm/W
Na-Sc-Th	3,900	70	80
Dy-Ho-Tm-Cs-Tl	5,200	93	72
Dy-Ho-Tm-Cs-Tl	4,300	85	75
Na-Sn-Tn-In-Ll	3,000	76	67

발광물질들을 arc tube내에 첨가하기 위해서는 동작중에 arc tube내에서의 증기압을 높이기 위한 목적과 석영관과의 반응을 방지하기 위한 목적으로 할로겐 화합물로 구성하게 된다.

이러한 발광물질 외에도 앞에서 언급한 바와 같이 Dy, Ho, Tm, Tl, Sn등과 같은 희토류 원소와 $NaDyI_4$, DyI_3, Na_2DyI_4와 같은 복합 화합물도 많이 사용되고 있으며 이러한 발광물질들을 고유 spectrum을 이용하여 종류 및 조성비를 변화시킴으로 다양한 색온도의 표현이 가능하게 된다. 따라서 높은 광효율과 우수한 연색성을 가지는 metal halide lamp를 설계하기 위해서는 arc tube의 휘도특성 및 색온도를 최적화할 수 있으며 석영관과의 반응성을 고려한 화합물의 종류 및 조성비에 대한 설계기술이 중요한 Factor가 된다.

2.1.1 Arc Tube의 구조 및 동작원리

1) 구 조

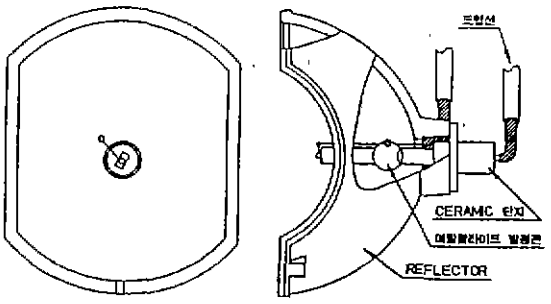


그림1. LCD B/L용 MHL 구조
Fig.1. Structure of MHL for LCD B/L

2) 동작원리

Metal Halide Lamp의 동작원리를 Block화 하면 그림2와 같다.

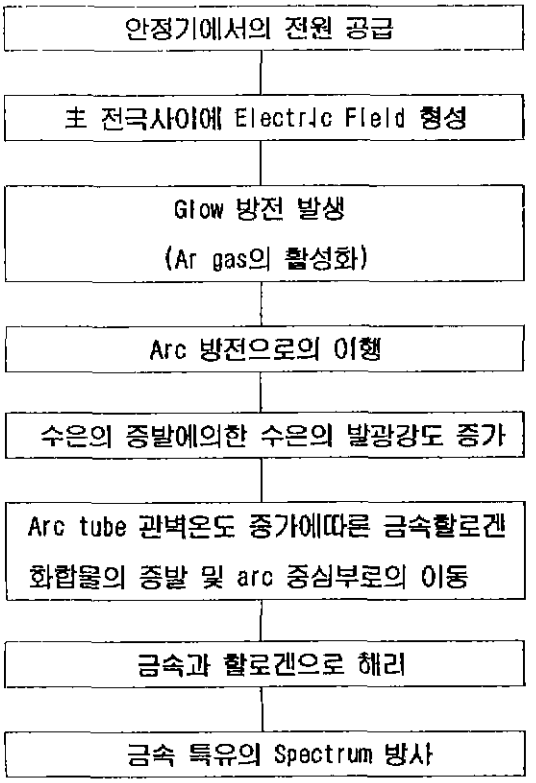


그림2. Arc Tube의 동작원리
Fig.2. Function mechanism of arc tube

이러한 동작원리에 따라 arc tube는 동작을 하게된다. 또한 동작중 arc tube내의 arc 중심의 고온부는 약 5,000 [K]의 온도를 가지게 되며 이 온도에서 금속할로겐 화합물은 열해리(熱解離)되어 금속과 할로겐으로 분해된다. 이 때, 금속은 주로 열여기(熱勵起)되어 그 금속 특유의 Spectrum을 발광하고 arc tube내의 저온부인 관벽근방에서는 arc 중심부에서 확산된 각 금속이 할로겐과 재결합하여 금속 할로겐 화합물로 된다.

즉 lamp 점등중에는 解離 - 勵起 - 發光 - 再結合과 같은 순환을 반복하게 된다. 또 lamp 점등중 arc tube내의 금속의 증기압은 10~100 torr 정도, 수은의 증기압은 1~10 기압 정도로 수은의 증기압이 금속의 증기압보다 약 100배 가량 높으며, 따라서 arc 중심부에 있는 발광금속의 원자밀도가 수은의 원자밀도보다 작으며 또한 금속의 평균 여기전압이 4.0 [eV], 수은의 평균 여기전압이 7.8 [eV]이므로 방사되는 spectrum은 첨가금속에서의 spectrum이 지배적이다.

2.2 Reflector의 기능 및 구조

LCD B/L용 MHL에 사용되는 reflector는 lamp에서 방사된 빛의 집광을 용이하게 하도록 방물면 형상으로 되어 있으며 내면은 방사에 의한 LCD의 열적 손상을 감소시키기 위해 광학다층막의 간섭작용을 응용하여 적외방사를 투과 또는 흡수하고 가시광선을 반사시킬수 있도록 광학다층막이 coating된 dichroic mirror로 되어져 있다.

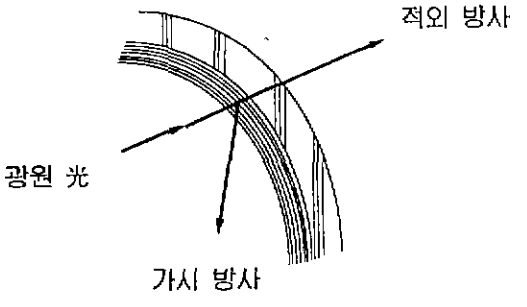


그림3. Dichroic mirror의 구성
Fig.3. Sturcture of Dichroic mirror

이러한 기능을 가지는 reflector는 lamp가 동작중에는 lamp 표면의 온도가 약 1000℃ 정도의 높은 온도 분포(그림4 참조)를 가지고 있으므로 열적 치수 안정성 및 광학 다층막의 신뢰성(밀착성)을 가져야 한다.

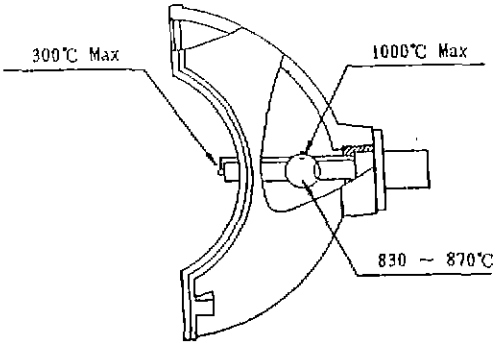


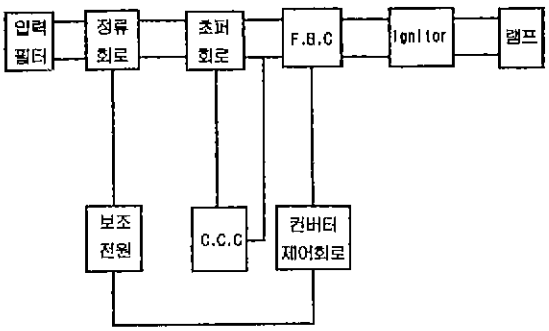
그림4. MHL의 동작온도 분포
Fig.4. Thermal distribution of MHL

기판으로 이용되고 있는 재료면에서는 glass, Al, plastic등이 알려져 있으나 본 과제에서는 내열성 및 표면처리가 양호하여 현재 널리 채용되고 있는 glass를 선정, 내면에 진공증착으로 광학박막을 coating하여 표2의 개발목표 Spec.으로 LCD back light용 metal halide lamp의 reflector를 개발하였다.

표2. Reflector의 개발 목표
Table 2. Target spec. of reflector

	개 발 목 표 SPEC.
주 성 분	SiO_2(80.75 Wt%), B_2O_3(13.79 Wt%)
열팽창계수	α=34 ~ 38 X 10^{-7} /℃
연 화 점	790℃
내 열 도	150℃
T50%의 파장	420 ± 15 nm
$R_{av} \geq 95\%$	425 nm ~ 685 nm
$T_{av} \geq 80\%$	700 nm ~ 1,100 nm

2.3 전자식 안정기



※F.B.C : Full Bridge Converter

C.C.C : Chopper Control Circuit

그림5. 안정기의 block diagram
Fig.5. Block diagram of ballast

위의 그림5는 전자식 안정기의 block diagram을 나타낸 것이다. 라인필터는 출력 노이즈의 저감(입력 귀환잡음의 저감)을 위한 것으로 노이즈의 감쇠특성은 LC의 값으로 결정된다.

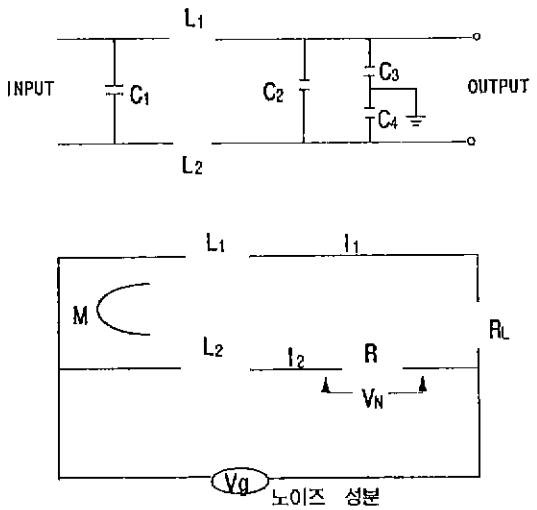


그림6. 커먼모드필터의 등가회로
Fig.6. Equivalent circuit of common mode filter

앞의 그림6은 커먼 모드 필터의 등가회로를 나타낸 것이다. 소자선택의 중요 기준은 잡음의 감쇠특성이다. 또한 누설전류는 감전의 위험성이 있기 때문에 일반적으로 안전기준으로서 1mA이하로 해야하며 정류회로에서 초기 콘덴서의 충전시 돌입전류가 흐르므로 다이오드의 보호를 위해 돌입전류 방지회로를 사용해야 한다. 초퍼회로는 부하에 정전압을 공급하기 위해 사용되며 브리지 다이오드에 의해 정류된 전압을 고속 스위칭하고 이를 LC 필터를 통해 정류한다. 구형파 전압을 램프에 공급하기 위해서 full bridge converter 회로를 채용하였으며 초퍼회로, 컨버터 구동회로, 램프 불점등 회로의 전원 공급 및 이그나이터의 동작시간 제어를 위해 보조전원을 채택하였다. 펄스 트랜스 T_2의 1차측 콘덴서에 저항을 통해 직류전압이 인가되는 동안 SIDAC이 스위칭 전압에 달하면 on되고, 이 때 펄스 트랜스가 동작하여 2차측의 콘덴서(C_{15})에 약 3 kV의 펄스전압이 인가된다. 펄스 트랜스 T_3의 1차측은 콘덴서, spark gap과 연결되어 있으며, spark gap이 3 kV 정도에서 on되면 펄스 트랜스 T_3의 2차측 출력단에 약 20 kV 펄스전압이 인가된다. 출력단에 연결된 램프에 약 20 kV의 전압이 인가되면 램프는 절연 파괴되어 시동된다.

3. 실험 및 결과분석

높은 광효율과 우수한 연색성을 가지는 MHL을 설계하기 위해서 필요한 arc tube의 중요 설계 기술로는 arc tube의 forming 기술, pinch seal 기술과 같은 기하학적 구조설계와 Ar압 및 수

량의 최적설계, 화합물의 조성비 설계기술, 전극 설계기술 및 보온막의 도포기술 등을 들 수 있다. 먼저 기하학적 구조 설계에서는 전극간 거리 5mm, 내용적 0.38cc로 하여 최적 Ar압 설계 및 전극 설계, 화합물 조성비 설계를 실시하였다. Arc 내에 봉입되는 Ar gas의 양에 따라 다음 표3과 같은 특성이 있으므로 최적 봉입량을 찾아야 하고 또한 그 壓에 따라서도 시동특성이 변하므로 최적 壓도 찾아야 한다. 그림7은 Ar壓과 시동전압 사이의 관계를 그래프로 나타낸 것이다.

표3. Ar壓에 따른 램프의 영향
Table3. Effect of Ar pressure on lamp

Ar壓	많음	장점	흑화가 적다 광 상승시간이 빠르다
		단점	시동특성이 어렵다
	적음	장점	시동특성이 쉽다
		단점	흑화 발생이 쉽다 광 상승시간이 느리다

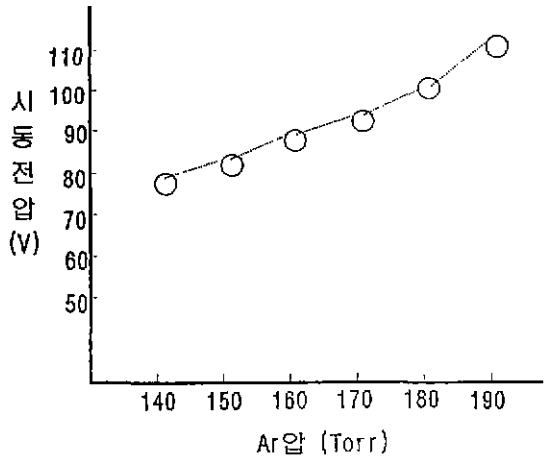


그림7. Ar압에 따른 시동전압
Fig.7. Relation between starting voltage and pressure of Ar gas

그림7에서 Ar압이 증가하면서 arc tube의 시동전압도 증가하는 것을 알 수 있으며 이로부터 arc tube내의 Ar압이 증가하면 시동이 어려워진다는 사실을 실험적으로 확인할 수 있었다. 수은량의 결정에 있어서, arc tube내에 봉입되는 수은의 양은 (식1)에 나타낸 바와 같이 arc tube의 양단에 걸리는 전압(이하 관전압)에 가장 큰 영향을 미치게 되므로 신중히 결정하여야 한다.

$$V_e = l \cdot \frac{m^a}{d^b} + V_c \quad \text{----------(식1)}$$

V_e;관전압 V_c;음극강하 m;수은량 l;극간거리
d;관내경 a=0.9 b = 1.5

이러한 배경에서 최적 수은량을 실험적으로 결정하기 위하여 arc tube내에 수은만을 7mg, 8mg, 9mg, 10mg 봉입한 샘플을 각 5本씩 제작하여, 수은량을 결정함에 있어서 가장 중요한 요소인 관전압등 arc tube의 여러가지 전기적 특성을 검토하였다. 실험결과를 살펴보면 수은량이 8mg일 때 관전압이 78.8V(보온막 도포前) 이고 보온막을 도포하면 2~3V정도 관전압이 상승하는 것을 고려할 때 본 과제의 관전압 목표 spec.인 80±10V에 가장 근접하게된다.

광학적 특성을 결정지으며 가장 중요한 요소 중의 하나라고 할 수 있는 화합물의 경우, LCD projector B/L용 MHL과 같이 short arc이면서 특히 영상기기용인 lamp에서는 자연광에 가까운 6000 [K]이상의 색온도 및 수명에 따른 색재현성이 절대적으로 중요하므로 이러한 특성을 충족시킬 수 있는 Dy-Nd-Cs계의 화합물을 사용하였다.

본 과제에서는 또한 전극 내에 포함되어 있는 수소와 같은 불순물을 제거하려는 목적과 tungsten의 조직을 변화시킴으로써 전극을 활성화시키고자 하는 목적으로 행해지는 전극의 진공열처리에 있어서 최적 열처리 온도와 최적 열처리 시간을 실험적으로 검토하였다.

LCD project B/L용 MHL arc tube의 한쪽 끝에는 백색 산화물이 도포되어 있는데 이를 보온막이라 하며 이 보온막은 arc tube에서 방사되는 적외선을 반사시킴으로써 최냉점 부분의 온도를 상승시키고 이에 따라 arc tube 내면 최냉점 부근에 응축되어 있는 화합물들이 증발하게 되어 발광에 기여하게 되는 작용을 한다.

본 과제에서는 보온막의 재료로써 가장 많이 사용되어지는 Al_2O_3를 선정하였으며 Al_2O_3는 다음과 같은 기본 성질을 가진다.

① 대단한 견고성을 지니고 있다.
② 부식과 마찰에 저항력이 대단히 강하다.
③ 불활성이므로 화학적으로 안정하다.
④ 전기적인 안정성이 뛰어나다.
⑤ 열충격에 저항력이 강하고 결정구조가 대단히 안정하다.
⑥ 고온에서 매우 큰 기계적 힘(mechanical strength)을 가진다.
⑦ 알루미늄 화합물중 밀도가 가장 높다.
⑧ 알루미늄 화합물중 열반사 계수가 가장 높다.
⑨ 결이 없으므로 갈라짐에 강하다.
⑩ 고온에서 압축되고나면 매우 단단해진다.

Reflector의 기능은 arc tube에서 방사된 빛의 集光을 용이하게 하도록 내면에는 열에 의한 LCD의 손상을 감소시키기 위해 SiO_2를 주성분으로 하는 광학 다층막을 형성하여 이 광학 다층막의 간섭작용을 응용하여 적외방사는 투과 또는 흡수를하고 가시광선은 반사시키는 기능을 가지는 dichroic mirror이다. 이러한 기능을 가지는 reflector 반사면의 일반적인 설계식은 (식2)와 같다.

$$y^2 = 4FX \quad \text{----------(식2)}$$

여기에서 F = 초점 거리이다.

반사경의 coating 물질로는 주로 SiO_2, TiO_2 등이 사용되고 있으며 coating층의 다소에 따라 가시광선 영역에서의 반사율이 다르게 되며 일반적으로 약 35~40층 정도로 하고 있으나 본 실험에서는 여러개의 샘플군으로 시행한 여러번의 실험 결과들을 토대로 coating 층수를 가시광선 영역에서의 반사율이 가장 우수한 40층으로 하였다.

이상과 같이 설계하여 실험하고 개발한 150W LCD projector B/L MHL의 측정 결과들중 몇개만을 예시하면 다음과 같다.

표4. MH Lamp의 전기적 특성 평가결과
Table4. The result of electrical test of MH lamp

평가항목	목표 Spec.	개발결과
Lamp 전력	155 ± 5 W	155 ± 2 W
Lamp 전압	80 ± 10 V	80 ± 5 V
Lamp 전류	1.88 A	1.88 A
Lamp 효율	70 lm/W	72 lm/W
광속상승시간	1분 이내	1분 이내
전 광 속	10,800 lm	11,200 lm

표5. Screen에서의 초기 특성 결과
Table5. Initial data on screen

	목표 Spec.	개 발 결 과
중심 조도 E_{cnt} (Lx)	11000~13000	12000±100
평균 조도 E_{AVE} (Lx)	4,500 이상	4800±100
주변 조도비 E_{RD}	27% 이상	30.6±1 %
Balance (上/下)	80~160 %	124±20 %
Balance (右/左)	70~143 %	110±23 %
중심 색도 X	0.291±0.02	0.291±0.02
중심 색도 Y	0.326±0.02	0.291±0.02
색 도 차 X	≤ 5 %	≤ 5 %
색 도 차 Y	≤ 5 %	≤ 5 %

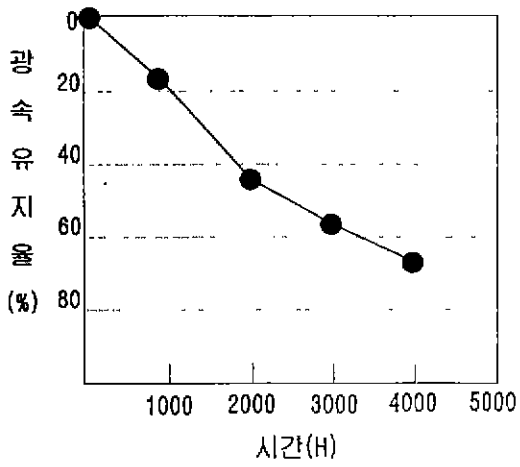


그림7. 점등시간에 따른 광속 유지율
Fig.7. Lumen output verse lighting time

표6. 안정기 입출력 특성
Table6. The characteristic of input and output of ballast

구 분		목표 Spec.	개발 결과
안정기 입력	전압(V)	110	109.6
	전류(A)	2.9±0.1	2.88
	전력(W)	190±10	186
	주파수(Hz)	60	60
안정기 출력	전압(V)	80±5	84.2
	전류(A)	1.88±0.1	1.86
	전력(W)	155±5	156.2
	주파수(Hz)	270±3	271.1

4. 결 론

이상으로서 LCD projector back light용 150W metal halide lamp 및 전자식 안정기 개발을 완료하였으며 본 과제의 수행을 통한 결론를 정리하면 다음과 같다.

1. LCD projector back light용 150W metal halide lamp및 전자식 안정기의 국산화를 완료하였다.
2. 초소형 metal halide lamp의 설계기술 및 제작 기반기술을 확보하였다.
3. Metal halide lamp용 전자식 안정기의 설계기술을 확보하였다.

향후 본 과제의 수행을 통해 확보된 기술을 바탕으로 액정 TV와 같은 관련사업의 기술수준 향상에 기여함과 아울러 해외경쟁력 강화를 위한 적극적인 정책의 추진이 중요하다고 사료된다.