

고효율 무전극형광등 시스템 개발(100W급)

자료 : 산업기술시험원

이 개발과제는 2001년부터 2005년까지 진행된 것으로 41억원의 사업비가 투자되었다. 산업기술시험원, 금호전기, 이-텍, 한국에너지기술연구원, 태양전자가 참여했다.

1. 기술의 개요

그동안 정부에서는 에너지절약 기술개발을 위해 많은 분야에 투자를 하여 왔다. 특히 전기분야 중 조명기기에 대한 고효율, 저손실을 위한 신기술 개발 및 제품화로 에너지 절약에 커다란 성과를 올리고 있다.

불과 10여년 전만해도 국내의 사무실조명 뿐만 아니라 일반가정용 광원으로 백열전구와 40W형 직관형 형광등이 조명의 주류를 이루었으나 요즘은 대부분의 조명기기 사용자가 절전형인 안정기 내장형 형광램프를 비롯하여, 직경이 26mm인 직관형 고효율 형광램프 및 전자식 안정기 등을 사용한 조명시스템의 사용으로 에너지절약이 많이 이루어지고 있다.

과거에는 조명기기의 에너지절약을 위해 단지 광효율만을 향상시키기 위한 수은램프, 나트륨램프의 채용이 주류를 이루었으나 점차 생활이 향상되면서 고효율이면서 연색성이 좋은 메탈할라이드램프 및 고연색성의 형광램프 등을 광원으로 많이 사용하게 되었다. 특히, 저압방전램프인 형광램프는 삼파장 형광물질의 적용 및 전자식안정기의 채택에 따라 광효율이 많이 향상되었을 뿐만 아니라, 연색성(Ra : 80이상)을 좋게 유지하면서 상대적으로 저렴한 가격으로 생산할 수 있는 장점 등이 많다.

이미, 선진국에서는 1990년부터 고효율, 고연색성 이면서 장수명의 조명시스템을 만족하는 고효율 무전극형광등 시스템을 개발해서 상용화하고 있으며 설치장소 및 장수명(60,000시간 이상)의 장점에 따라 가격적인 측면에서 고가인 단점을 극복하고 점차 증가추세에 있다.

따라서 국내에서도 고효율 무전극형광등시스템에 대한 기술개발의 필요성 및 중요성을 인식하고 2001년도부터 개발에 착수하였다. 개발내용으로는 전구형, 환형 및 직관형의 램프와 고주파전원장치(전자식안정기) 및 등기구를 포함한 시스템구성으로 100W급 및 200W급의 2단계로 나누어 개발하는 내

용을 포함한다.

특히, 조명분야는 에너지 절약차원에서 기술개발의 용이성, 기준규격화 및 대량생산을 통해 단기간 내에 적용이 용이하기 때문에 에너지 절약의 효과를 극대화시킬 수 있어 무전극형광등시스템의 개발이 완료되면 에너지절약 및 유지보수 비용의 절감을 위해 많은 분야에서 사용될 수 있다.

2. 연구내용 및 결과

1. 연구내용

- ◎ 고효율 무전극형광등 시스템 개발
 - 종합 효율 85lm/W 이상, 수명 6만시간 이상
- ◎ 100W급 광원, 안정기 및 등기구의 개발
- ◎ 성능평가, 적용시험, 표준화규격 및 보급 방안 도출

2. 연구결과

- ◎ 무전극형광등 개발(전구형) : 100W급 별브 및 매칭코일 개발
- ◎ 무전극형광등 개발(직관 및 등근형) : 100W급 별브 개발
- ◎ 무전극형광등용 전구형, 직관 및 등근형 전원장치 개발 : 100W급 전원장치 개발
- ◎ 무전극형광등용 전구형, 직관 및 등근형 등기구 개발 : 100W급 등기구 3종류 개발
- ◎ 성능평가, 표준화 규격 및 보급방안 도출

3. 성과 및 활용가능분야

1. 무전극형광등의 종류

- (1) 전계결합 방전램프
전계결합형 방전램프는 발광관의 양단 외부에 수

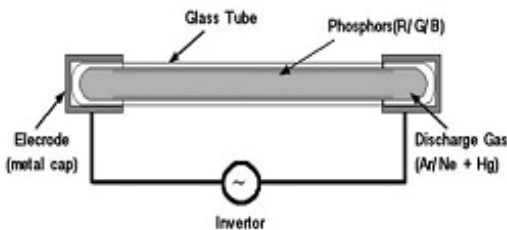
십kHz의 고주파 전압을 가해서 방전시키는 형태이다.

램프에 인가되는 전력 $W(w)$ 는 간략하게 커패시터의 용량을 $C(F)$, 인가되는 전압을 $V(V)$, 주파수를 $f(Hz)$ 라고 하면 식 (1)과 같이 나타난다.

$$W = f \cdot CV^2/2$$

이 방식의 경우는 커패시터 C 의 용량이 매우 작기 때문에 비교적 작은 용량의 램프에 적용된다.

이 방식의 무전극형광등으로는 외부전극형광램프(EEFL: External Electrode Fluorescent Lamp)가 있으며 일반 형광등과 달리 전극이 외부에 있고, 전계에 의한 전자 방출방식으로 열에 의한 손실이 적어 효율을 높일 수가 있고, 내부전극이 없어 수명이 장수명으로 되는 특징이 있으며, 다수의 외부전극형광램프(EEFL)를 병렬접속에 의한 1개의 전원장치로 손쉽게 점등할 수 있어 경제적이고 디자인이 용이하다. 반면에 외부전극을 사용하므로 점등을 위해 높은 고주파 고전압이 필요하게 되어, 절연 및 전자파차단을 위한 구조적인 요구사항이 추가로 요구된다. [그림 1]은 EEFL의 구조이다.



[그림 1] EEFL의 구조

EEFL은 기존에 백라이트로 많이 사용되는 냉음극형광등(CCFL)에 비해 다음 <표 1>과 같은 특징이 있다.

<표 1> EEFL과 CCFL의 특성 비교

항 목	EEFL	CCFL	비 고
1. 전압	고전압	저전압	외부전극
2. 효율	고효율	고효율	약간떨어짐
3. 수명	장수명	보통	무전극
4. 전류	저전류	고전류	발열이 적음
5. 안정기	한 개	여러 개	병렬접속용이

(2) 유도결합 방전램프

램프의 바깥쪽이나 안쪽에 권선을 감은 코일에 고주파전류를 흘리는 것으로 코일의 인덕턴스를 $L(H)$, 코일에 흐르는 전류를 $I(A)$ 라고하면 램프의 전력은 간략하게 식(2)와 같이 나타낼 수가 있다.

$$W = f \cdot LI^2/2$$

즉, 램프의 전력은 코일의 인덕턴스 L 과 전류 I 의 값에 따라서 수십와트에서 수킬로와트까지 넓은 범위의 램프에 적용할 수 있다.

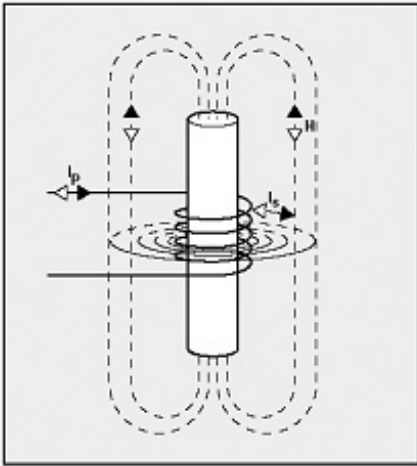
현재, 수십와트 이상의 고출력의 형광램프에 적용되는 상용제품의 무전극형광램프는 자계방전의 형태를 채택하고 있다.

일반적인 형광램프에서는 전극전압강하가 거의 일정하고 상대적으로 양광주의 전압강하를 크게 하기 위해 방전 경로를 길게 하는 것이 효율을 높이는 방법이다. 그러나 자계방전에서는 방전경로의 시작과 끝이 환형의 형태이기 때문에 그 길이를 고려하지 않고 소형화 할 수가 있다. 자계방전에서는 방전을 유지하기 위해 동작주파수가 높은 것이 채택된다.

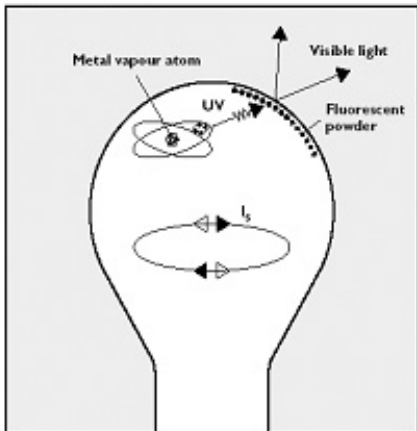
다음의 [그림 2]와 [그림 3]은 유도결합형 무전극형광램프로 전력용변압기와 같이 전자유도 원리에 의해 1차측의 코일에서 2차측의 램프내의 프라즈마로 전력이 공급된다.

고효율 무전극형광등 시스템 개발(100W급)

방전회로의 방식에 따라 1차코일을 발광관 내부에 설치한 것과, 발광관 외부에 설치한 종류로 구분되어진다. 이와 같이 고주파의 유도에 의해 램프를 점등하면 전극이 필요없게 되고 프라즈마로 전자유도에 의해 흐르는 전류에 의해 발광을 한다.



[그림 2] 유도결합방전 원리

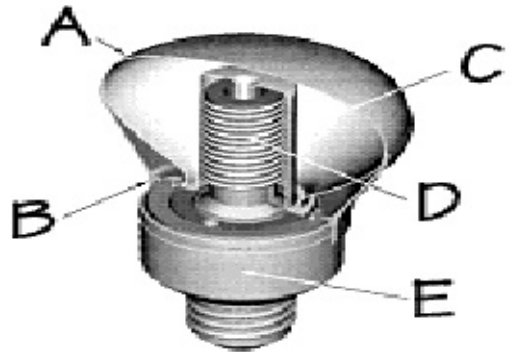


[그림 3] 전구형 무전극형광등의 방전원리

(3) 상용화된 무전극형광등

다음의 [그림 3] ~ [그림5]는 국내, 외에서 상용화되어 판매중인 유도결합형 무전극형광램프로 전력용변압기와 같이 전자유도 유도 원리에 의해 1차측의 코일에서 2차측의 램프 내의 프라즈마로 전력이 공급된다.

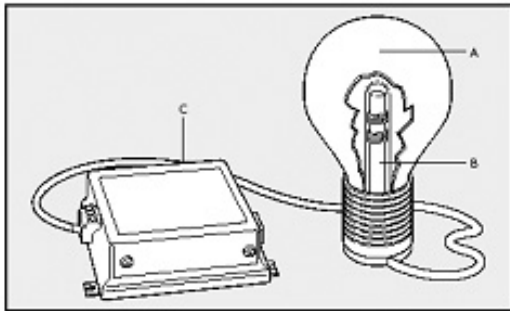
방전회로의 방식에 따라 1차코일을 발광관 내부에 설치한 것과 발광관 외부에 설치한 종류로 구분되어진다. 이와 같이 고주파의 유도에 의해 램프를 점등하면 전극이 필요없게 되고 프라즈마로 전자유도에 의해 흐르는 전류에 의해 발광을 한다.



[그림 4] 전구형 무전극형광램프의 구조(GE사)

A : 형광체도포, B : 플라스틱외함,
C : 프라즈마방전, D : 유도코일, E : 전자식안정기

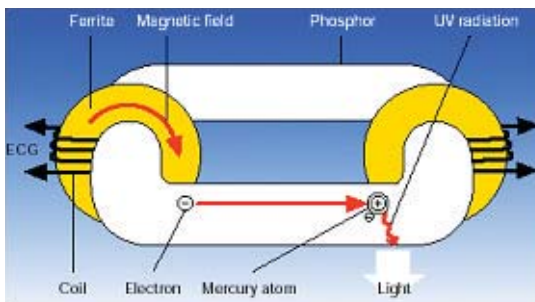
[그림4]는 GE사의 전구형램프로 반사형 글로브내에 점등회로를 넣은 것으로 백열전구의 사용을 대체하도록 전구용의 베이스를 사용한 형광램프로 잡음의 대책으로는 글로브 내벽에 투명한 도전막을 도포한 것으로 동작주파수는 2.5MHz로 동작한다. 램프의 역률은 0.55이고 THD는 130% 정도로 나타난다.



[그림 5] 전구형 무전극형광등 구조(필립스사)

A : 유리구, B : 유도코일 및 권선,
C : 전자식안정기

[그림 5]는 필립스사의 전구형 QL 램프로 페라이트코어에 코일을 감은 유도코일이 램프안쪽에 설치되고 내부에서 발열되는 온도를 발열하는 통로도 사용되고 있다. 점등장치는 별도로 설치되어 케이블로 연결되어 있다. 동작주파수는 2.65MHz로 동작하며 용량은 55W, 85W, 165W의 세 종류가 생산되고 있다.



[그림 6] 둥근형 무전극형광등 동작원리(오스람사)

[그림 6]은 오스람사의 둥근형램프로 둥근형(■자형)의 방전로를 형성한 발광관에 양쪽에 대칭으로 토로이달코어를 사용하며 무전극형광등 중에서 비교적 낮은 주파수에서 동

작한다. 동작주파수는 250 kHz의 주파수에서 동작하며 용량은 100W, 150W의 두 종류가 생산되고 있다.

2. 무전극형광램프의 특징

무전극 형광등의 방전은 다음과 같은 방전현상, 구조 및 동작특성의 원리에 따라 다음과 같은 특징이 있다.

(1) 장수명

일반 형광램프는 주로 전극의 소모에 의해 흑화가 발생되고, 이는 수명이 짧아지는 요인이 된다. 그러나 무전극 형광등에서는 전극이 없으므로 전극물질에 의한 흑화가 없고 단지 형광물질의 열화에 의한 광속의 감소효과가 일어날 수가 있으며 이는 매우 미미한 영향을 주므로 형광등의 수명을 거의 반영구적으로 사용할 수 있으나 형광등에 필요한 전원장치(고주파 안정기)는 많은 회로부품으로 구성되어 있으며 상대적으로 짧은 수명을 가지고 있기 때문에 전체적인 형광등의 수명은 전원장치의 수명에 의존하게 된다.

(2) 소형 고효율에 용이

형광램프는 고효율 및 고출력을 내기 위해서 가늘고 긴 방전관이 요구되고 있다. 그러나 무전극형광램프의 동작은 고주파에 의한 전력밀도를 크게 함으로서 고효율과 고출력의 형광램프를 만들 수가 있다.

(3) 형상의 다양화

일반적인 형광등은 가늘고 긴 관형상이 보통이지만 자체방전에서는 전구형상 및 환형의 램프 형상을 만들 수 있으며 전계방전은 관형 및 평판형 등의 여러 가지 형상을 만들 수 있다.

(4) 신속한 점등

무전극 형광등은 기존의 예열방식의 형광등에 비해 전극이 없기 때문에 전극을 예열할 필요가 없고 외부전극의 권선에 전류가 흐르면 수 msec 이내에 점등되고 전류가 흐르지 않으면 바로 소등된다. 이때 사용되는 형광체의 잔광시간이 백

열전구의 열관성보다 더 빠르기 때문에 백열전구보다도 빠르게 점멸할 수 있다.

(5) 전광속

기존에 형광등이 가지는 저전력의 직관의 형상에 비해 전구형 및 환형의 조명기구 형상은 발광관의 관벽부하를 고려한 최대 광속을 증가시킬 수 있다. 그러므로 발광관을 소형으로 만들어 휘도가 높고 고효율인 등기구를 만들 수 있다.

(6) 광색 및 조광 용이

전극이 없기 때문에 봉입되는 가스의 종류 및 희토류계의 내구성이 큰 형광물질의 배합에 의해 임의의 광색을 설정하기가 용이하며 고주파전원장치의 조광에 의해 제어가 용이하다.

3. 기술개발의 국내외 현황

(1) 국내의 기술개발 현황

국내에서는 1995년도에 20W급의 소형 무전극형광등의 개발이 시도된 적이 있으나 상용화는 이루어지지 않았다. 근래에 무전극형광등의 수요가 저출력의 용량보다는 중, 대형 용량을 요구하면서 100W급과 200W급의 개발이 이루어지게 되었다.

본 과제에서는 1단계(3년:2001년 ~ 2005년)에 100W 급의 무전극형광등 시스템을 개발하고 2단계(2년:2005년 ~ 2007년)에는 200W급의 무전극형광등 시스템을 개발하는 것이 목표이다.

〈표 2〉는 2001년부터 국내에서 개발하려는 무전극형광등 시스템에 대한 기술개발 내용으로 수명 60,000시간 이상, 효율 85lm/W, 연색지수 80이상인 종합적인 시스템의 개발을 목표로 여러 참여기업과 함께 공동 수행하고 있다.

〈표 2〉 국내의 기술개발 내용

개발 내용	개발 주관기관
무전극형광등시스템 개발 총괄	산업기술시험원
무전극형광등 개발(전구형)	금호전기
무전극형광등 개발(직관/환형)	(주)이텍
무전극형광등용 전원장치 개발(전구형, 직관, 환형)	에너지기술연구원
무전극형광등용 등기구 개발	태양전자(주)
기술기준/보급방안	산업기술시험원

(2) 해외의 기술개발 현황

〈표 3〉은 1992년 필립스사가 무전극형광등 QL Lamp 55(W)의 개발을 시작으로 2000년도에 150(W), 165(W)의 개발현황을 나타내고 있으며, 〈표 4〉는 상용 무전극형광등의 광속 등의 특성을 나타내고 있다.

〈표 3〉 해외의 기술개발 내용

연도	개발 내용	개발 주관기관
2000	무전극형광등 Endura 150W급, QL 165W급 개발	Osram, Philips
1993	무전극형광등 Endura lamp 개발 (65W)	Osram
1993	무전극형광등 Genura lamp 개발 (23W)	GE
1992	무전극형광등 QL lamp 개발(55W)	Philips

〈표 4〉 해외 상용 무전극형광등의 특성 비교표

항목	Genura 23	QL 55	QL 85	QL 165	Endura 100	Endura 150
입력전력 (W)	23	55	85	165	100	150
광속 (lm)	1,100	3,500	6,000	12,000	7,500	12,000
수명 (시간)	10,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
광속유지율 (%)	70	70	70	70	70	70
입력전력 (W)	2.5M	2.5M	2.5M	2.5M	2.5M	2.5M
입력전력 (W)	75	80	80	80	80	80

4. 기술개발의 기대효과

무전극형광등 시스템은 일반형광등이 가지는 고연색성, 고효율 등의 장점과, 필라멘트가 없기 때문에 열화특성이 없어 장수명 광원으로서의 용도와 고출력의 광속을 낼 수 있는 형상의 설계가 용이하기 때문에 많은 분야에서 적용이 용이하다.

특히, 국내에서 고효율 무전극형광등 시스템인 램프, 고주파전원장치 및 등기구의 종합적인 시스템이 성공적으로 개발되어 실용화가 이루어지면 그동안 고가로 가격적인 면에서 불리하게 작용되었던 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

5. 활용가능 및 응용분야

고효율 무전극형광등 시스템은 개발은 1단계로 100W급에 대해 2005년 4월(3년간)까지 개발이 완료되고 2단계로 200W급에 대해 추가로 2년 동안 기술개발이 추진된다. 현재까지 국내에서 사용되고 있는 무전극형광등 시스템중 램프분야는 모두 필립스사와 오스람사에서 수입되고 안정기

부분만을 국내에서 자체 개발해서 설치하고 있는 실정으로 매우 고가로 판매되고 있다.

그러나, 금번 기술개발을 통해서 국내에서 무전극형광등 시스템인 램프, 고주파전원장치 및 등기구의 종합적인 시스템의 개발이 성공적으로 이루어지면 그동안 고가로 가격적인 면에서 불리하게 작용되었던 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 장수명(60,000시간 이상)의 형광램프 장점을 활용해서 공항, 지하철, 백화점, 공장, 터널 및 가로등에 적용이 용이할 뿐만 아니라 일반조명용으로 보급이 확대될 것으로 기대된다.

4. 산업재산권 및 논문·학술회

■ 특허(NT마크 등 양식동일)

제 목	등록일 (출원일)	등록번호 (출원번호)	등록국가 (출원국가)	구분
유도결합형 무전극형광램프	'04. 5. 18	0433290	대한민국	특허등록
유도결합형 무전극형광램프	'05. 11. 28	0533315	대한민국	특허등록

※ 위의 특허를 포함하여 19건의 특허출원 및 등록

■ 논문 및 학술회발표

구 분	제 목	학회명칭	년월
논문	고효율 무전극형광등 시스템	조명 전기설비학회지, Vol. 17, No.1 pp.2-8	2003. 3
	Ar 가스 압력과 RF 전력에 따른 유도결합형 플라즈마의 전기적 및 광학적 특성	KIEENE, Vol. 17, No. 5, p. 560	2004. 5

※ 위의 게재논문을 포함하여 15건 국내의 논문지에 게재

고효율 무전극형광등 시스템 개발(100급)

구 분	제 목	학회명칭	년월
학술회의	환형 유도결합형 플라즈마램프 구동을 위한 자성특성 분석	2004 대한전기학회 춘계학술대회	2004. 5
	Analysis of Electrical Properties of Ar Gas According to Input Pressure for Inductively Coupled Plasma	KIEENE, Annual Summer Conference 2003	2003. 7

※ 위의 학술회의 발표내용을 포함하여 50건 국내외 학술대회에 발표

5. 과제개요

총괄기관	기관명	산업기술시험원		
	수행책임자	함중걸	연락처	011-473-1476
총괄기관	기관명	금호전기(주)		
	수행책임자	이종찬	연락처	011-9449-8900
총괄기관	기관명	(주)이-텍		
	수행책임자	고희현	연락처	011-614-6995
총괄기관	기관명	한국에너지기술연구원		
	수행책임자	함수빈	연락처	042-860-3121
총괄기관	기관명	태양전지(주)		
	수행책임자	신현정	연락처	016-361-1311
사업기간		2001. 12. 22 ~ 2005. 04. 21		
사업비	4,104,000천원	정 부	2,612,000천원	
		민 간	1,492,000천원	