

무전극형광등 기술개발 동향

Technical Development Trends of Electrodeless Fluorescent Lamps

함중걸

(Jung-Keol Ham)

(산업기술시험원)

1. 서론

무전극 형광램프는 그동안 일반적으로 사용되던 필라멘트형 형광램프와는 구조적으로 다른 형태로 전극이 없이 방전을 시키는 원리를 이용한 것이다. 일반적인 형광램프는 필라멘트나 전극에 의해서 전자의 방출에 의해 발광되는 원리로 일정시간이 경과하면 필라멘트나 전극이 열화하여 점등이 되지 않아 수명이 단축되는 주요 원인으로 작용한다. 그러나 무전극 형광램프는 필라멘트와 전극이 램프 내부에 존재하지 않고 램프의 외부에서 강한 전계 및 전자유도법칙에 의해 방전관내의 가스를 방전시켜 발광시키는 원리이다. [1]

무전극 형광램프는 기존의 램프가 가질 수 없는 장수명을 실현할 수 있다. 무전극형광등시스템의 수요가 증가함에 따라 무전극형광등에 대한 기술개발의 필요성이 대두되고 있으며 많은 소비자들의 관심을 끌고 있다.[2][3][4]

본 고에서는 무전극형광등의 종류, 기술적 특징 및 기술개발 현황 특징 등을 소개하기로 한다.

2. 무전극형광등의 종류

무전극형광등시스템의 구성은 크게 유도결합방전등(Inductive Coupled Discharge Lamp) 시스템과 용량결합방전등(Capacitive Coupled Discharge Lamp) 시스템의 2가지로 구별된다. 또한, 구조적인 특성에 의한 제조업체별 주파수 동작특성으로는 정전유도 방식에는 외부전극형광램프가 있고 유도결합 방식에는 전구형 및 등근형(또는 환형)의 형광램프가 있다. [5][6][7][8][9].

2.1. 무전극형광등의 종류

2.1.1. 전계결합 방전램프

전계결합형 방전램프는 발광관의 양단 외부에 수십 kHz의 고주파 전압을 가해서 방전시키는 형태이다.

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

$$W = f \cdot CV^2 / 2 \quad (1)$$

이방식의 경우는 캐패시터 C 의 용량이 매우 작기 때문에 비교적 작은용량의 램프에 적용된다.

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

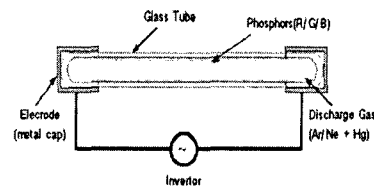


그림1. EEFL의 구조

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	약 간 떨어 짐
3. 수명	장수명	보통	무전극
4. 전류	저전류	고전류	발 열 이 적 음
5. 안정기	한개	여러개	병 렬 접 속 용이

2.1.2. 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.

$$W = f \cdot LI^2 / 2 \quad (2)$$

즉, 램프의 전력은 코일의 인덕턴스 L과 전류 I의 값에 따라서 수십 와트에서 수킬로 와트까지 넓은 범위의 램프에 적용할 수 있다.

현재, 수십 와트 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 없이 환형의 형태이기 때문에 그 길이를 고려하지 않고 소형화할 수가 있다. 자계방전에서는 방전을 유지하기 위해 동작주파수가 높은 것이 채택된다.

다음의 그림2. 와 그림3. 은 유도결합형 무전극형광램프로 전력용변압기와 같이 전자유도 유도 원리에 의해 1차측의 코일에서 2차측의 램프내의 프라즈마로 전력이 공급된다.

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

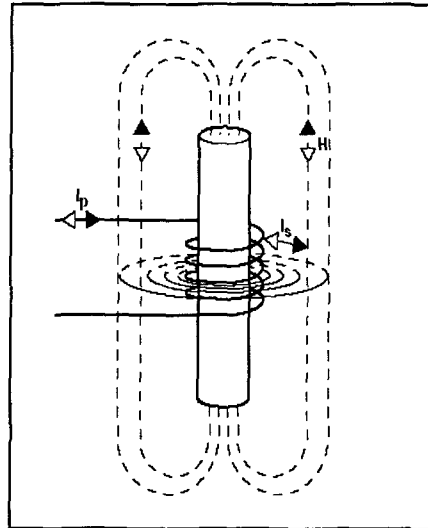


그림2. 유도결합방전 원리

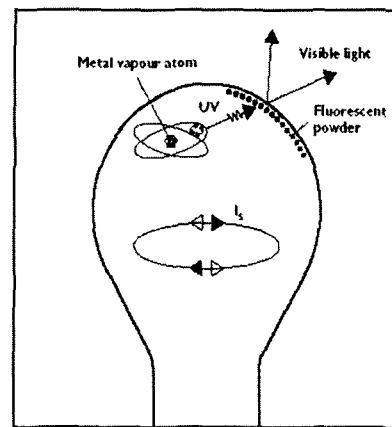
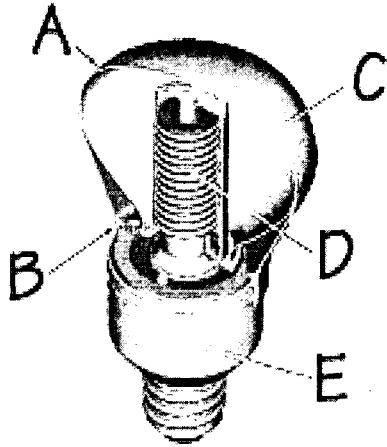


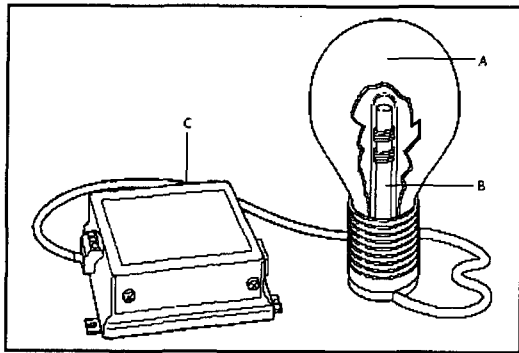
그림3. 전구형 무전극형광등의 방전원리



A:형광체도포, B:플라스틱의함, C:플라즈마방전, D:유도코일 E:전자식안정기

그림4. GE사 전구형 무전극형광램프의 구조

그림4. 는 GE사의 Genura 램프로 반사형 글로브내에 점등회로를 넣은 것으로 백열전구의 사용을 대체하도록 전구용의 베이스를 사용한 형광램프로 잡음의 대책으로 는 글로브 내벽에 투명한 도전막을 도포한 것으로 동작 주파수는 2.5MHz로 동작한다. 램프의 역률은 0.55 이고 THD는 130% 정도로 나타난다.[10]



A:유리구, B:유도코일 및 권선, C:전자식안정기
그림5. 전구형 무전극형광등 구조(필립스사)

그림5. 는 필립스사의 QL 램프로 페라이트코어에 코일을 감은 유도코일이 램프안쪽에 설치되고 내부에서 발

열되는 온도를 발열하는 통로도 사용되고 있다. 점등 장치는 별도로 설치되어 케이블로 연결되어 있다. 동작 주파수는 2.65MHz로 동작하며 용량은 55W, 85W, 165W의 세종류가 생산되고 있다.

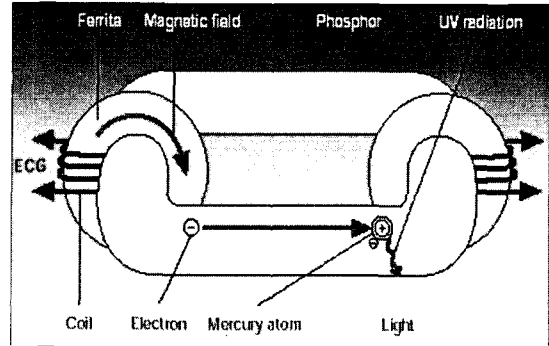


그림6. 둥근형 무전극형광등 동작원리 (오스람사)

그림6. 은 오스람사의 Endura 램프로 둥근형(∩자형)의 방전로를 형성한 발광관에 양쪽에 대칭으로 토로이달 코어를 사용하며 무전극형광등 중에서 비교적 낮은 주파수에서 동작한다. 동작주파수는 250 kHz의 주파수에서 동작하며 용량은 100W, 150W의 두종류가 생산되고 있다.

2.2. 무전극 형광등의 특징

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

2.2.1. 장수명

일반 형광램프는 주로 전극의 소모에 의해 흑화가 발생되면서 점등되지 않고 이것이 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 안

정기)는 많은 회로부품으로 구성되어 있으며 상대적으로 짧은 고장수명을 가지고 있기 때문에 전체적인 형광등의 수명은 전원장치의 수명에 의존하게 된다.

2.2.2. 소형 고출력에 용이

형광램프는 고출력 및 고효율을 내기 위해서는 가능하고 긴 방전관이 요구되고 있다. 그러나 무전극형광램프의 동작은 고주파에 의한 전력밀도를 크게 함으로서 고출력과 고효율의 형광램프를 만들 수가 있다.

2.2.3. 형상의 다양화

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

2.2.4. 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 백열전구의 열관성 보다 더 빠르기 때문에 백열전구보다도 빠르게 점멸할 수 있다.

2.2.5. 전광속

기존에 형광등이 가지는 저전력의 직관의 형상에 비해 전구형 및 환형의 조명기구 형상에 대해 발광관의 관벽부하를 고려한 최대 광속을 증가시킬 수 있어 발광관을 소형으로 휘도가 높고 고효율인 등기구를 소형으로 할 수 있다.

2.2.6. 광색 및 조광 용이

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

3. 무전극형광등의 기술개발 현황

3.1. 해외의 기술개발 현황

표 2. 는 1992년 필립스사가 무전극형광등 QL Lamp 55(W)의 개발을 시작으로 2000년도에 150(W), 165(W)의 개발, 오스람사 및 GE사의 개발현황을 나타내고 있다.

표 2. 해외의 기술개발 내용

연도	개발내용	개발기관
2000	무전극 형광등 Endura 150W급, QL 165W급 개발	Osram, Philips
1993	무전극 형광등 Endura lamp 개발(65W)	Osram
1993	무전극 형광등 Genura lamp 개발 (23W)	GE
1992	무전극 형광등 QL lamp 개발 (55W)	Philips

3.2. 국내의 기술개발 현황

국내에서는 1995년도에 20W 급의 소형 무전극형광등의 개발이 시도 된 적이 있으나 상용화는 이루어지지 않았다. 근래에 무전극형광등의 수요가 저출력의 용량보다는 중, 대형 용량을 요구하면서 100W급 과 200W급의 개발이 이루어지게 되었다. 표 3.은 2001년부터 3005년 4월 21일까지(3차년) 국내에서 개발하려는 무전극형광등 시스템에 대한 기술개발 내용으로 수명 60,000시간 이상, 효율 85 lm/W, 연색지수 80이상인 종합적인 시스템의 개발을 목표로 여러 참여기업과 함께 공동 수행하고 있다.

표 3. 국내의 기술개발 내용

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

3.2.1. 전구형 무전극형광등 개발현황

전구형 무전극형광등은 금호전기(주)의 세부주관 아래 코리아라이텍(주) 와 원광대학교가 공동기술개발로 3차년도에 걸쳐 진행되어 오고 있으며 시제품에 대한 특성은 표 4. 와 같이 약 60%의 특성을 나타내고 있으며 효율적인 구조의 변경을 통해서 지속적인 정합에 의한 효율 향상을위한 연구가 진행중이다.

표 4. 전구형 시제품의 특성분석 내용

항 목	개발목표	시제품특성
시동특성	저온, 상온특성	1초 이내 점등
소비전력(W)	100	80
색온도(K)	4000, 5000, 6500	6271
광속(lm)	8,000	4,950
효율(lm/W)	80	62

3.2.2. 둥근형(환형) 무전극형광등 개발현황

둥근형 무전극형광등은 (주)이텍의 세부주관 아래 기초전력공학공동연구소 와 공동으로 기술개발이 3차년도에 걸쳐 진행되어 오고 있으며 시제품에 대한 특성은 표 5. 와 같이 선진제품의 약 90%의 특성을 나타내고 있으며 효율적인 재료의 변경 적용을 통해서 계속적으로 효율향상을 위한 연구가 진행중이다.

표 5. 전구형 시제품의 특성분석 내용

항 목	선진제품	시제품특성
소비전력(W)	150	147.4
광속(lm)	9,975	8,582
효율(lm/W)	65.37	58.21

3.2.3. 무전극형광등 전원장치 개발현황

무전극형광등 전원장치는 일명 고주파 전자식안정기로서 에너지연구원의 주관 아래 서울산업대학교, 화승전기(주) 와 뉴파워프라즈마(주)가 공동연구를 추진하고 있다. 현재까지의 시작품의 특성은 표 6. 과 같이 약 85%의 특성을 나타내고 있다

표 6. 전원장치 시제품의 특성분석 내용

항 목	둥근형		전구형	
	선진제품	시제품	선진제품	시제품
소비전력(W)	152	152	73	85
광속(lm)	10,800	10,336	4,980	4,860
효율(lm/W)	71.1	68.0	68.4	57.2
역율	0.98	0.98	0.98	0.99
THD(%)	16.7	13.0	14.5	8.1

3.2.4. 무전극형광등 등기구 개발현황

전구형 무전극형광등은 태양전자(주)의 세부주관 아래 강원대학교 공동으로 기술개발이 2차년도에 걸쳐 진행되어 오고 있으며 램프별 용도에 맞게 설계 및 시뮬레이션을 통해 최적의 등기구 시작품 제작을 수행 중에 있다.

4. 결 론

무전극형광등 시스템은 개발은 1단계로 100W급에 대해 2005년 4월(3년간)까지 개발이 완료되고 2단계로 200W급에 대해 추가로 2년 동안 기술개발을 추진하려고 한다. 현재까지 국내에서 사용되고 있는 무전극형광등 시스템중 램프분야는 모두 필립스 와 오스람사에서 수입되고 안정기부분만을 국내에서 자체 개발해서 설치하고 있는 실정으로 매우 고가로 판매되고 있다.

그러나, 금번 기술개발을 통해서 국내에서 무전극형광

등 시스템인 램프, 고주파전원장치 및 등기구 의 종합적인 시스템이 성공적으로 실용화가 이루어지면 그동안 고가로 가격적인 면에서 불리하게 작용되었던 문제를 해결할 수 있을 뿐만 아니라 장수명(60,000시간 이상)의 형광램프 장점을 활용해서 일반조명용으로 보급이 확대될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] Wharmby, D. O. 1993 ; “Electrodeless lamps for lighting ; a review”, IEE Proceedings 140A, pp. 465 ~ 473.
- [2] 함중걸 외 “고효율 무전극형광등 시스템”, 한국조명 · 전기설비학회지, Vol. 17, No.1 pp.2 ~ 8, 2003
- [3] 함중걸 “고효율 무전극형광등용 전원장치의 평가기준 및 신뢰성향상 연구”, 한국조명 · 전기설비학회지, Vol. 17, No.2, pp.34 ~ 40, March 2003
- [4] 한수빈, 함중걸 “무전극 형광램프의 기술동향”, 한국조명 · 전기설비학회지, Vol. 18, No.1 pp.24 ~ 28, 2004
- [5] Philips CL Lamp System ; Information for Luminaire Manufacturers
- [6] Osram Endura, Product information
- [7] 박대희 외 “신광원의 기술개발동향”, 조명 · 전기설비학회지, 제10권 제5호, pp.23 ~ 30, 1996
- [8] 青野正明, “일본의 신광원 기술개발과 전망”, 대한전기학회 하계학술대회 2002, pp.3 ~ 7
- [9] 井上昭浩, “무전극램프와 그응용”, 일본조명학회지, 제81권, 제7호, 1997
- [10] GE, Product information