

등근형 무전극 램프의 페라이트 코어와 냉점의 온도 의존성

論 文

57-5-16

Dependence of Round Type Electrodeless Lamp According to Ferrite Core and Cold Spot Temperature

金南君[†] · 梁種璟^{*} · 李鐘燦^{**} · 韓后錫^{***} · 朴志植[§] · 朴大熙^{§§}

(Nam-Goon Kim · Jong-Kyung Yang · Jong-Chan Lee · Hoo-sek Han · Jee-Sik Park · Dae-Hee Park)

Abstract - Generally Lighting system consists of lamp and luminaire. When a fluorescent lamp is installed in luminaire, power and light output is changed by ambient temperature. Particularly electrodeless lamp depends on the changes that are mercury pressure with amalgam temperature and magnetic properties with ferrite temperature. It has finally influence on optical efficiency

In this study, the temperature change of ferrite and cold spot, vessel are measured at transitional state and then same characteristics are measured with increase of ambient temperature. At transitional state, luminous flux is related to temperature change of cold spot that compare with behavior of mercury pressure and light output. At increase of ambient temperature, we analyzed change that efficiency and electrical, optical characteristics of electrodeless lamp are related to ferrite core and cold spot temperature. Additionally, spectrum, color temperature and coordination are measured to check that is relation with ambient temperature.

Key Words : ICP, Electrodeless lamp, ferrite core, amalgam,

1. 서 론

무전극 램프의 방전현상은 1884년 Hittrof에 의하여 처음으로 발견되었으며 1891년 Nikola Tesla는 RF에 의한 방전 램프를 소개하였다. RF제너레이터에 의하여 동작되는 ICP(Inductively Coupled Plasma)원리를 이용한 램프가 1907 Hewitt에 의하여 최초로 특허로 등록되었고, Bethenod와 Claude에 의하여 페라이트코어를 적용한 ICP원리의 무전극 램프가 소개되었다. 그 후, 저주파(100-500kHz)의 유도 결합형 무전극 램프가 Anderson에 의해서 1970년에 성공적으로 시도되었고, 반도체 소자 및 파워스위칭 기술의 발달로 효율적이고 소형화된 RF 전원장치의 개발로 1991년 최초로 마쯔시다와 필립스에서 미래형 광원으로써 상용화하게 이른다. 이후 오스람에서도 무전극 램프를 개발하게 되었다[1,2].

무전극 방전의 가장 큰 이점은 램프의 수명, 형상, 효율, 전력을 크게 좌우하는 전극이 없다는 것이다. 일반적으로 전극에 의한 방전은 음극과 양극의 전압강하에 의하여 인가

전력에 대한 광 변환 효율이 저하된다. 그래서 방전관은 방전전압이 양극주를 발생시키는 지점을 지나 전압강하영역을 초과하지 않도록 하기 위해 길고 얇아야한다. 하지만 무전극 램프는 전극 없이 플라즈마의 폐회로를 따라 방전전류가 흐르기 때문에 실제 램프의 모양, 사이즈, 가스량, 인가전력의 제한이 거의 없다[3]. 일반적인 실외용 램프는 등기구와 결합된 시스템을 갖추게 된다. 이때 밀폐된 등기구내부의 온도증가에 의해서 전력 및 광출력이 변화한다. 특히 등근형 무전극 램프에서 페라이트 코어의 자성특성과 아말감의 수는 증기압은 등기구 내부의 온도에 의하여 좌우되며 최종적인 램프의 광효율에 영향을 미친다[4,5,6,7].

따라서 본 논문에서는 유도결합형 등근형 무전극 형광램프의 안정화 전의 과도상태와 안정화 후 챔버 안의 주변온도 증가에 의한 페라이트 코어와 아말감이 팁 부분인 냉점의 온도변화에 의존하는 전기적, 광학적 특성을 비교 분석하였다.

2. 이론 및 실험방법

2.1 시료 및 실험방법

등근형 무전극 램프는 그림 1에 보는바와 같이 두개의 코일이 감긴 페라이트 코어와 별브로 구성되어 있으며, 별브의 외각 부분에 배기와 아말감을 고정하기 위한 냉점 부분 팁을 형성하였다. 시료로 사용된 150W급 등근형 무전극 램프의 페라이트코어와 코일 및 별브 각각의 파라미터는 표 1과 같다.

* 學生會員 : 圓光大 電子材料工學科 博士課程

** 正 會 員 : 금호전기(주) 부설연구소 선임연구원 · 工博

*** 正 會 員 : 기초전력연구원 전기에너지 변환시스템 연구실 책임연구원 · 工博

§ 正 會 員 : 韓國産業技術大學校 知識基盤技術 에너지大學院 研究教授 · 工博

§§ 正 會 員 : 圓光大學校 電氣電子및情報工學部 教授 · 工博

† 교신저자, 學生會員 : 圓光大 電子材料工學科 碩士課程

E-mail : kng3402@naver.com

接受日字 : 2008年 1月 8日

最終完了 : 2008年 4月 17日

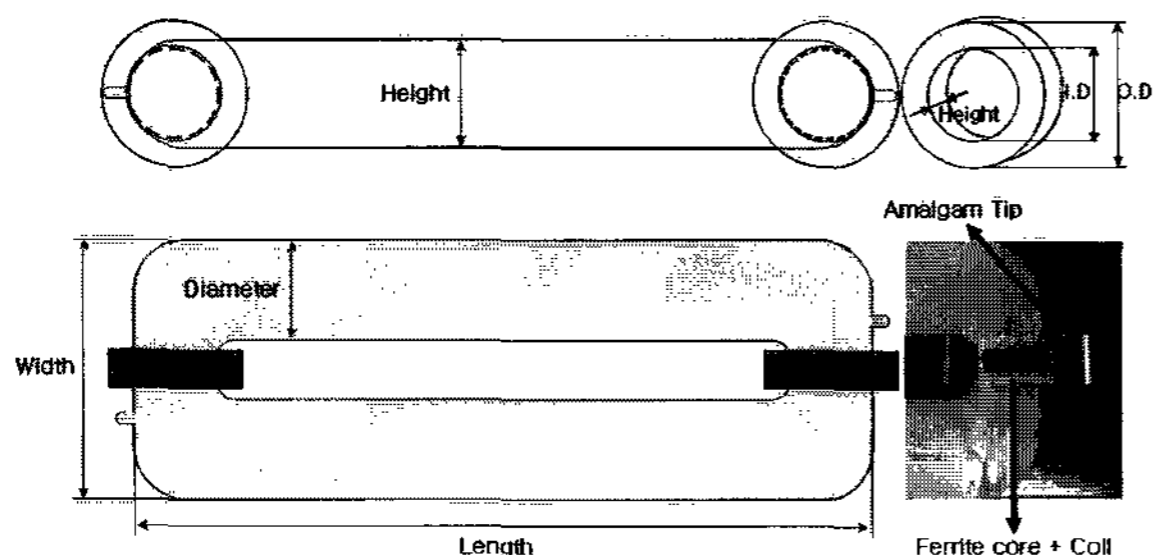


그림 1 둥근형 무전극 램프
Fig. 1 round type electrodeless fluorescent lamp

표 1 둥근형 무전극 램프의 파라미터
Table 1 Parameter of round type electrodeless fluorescent lamp

Parameter		
Ferrite	outside[mm]	65
	inside[turn]	41.5
	height[mm]	18
	initial permeability(μ_i)	2400
Coil	thickness[mm]	1.2
	turns	17
Bulb	length[mm]	350
	width[mm]	135
	height[mm]	52
	diameter[Φ]	52

본 실험에서는 첫 번째로 안정화 전의 과도상태인 둥근형 무전극 램프의 특성을 분석하기 위하여 온도 25 °C에서 시간에 따라 코일이 감긴 페라이트 코어와 아말감 팁 부분인 냉점, 방전관의 온도와 광학적 특성변화를 측정하였다. 실험 장치는 그림 2(a)와 같이 구성 하였으며, 부위별로 온도센서 (Tektronix사 thermal detector)를 부착 하여 온도를 측정하였다. 광학적 특성은 Everfine사의 지름이 1.75M인 광속구로 광속을 측정하였다.

두 번째로 등기구 내부의 온도의 증가에 따른 둥근형 무전극 램프의 특성을 비교하기 위하여 챔버 안의 주변온도를 증가시키면서 코일이 감긴 페라이트 코어와 아말감 팁 부분인 냉점, 방전관의 온도 및 전기적, 광학적 특성변화를 비교 분석하였다. 실험 장치는 그림 2(b)와 같이 사이즈(가로*세로*높이)40*40*30인 Heat 챔버를 이용하여 초기 25 °C에서 2시간 안정화 후 주변온도를 25 °C ~ 80 °C 까지 증가 시켜가며 측정하였다. 부위별 온도측정은 첫 번째 실험과 동일하며, Tektronix社 Oscilloscope의 전력분석을 통한 전기적 특성과 Minolta社 Spectroradiometer CS-1000A를 이용하여 휘도, 색 좌표, 스펙트럼 등의 광학적 특성을 측정하였다. 또한 코일이 감긴 페라이트 코어의 온도에 따른 인덕턴스 변화를 비교하기 위하여 Agilent社의 Impedance analyzer를 통하여 온도와 주파수에 따른 인덕턴스(L_0)의 특성을 확인하였다.

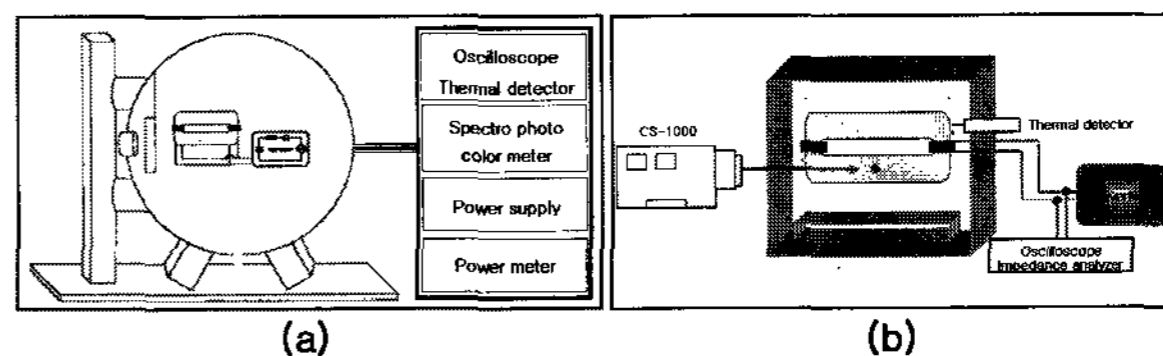


그림 2 실험 개략도
Fig. 2 experiment diagram

2.2 둥근형 무전극 램프의 등가회로

유도결합형 무전극 램프는 수MHz~수백kHz의 범위의 주파수를 가지는 전자식 안정기에 의해서 동작된다. 유도결합형 무전극 램프를 동작시키기 위해 고주파가 인가되었을 시 외부코일과 플라즈마 성분 에 의하여 공진주파수가 결정된다. 무전극 형광램프는 페라이트코어에 감긴 코일의 인덕턴스(L_0)와 환형의 플라즈마가 결합계수 k 를 가지는 변압기 원리를 적용하여 설명할 수 있다[8]. 기본적으로 둥근형 무전극 램프는 그림 3(a)와 같이 페라이트코어에 감긴 코일에 고주파 전력을 인가하는 부분을 변압기의 1차 측으로 보고 환형의 플라즈마가 형성되는 방전관을 1턴을 가지는 트랜스포머의 2차 측으로 해석하여 모델화 하였으며 그림 3(b)에서와 같이 플라즈마 저항(R_p)은 결합계수 k 에 의해 $n:1$ 의 트랜스포머에 연결된 구조이다. 그림 3(b)는 그림 3(c)와 같이 변환되고 여기서 페라이트코어에 감긴 코일을 거친 임피던스(Z_L)는 동작주파수 ω 의해 식(1)과 같이 나타낼 수 있고, 각각의 R_1 과 L_1 은 식(2),(3)으로 나타낼 수 있다. 다음으로 그림 3(d)와 같이 병렬로 변환 되고 저항 R_e 과 인덕턴스 L_e 를 식 (4),(5)로 나타낼 수 있다[9,10].

$$Z_L = R_1 + j\omega L_1 \tag{1}$$

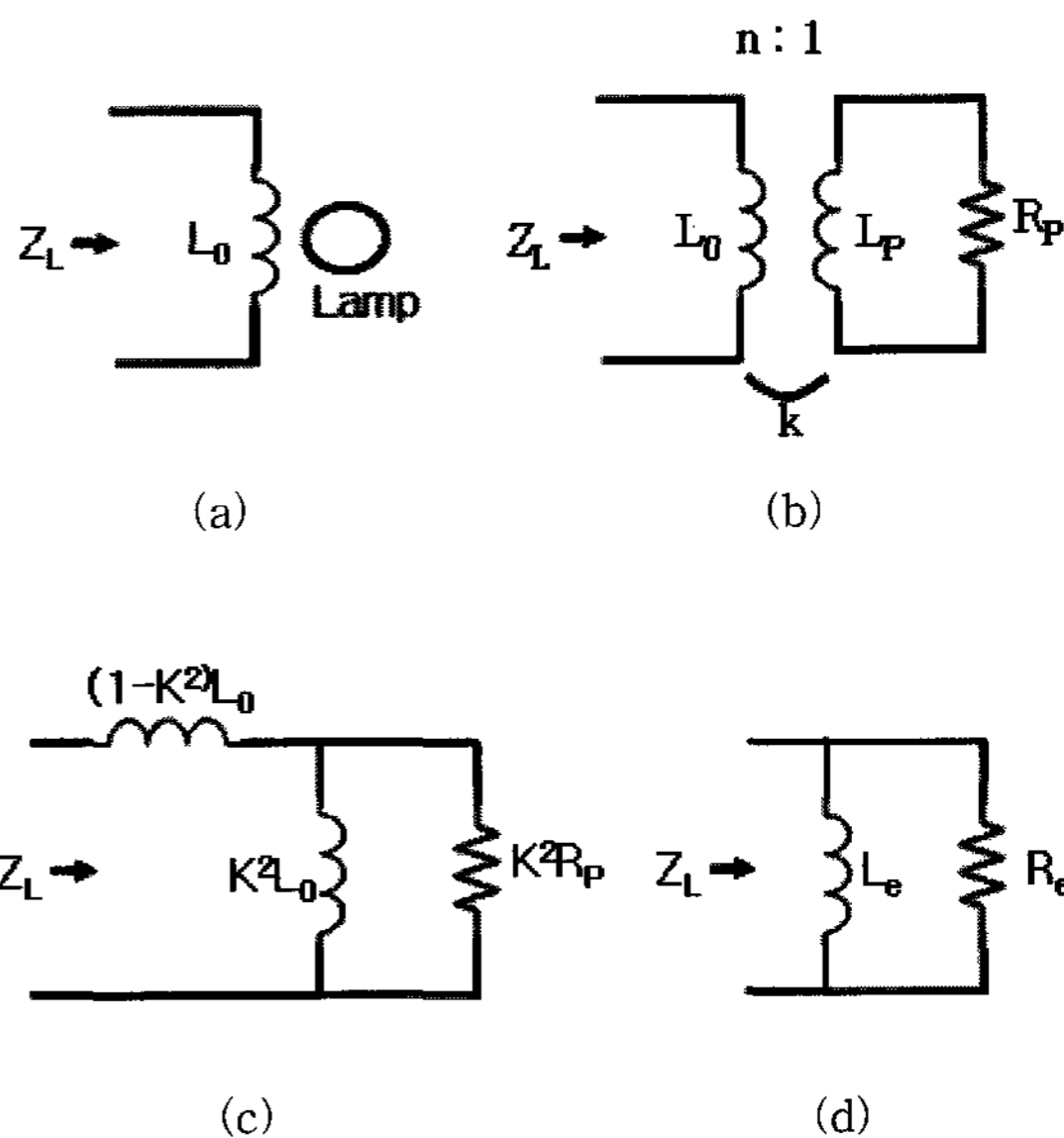


그림 3 둥근형 무전극 램프의 등가회로
Fig. 3 Equivalent circuits of electrodeless fluorescent lamp

$$R_1 = \frac{(kn)^2 R_p k^4 \omega^2 L_0^2}{(kn)^4 R_p^2 + k^4 \omega^2 L_0^2} \quad (2)$$

$$L_1 = \frac{(kn)^4 R_p^2 k^4 L_0^2}{(kn)^4 R_p^2 + k^4 \omega^2 L_0^2} + (1 - k^2) L_0 \quad (3)$$

$$R_e = R_1 + \frac{\omega^2 L_1^2}{R_1} \quad (4)$$

$$L_e = L_1 + \frac{R_1^2}{\omega^2 L_1} \quad (5)$$

유도결합형 등근형 무전극 형광램프 등가회로3(b)에서의 페라이트 코어에 감긴 코일의 인덕턴스(L₀)와 방전관에 형성되는 플라즈마 인덕턴스(L_p)와 저항(R_p)경우 코일이 감긴 페라이트 코어와 아말감 텅 부분인 냉점의 온도특성에 의해 영향을 받으며 최종적으로 임피던스(Z_L)을 변화시켜 램프의 전기적특성과 광학적 특성에 영향을 미친다[6,11,12].

2.3 페라이트코어 온도에 따른 특성변화 와 코일의 인덕턴스 특성

고주파 영역에서 많이 사용되고 있는 연자성 페라이트는 스피넬구조를 가진 Mn-Zn 페라이트, Ni-Zn 페라이트와 육방정 페라이트가 있다. 대체로 주파수 10 [kHz] 에서 1 [MHz] 사이에서는 Mn-Zn 페라이트가 사용되고, 1 [MHz] 에서 15 [MHz]까지는 Ni-Zn 페라이트, 그리고 그 이상의 주파수에서는 육방정 페라이트가 주로 쓰이고 있다. 실제로 MHz에서 동작하는 전구식 무전극 램프에서는 Ni-Cu-Zn, Ni-Zn, Mn-Mg-Zu 및 Mg-Cu-Zn 등의 소재로 사용하고 있으며 등근형 무전극 램프의 구동 주파수는 250 [kHz]이므로 수100 kHz에서 비저항이 10~수100 Ω·cm 정도의 도전성을 가지고 손실이 적으며, 높은 투자율을 얻을 수 있는 Mn-Zn페라이트를 적용하였다[13].

토로이드 형태 페라이트는 다음 식 6에 의하여 인덕턴스를 계산할 수 있다. 여기서 μ는 투자율이고, N은 권선수, H, a, b는 각각 페라이트의 높이, 내경과 외경이다.

$$L_o = \frac{\mu N^2 H}{2\pi} \ln \frac{b}{a} \quad (6)$$

등근형 무전극 램프에 적용된 페라이트코어의 형상과 재질, 코일의 권선수와 동작주파수(250kHz)는 고정이고, 투자율은 온도에 의하여 변화한다[6,14]. 즉 페라이트코어에 감긴 코일의 인덕턴스(L₀)는 온도에 의하여 변화하는 것을 알 수 있다. 이러한 코일이 감긴 페라이트 코어의 인덕턴스(L₀)의 변화는 등가회로에서 보는 바와 같이 등근형 무전극 램프 2차 측의 플라즈마의 인덕턴스(L_p) 성분에도 영향을 주게 된다.

2.4 아말감의 온도에 따른 특성변화 및 광학적 특성

유도결합형 무전극 램프는 플라즈마 방전에서 일반 튜브

타입의 형광램프보다 높은 에너지 밀도와 관벽 부하를 가지기 때문에 높은 온도에서 동작한다. 그래서 금속과 결합된 아말감형태로 램프 안에 수은을 봉입한다.

일반적으로 아말감은 In, Bi, Sn과 수은의 합금으로써 고유특성 곡선을 가지며, 아말감온도에 따른 수은증기압과 광출력 특성은 합금의 혼합비율에 따라 달라진다. 또한 수은증기압의 특성은 초기 액상수은의 특성곡선에 따라 움직이나 온도가 상승함에 따라 수은의 증발과 아말감과 재결합을 통하여 아말감 고유의 특성 곡선 내에서 컨트롤이 가능하게 된다. 아말감의 온도증가에 따른 수은증기압의 변화는 등가회로상의 방전관에 형성되는 플라즈마 인덕턴스(L_p)와 저항(R_p)의 변화요인이 되며, 등근형 무전극 램프에서 이러한 변화 요인은 아말감을 램프의 텅 부분인 냉점의 온도와 전압, 광출력 특성을 비교하여 설명할 수 있다 [7,11,15,16].

3. 결과 및 고찰

일반적으로 유도결합형 무전극램프는 기존 형광램프보다 높은 온도로 동작한다. 실제 적용된 150W 급 등근형 무전극 램프에 구동주파수 250 kHz인 150W의 전력을 인가한 후 시간에 따른 방전관과 페라이트 코어, 냉점의 온도를 측정하고 그 결과 그림 4에 보는바와 같이 점등 후 급격히 증가한 이후에 안정화됨을 볼 수 있다.

이 때 방전관 부분은 80.6 °C에서, 페라이트는 코일에 인가된 전력으로 인한 열과 방전관의 온도가 증가함에 따라 100.7 °C에서 온도가 안정화 되었고, 냉점은 빛의 반사와 페라이트 코어주변에 위치하기 때문에 열이 집중되어 72.8°C로 높은 온도특성을 보였다.

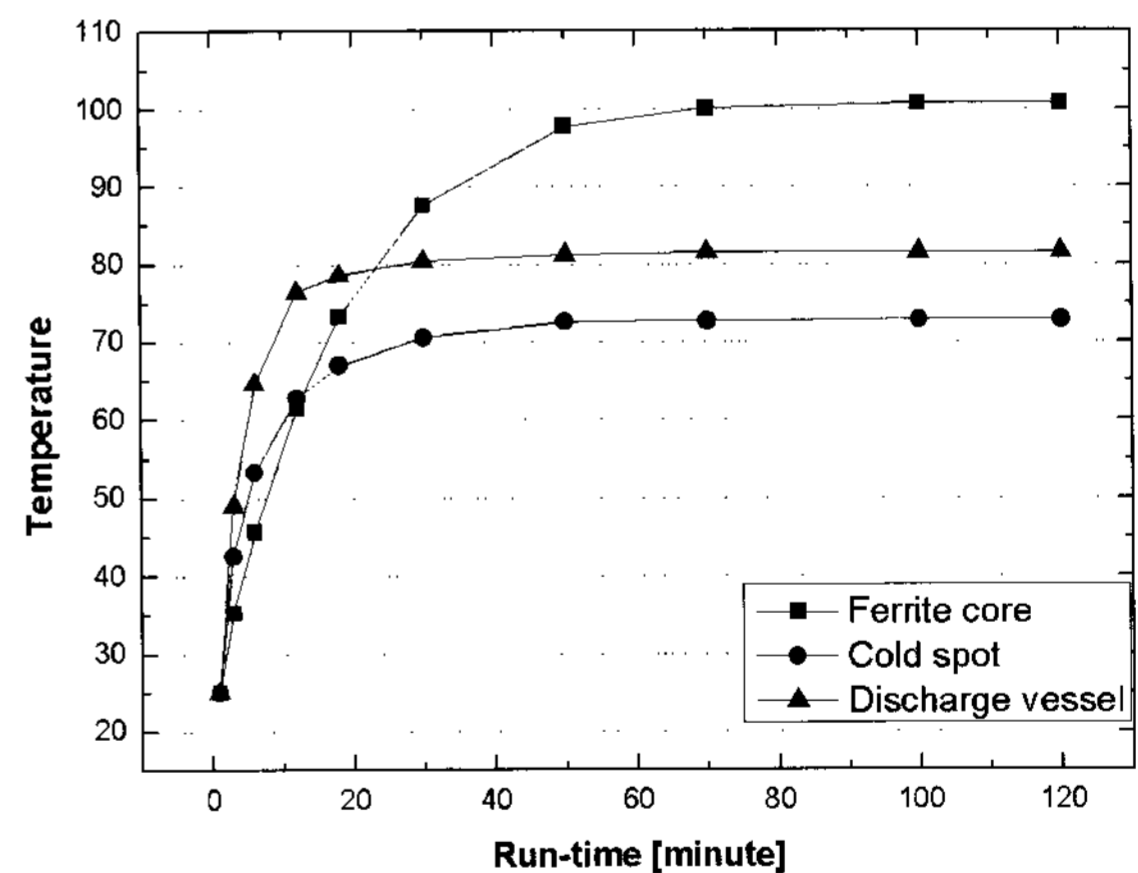


그림 4 페라이트 코어와 방전관, 냉점의 온도변화
Fig. 4 Temperature change of ferrite, discharge vessel and cold spot

그림 5에서 보는바와 같이 안정화 전 과도상태에서 등근형 무전극 램프는 냉점의 온도가 증가함에 따라 아말감내 수은의 증발과 재결합을 통해 증기압이 변화하고 이에 따라 광출력이 변화된다. 최종적으로 50분 후에 냉점의 온도안정화로 인하여 수은의 증발과 재결합 속도가 평형상태를 유지하였으며 이때 10765 lm의 광속을 나타내었다.

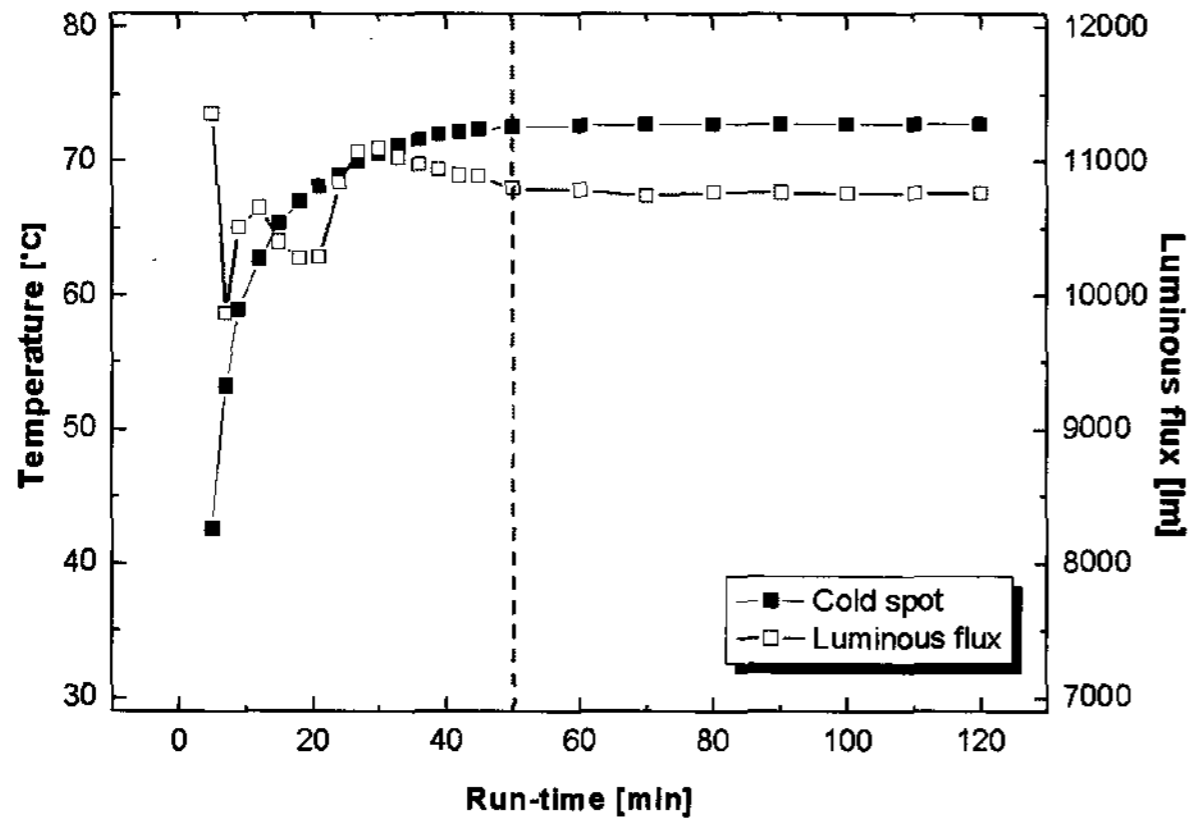


그림 5 냉점의 온도와 광속변화 특성
 Fig. 5 Characteristic of cold spot temperature and luminous flux

등기구 내부의 온도의 증가에 따른 등근형 무전극램프의 특성과 비교하기 위하여 안정화된 후 챔버 안의 주변온도를 25 °C~80 °C까지 증가시키면서 방전관과 페라이트 코어, 냉점의 온도 및 광출력, 광효율을 측정하였다. 그림 6에 보는 바와 같이 방전관, 페라이트 코어, 냉점의 온도는 각각 104 °C, 125 °C, 95 °C까지 상승하는 것을 확인하였다.

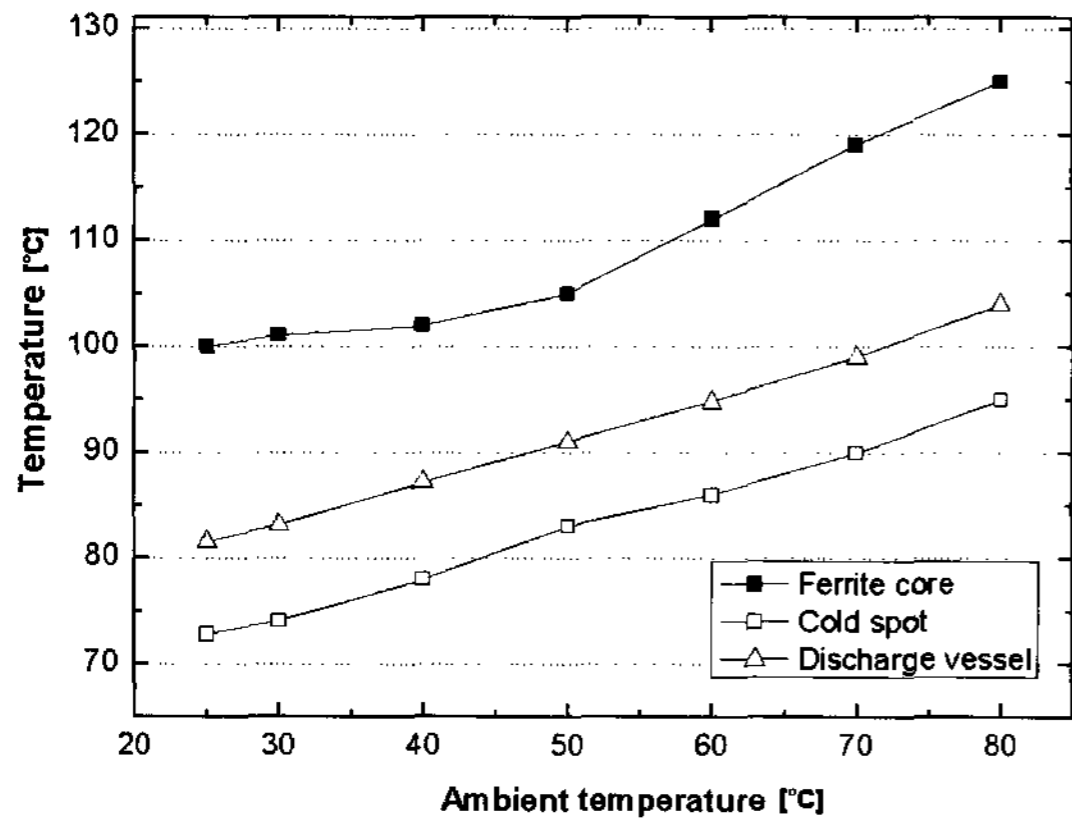


그림 6 주변온도증가에 따른 페라이트 코어와 냉점, 방전관의 온도 변화특성
 Fig. 6 Change of ferrite core, cold spot, discharge vessel temperature with increase of ambient temperature

등근형 무전극 형광램프에서 코일이 감긴 페라이트 코어의 온도에 따른 인덕턴스(L_0)와 냉점의 온도변화에 의한 광출력 특성을 확인한 결과 주변온도 25 °C~80 °C까지 증가시켰을 때 코일이 감긴 페라이트 코어의 측정된 온도범위 (100 °C에서 125 °C)에서 인덕턴스(L_0)는 그림 7에서 보는 바와 같이 약 955uH까지 상승한 것을 확인하였다.

따라서 이런 인덕턴스 증가에 의해 공진주파수가 변화하며 최종적으로 안정기와의 임피던스 매칭특성이 변화된다. 또한 주변온도에 따라 냉점의 온도가 변화함에 따라 플라스마 인덕턴스(L_p)와 저항(R_p)이 변화하여 최종적으로 광출력 초기 25 °C의 70%수준으로 감소하였다.

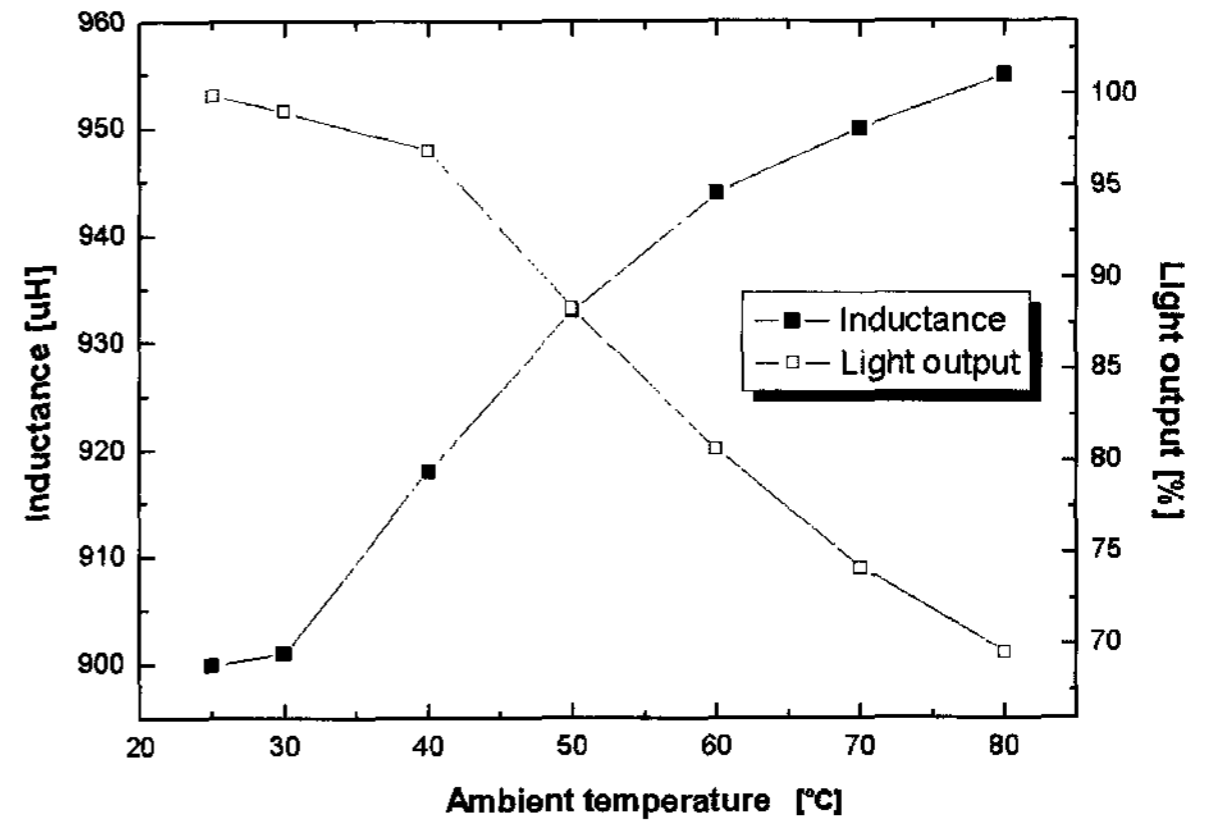


그림 7 주변온도 증가에 따른 인덕턴스와 광출력 특성
 Fig. 7 Inductance and light output with increase of ambient temperature

최종적으로 코일이 감긴 페라이트 코어와 아말감 팁 부분인 냉점의 온도증가에 의존하여 램프의 인가전력과 광학적 특성이 저하되어 그림 8에 보는 바와 같이 입력 유효전력은 155 W에서 134 W로 감소하였고, 광효율은 주변온도 80 °C 일 때 25 °C의 80%수준으로 감소하는 것을 알 수 있었다.

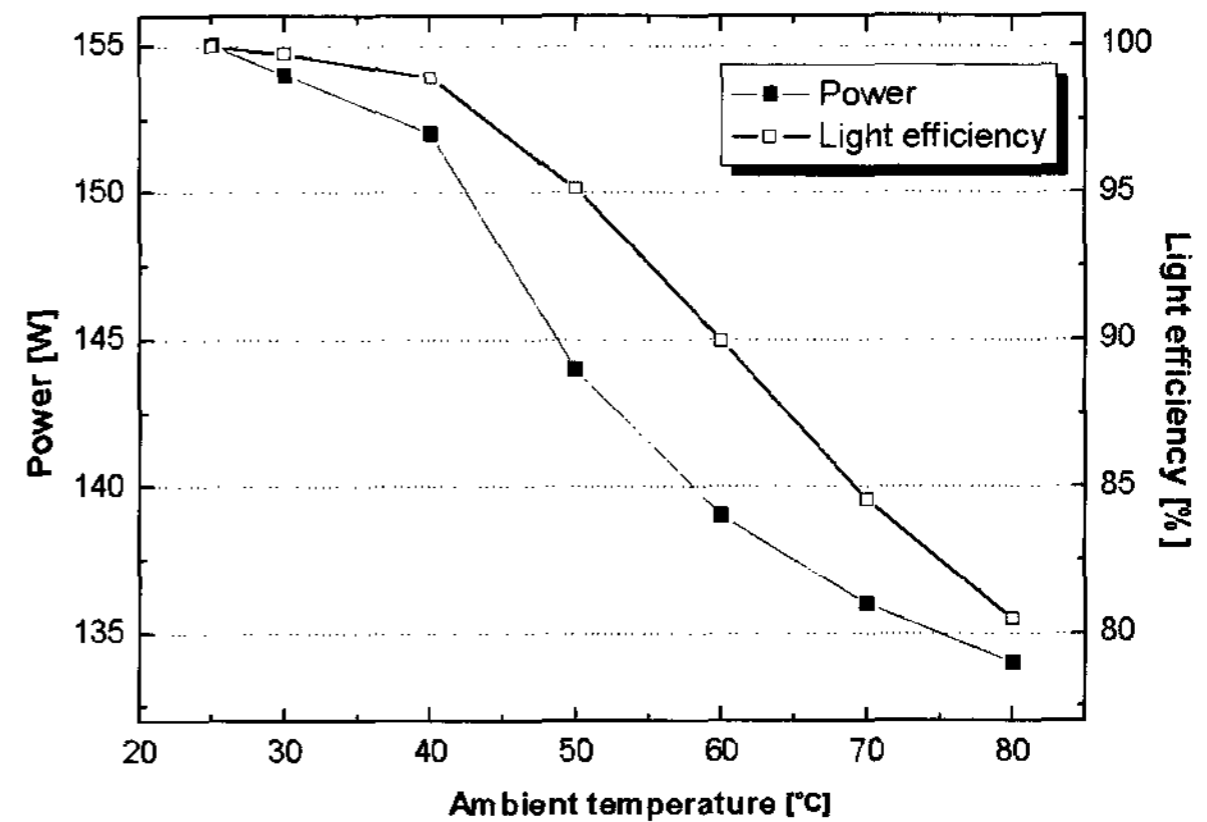
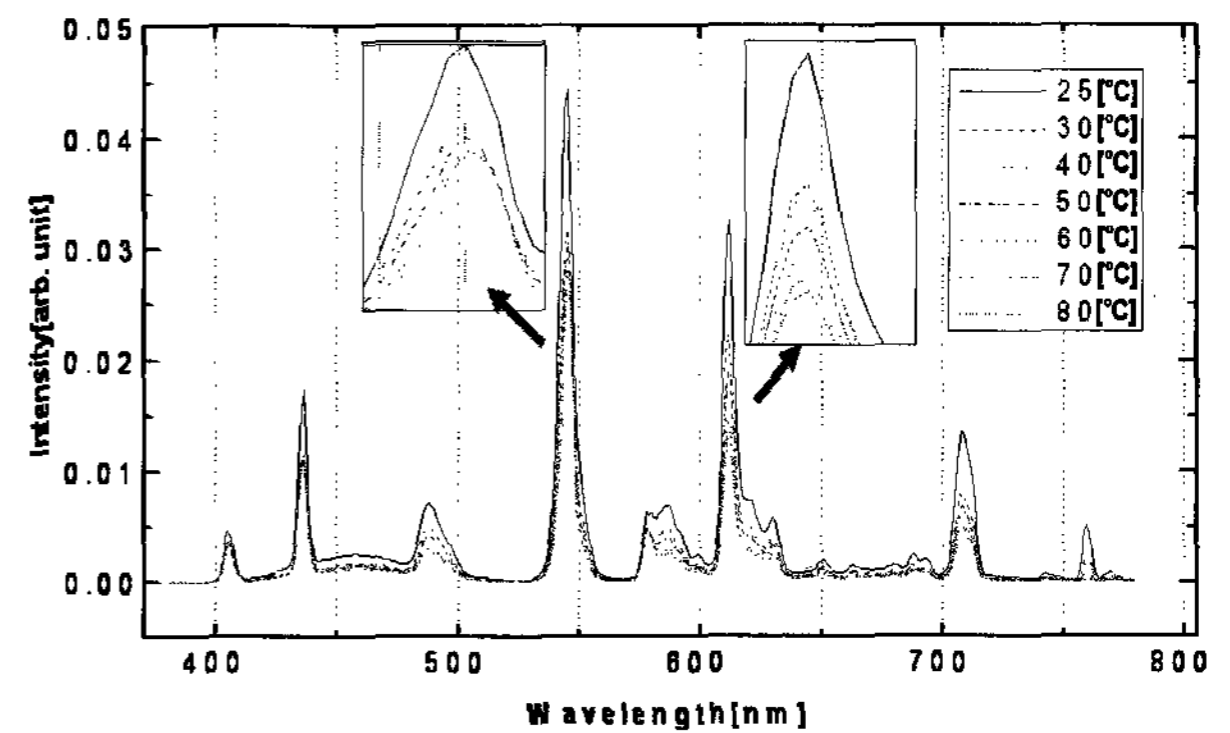


그림 8 주변온도 증가에 따른 전력과 광효율
 Fig. 8 Power and light efficiency with increase of ambient temperature



(a)

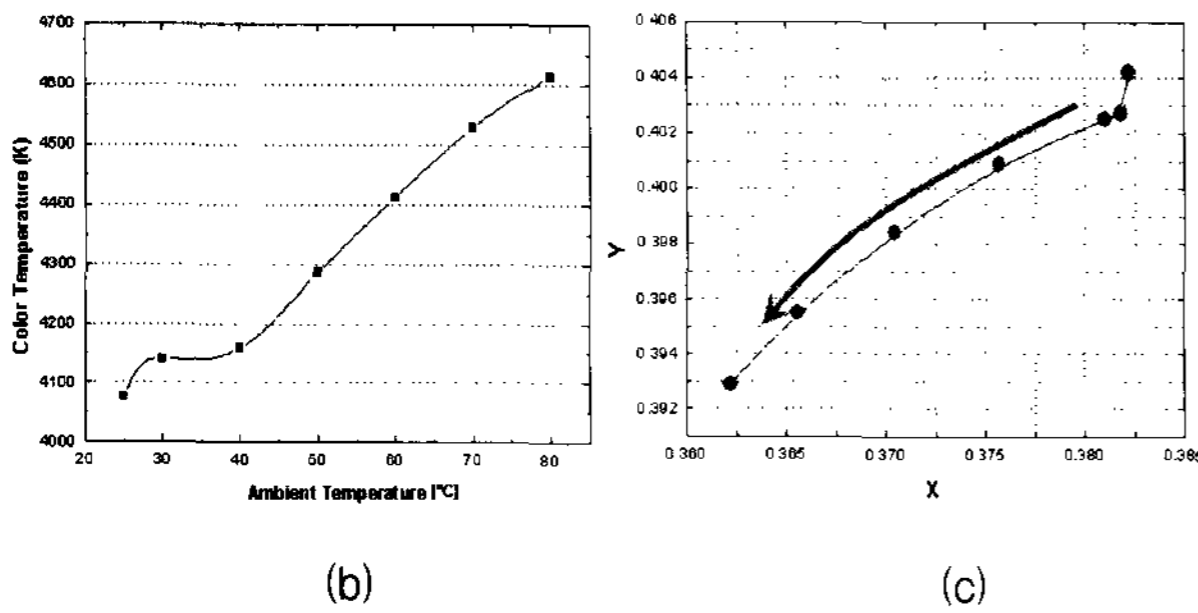


그림 9 주변온도증가에 따른 스펙트럼 및 색온도, 색좌표 특성변화

Fig. 9 Spectrum, color temperature and coordination with increase of ambient temperature

추가적으로 그림 9(a)에서 보는바와 같이 주변온도 증가에 따라 스펙트럼의 강도가 전체적으로 감소하였다. 그리고 피크 파장 436nm, 545nm, 612nm, 708nm을 비교 했을 때 단파장보다 장파장 강도의 감소율이 높기 때문에 C.IE색좌표 역시 그림 9(b)보는 바와 같이 왼쪽으로 쉬프트 하고 색온도는 그림 9(c)에서 보는바와 같이 4060K에서 4620K까지 증가하여 램프의 광학적 특성을 변화 시켰다.

3. 결 론

본 논문 유도결합형 등근형 무전극 형광램프의 안정화 전의 과도상태와 안정화 후 챔버 안의 주변온도 증가에 의한 코일이 감긴 페라이트 코어와 냉점의 온도 의존성을 알아보기 위하여 전기적 광학적 특성을 비교 분석하였다.

1) 안정화 전의 과도상태의 코일이 감긴 페라이트 코어 및 방전관, 냉점의 온도와 광속 변화의 관계를 비교한 결과 냉점의 온도가 증가함에 따라 아말감내 수은의 증발과 재결합을 통해 증기압이 변화하고 이에 따라 광출력이 변화된다. 최종적으로 50분 후에 냉점 온도의 안정화에 의존하여 50분 후 광속이 안정되었다.

2) 등기구 내부의 온도에 의한 무전극 램프의 특성과 비교하기 위해 챔버 안의 주변온도를 25 °C ~ 80 °C까지 증가시키면서 코일이 감긴 페라이트 코어, 냉점의 온도와 전기적 광학적 특성변화를 비교하였다. 그 결과 코일이 감긴 페라이트 코어의 온도에 따른 인덕턴스(L₀)는 약 955uH까지 상승하였고, 냉점의 온도변화에 의한 광출력 특성은 초기 25 °C의 70%수준으로 감소하였다. 최종적으로 코일이 감긴 페라이트 코어와 아말감 팁 부분인 냉점의 온도증가에 의존하여 램프의 인가전력과 광학적 특성이 저하되어 입력 유효전력은 155 W에서 134 W로 감소하였고, 광효율은 주변온도 80°C일 때 초기 25 °C의 80%수준으로 감소하는 것을 알 수 있었다.

3) 추가적으로 주변온도 증가에 의한 스펙트럼 및 색온도, 색좌표 변화를 확인한 결과 스펙트럼 강도와 피크파장대역의 변화로 색좌표가 이동하고, 색온도는 4060K에서 4620K

까지 증가하여 광학적 특성을 변화시켰다.

그러므로 조명시스템 구성시 등기구 내부의 온도에 의한 코일이 감긴 페라이트 코어와 냉점의 온도변화에 의존하는 전기적 광학적 특성을 고려하여 등기구와 등근형 무전극 램프의 설계가 이루어 져야한다.

감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행하는 대학전력연구센터 육성·지원사업(I-2004-0-074-0-00)과, Post BK21 "IT 광전자소자 및 부품연구인력 양성사업팀"의 지원을 받아 이루어진 논문입니다. 이번 연구를 지원해 주신 분들에게 감사의 말씀을 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Wharmby, D. O., "Electrodeless lamps for lighting: a review", Science Measurement and Technology, IEE Proceedings A, Vol.140, pp.465-473, 1993
- [2] V. A Godyak, K. Ohata., "Radio Frequency Light Sources", Industry Applications Conference, Conference Record of the 2002 IEEE, Vol.5, pp. 3281-3288, 2000
- [3] V. A Godyak., "A New high output electrodeless fluorescent light source", The 8th international Symposium on the science & technology of light source, pp.14-23,1998
- [4] "ICETRON Design Guide"
- [5] "Lighting Research center - How is performance affected by ambient temperature?" <http://www.lrc.rpi.edu/index.asp>
- [6] S. H. Chen, S. C. Chang, I. N. Lin "The influence of grain boundary internal stress on permeability: temperature curve for Mn-Zn ferrites", Journal of Magnetism and Magnetic Materials Vol.209, Issues 1-3, Pages 193-196, February 2000
- [7] Serres, A.W.,Taelman, W., "Amalgams and compact fluorescent lamps" Industry Applications Society Annual Meeting, Conference Record of the 1993 IEEE, 1993, pp.2296-2304 1993
- [8] Piejak R, Godyak V A and Alexandrovich B, "A simple analysis of an inductive RF discharge", Plasma Sources Sci, Technol. 1 pp179-186, 1992
- [9] Yunoue. N, Harada. K, Ishihara. T, "A self-excited electronic ballast for electrodeless fluorescent lamps operated at 10MHz", IEEE APEC, pp. 2019-2024, March, 2002
- [10] X. H. Cao J. "Design Orientated Model and Application of Electronic Ballasts for Two Toroidal Ferrite Coupled Electrodeless lamps", IEEE APEC, pp. 1764-1769, 2005

- [11] Eugen Statnic, Valentin Tanach, "Investigation of the electrical discharge parameters in electrodeless inductive lamps with a re-entrant coupler and magnetic core", Plasma Sources Sci. Technol. 15, pp 465 - 473, 2006
- [12] Oleg Popov, Jakob Maya, "Characteristics of electrodeless ferrite-free fluorescent lamp operated at frequencies of 1-15 MHz", Plasma Sources Sci. Technol. 9, 227 - 237, 2000
- [13] 이상석, "MHz 대역에서의 Impedance Analyzer를 이용한 Ni-Zn Ferrite의 투자율 측정에 관하여", 포항공대 석사학위논문, 1992
- [14] 이근철, 최호열 "토로이드 코어 활용 백과 p.. 24-41
- [15] Richard Speer, Philip Moskowitz, Jeff Holt "Transient State Mercury Transport During the Run-Up Phase of Inductively Coupled Fluorescent Lamps", The 11th international Symposium on the science & technology of light source, pp.585-589, 2007
- [16] Ron van Os, David Chazen., "Amalgam system for electrodeless discharge lamp" US Patent 5598069 Issued on January 28, 1997



이 종 찬 (李 鐘 燦)

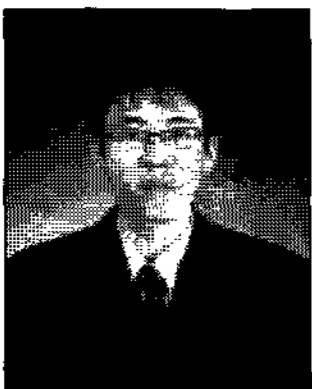
1972년 8월 13일생. 1977년 원광대학교 공대 전자공학과 졸업. 1999년 동대 대학원 전자재료공학과 졸업(석사). 2003년 동대 대학원 졸업(공학박사). 2003년~2004년 UTD Univ. Post-Doc. 2004년~2005년 Ehime Univ. Post-Doc. 2005년~현재 금호전기 (주) 부설연구소 선임연구원
Tel : 031-329-7740
Fax : 031-329-7705
E-mail : chaos@kumho.khe.co.kr



한 후 석 (韓 后 錫)

1958년 10월 24일생. 1987년 전북대학교 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2000년 동 대학원 의용생체계측공학과 졸업(박사). 2008년 현재 기초전력연구원 책임연구원
Tel : (02) 871-6508
Fax : (02) 883-0827
E-mail : hhs@snu.ac.kr

저 자 소 개



김 남 군 (김 남 군)

1981년 7월 21일생. 2007년 2월 원광대학교 공대 전기전자 및 정보공학부 졸업. 2008년 현재 원광대학교 대학원 전자재료공학과 석사과정.
Tel : 063-850-7023
Fax : 063-850-7022
E-mail : kng3402@naver.com



박 지 식 (朴 志 植)

1955년 10월 4일생. 1978년 서울대학교공과대학 전기공학과 공학사 1984 서울대학교 대학원 전기공학과졸 공학석사 1989 서울대학교 대학원전기공학과졸 공학박사 2005 아주대학교 정보통신 대학원졸 공학석사 1980~2003 삼성전기 중앙연구소 전력전자 팀장 2003~현재 한국 산업기술대학교 지식기반기술 에너지 대학원 연구교수
Tel : 031-8041-0336
E-mail : jspark03@kpu.ac.kr



양 종 경 (梁 種 璟)

1980년 1월 13일생. 2001년 8월 원광대학교 공대 전기전자 공학부 제어계측 졸업. 2006년 동대 대학원 전자재료공학과 졸업(석사). 2008년 현재 원광대학교 대학원 전자재료공학과 박사과정
Tel : 063-850-7023
Fax : 063-850-7022
E-mail : duck2214@wonkwang.ac.kr



박 대 희 (朴 大 熙)

1954년 11월 10일생. 1979년 한양대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1989년 일본 오사카대학 대학원 졸업(공박). 1979년~1991년 LG전선연구소 선임연구원. 1999년~2000년 미국 미시시피 주립대학교 교환교수. 1992년~현재 원광대학교 전기전자 및 정보공학부 교수. 2004년~현재 원광대학교 전기응용신기술연구센터 센터장
Tel : 063-850-6349
Fax : 063-857-6890
E-mail : parkdh@wonkwang.ac.kr