



양재선 부장
(주)세광에너지기술연구소
enertech@netsgo.com

1. 머리말

무전극 형광 램프는 1990년대 초기에 실용화된 비교적 신 광원이다.

무전극 형광 램프는 전자 유도 법칙에 의해 외부에서 내부가스를 방전시켜 발광하기 때문에 램프 내부에 전극이 존재하지 않는다. 따라서 기본적으로 전력이 소모되는 부분이 없으므로 종래의 램프에 비해 수명이 길고 유지 보수면에서 큰 잇점이 있다. 현재 전기 에너지의 소비가 늘고 있어 전기에너지의 부족이 초래되고 있는 시점에서 에너지 절약에 적합한 램프로 판단된다.

무전극 형광 램프는 선진 각국에서 실용화 연구가 진행되고 있으며, 일반 조명용 램프로서의 이용이 점점 확대되어 가고 있다. 본고에서는 무전극 형광램프의 원리 및 특징점과 적용 사례를 소개하고 앞으로의 동향에 대하여 소개하고자 한다.

2 무전극 형광램프의 원리와 형식 및 특징점

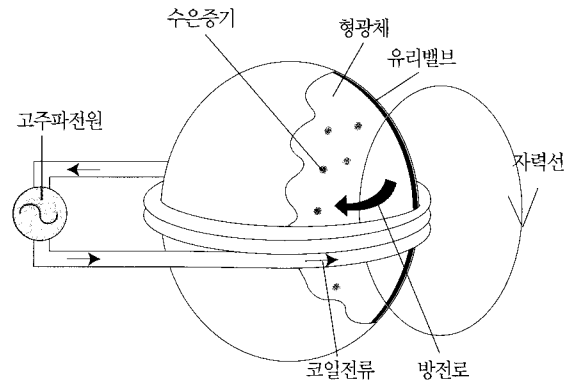
2-1 원리와 형식

일반적으로 방전관은 관의 양단에서 전자를 방출하며 방출된 전자를 모으는 전극을 갖게 되고 따라서 이 전극간에 전류가 흐르게 된다. 그러나 관 내부에 이 같은 전극이 없다 하더라도 방전이 형성되는데 이것을 무전극 방전이라 부른다.

무전극 방전에는 크게 3가지 형식이 있다.

첫번째 형식은 Babat가 명명한 "E방전"으로(전계 결합형)이라고도 한다. "E방전"은 방전관 외면에 금속 박(전극)을 설계해서 교류를 인가시키면 관내부에서 방전이 형성된다. 이것은 외면 전극간에 전기용량을 통해 전류가 흐르는 것으로 생각하면 이해하기 쉬운데 이 방식을 "외면전극형"이라고도 부른다.

방전기체의 압력이 높을 경우에 "무성방전"이라고도 부른다.



<그림 1> 電磁 결합형 무전극 형광램프의 원리

두번째 형식은 "H방전"이다.

<그림 1>과 같이 전형적으로 구형의 방전관 외주에 권선을 감고 교류를 인가시키면 전자식 도체로 인해 전계가 생기고 관내부에서 방전이 형성된다.

"방전 결합형" 또는 "무전극 방전"이라고도 한다. "E방전"과 비교했을 때 "H방전"에서 방전 전류는 관벽을 가로질러 흐르지만 "H방전"은 관벽에 평행하게 전류가 흐른다.

세번째는 "마이크로파 방전"이 있다. 마이크로 방전을 이용한 무전극 HID램프는 제품화 되어 있으나, 무전극 형광램프에서는 연구 발표만 있을 뿐 제품이 실용화되지는 않았다.

2-2 무전극 형광 램프의 장점 및 특성

2-2-1 장수명

일반적으로 형광램프는 전극물질의 소모로 인해 점등이 되지 않고 이것이 수명을 결정하는 주 원인이 된다. 그러나 무전극 방식에서는 원래 전극물질이 존재하지 않기때문에 장수명이 기대되고 방전관의 파손 및 인버터의 고장만 없다면 반영구적이라 할 수 있다. 실용상에서는 점등시간에 따른 광속 감퇴가 문제로 남아 있다. 하지만 6만시간 (유효수명)점등 후에도 초기광속의 70%를 하고 초기광속에 50%의 광

속이 나오는 시간은 10만시간(일반수명)으로 보고 되고 있다. 원리적으로는 빈번한 점멸에서도 수명이 단축되지 않는 것으로 알려져 있다.

2-2-2 순간 점등 및 점멸

반응이 늦은 사람을 “형광등”이라 부르는 것도 이전 옛말이 되었다. 최근의 전자 스타터식과 래피드 스타터식, 인버터식 점등회로에서 형광램프를 점등시키면 1초 내에 점등된다. 그러나 열 음극 형광램프는 전극 예열 시간을 필요로 하기 때문에 0.5초 정도가 한계로 이보다 빠른 제품이 필요할 때는 예열 회로를 상시 통전해서 대기하는 방법이 있다.

무전극에서는 전극 예열이 필요 없기 때문에 외부 전극과 권선이 통전되면 1ms내에 즉시 점등되고, 통전이 정지되면 즉시 소등된다. 사용중인 형광체의 잔광시간은 백열전구의 열속성보다 빠르기 때문에 백열 전구에 비해 빠른 점멸이 가능하다. 점멸에 의한 수명 단축이 없기 때문에 연출 조명에 적합하다.

2-2-3 광색

무전극 형광 램프에서 형광체는 히토류계의 협대역 역발광 물질을 사용한다. 형광체의 배합방식에 따라 상관색온도 2700K ~ 7000K의 전구색에서 온백색까지 만들 수 있다. 연색평가지수는 86Ra이다. 연출용으로 적, 녹, 청 등의 색광이 사용된다.

2-2-4 전광속

현재 시판되고 있는 제품은 350lm ~ 12000lm까지 나오며, 내년 초에는 20000lm을 초과하는 제품도 나올 예정이다.

2-2-5 효율

램프의 광속을 상용전원의 입력전력으로 나눈 총효율은 compact 형광램프에 비해 약간 낮다. 다른 램프와 비교해 보면 백열전구의 수배, 광속이 비슷한 형광수은램프의 2배에 달하고 메탈할라이드 램프에 비해 높다.

2-2-6 주위 온도 특성

무전극 방전의 점등원리는 우수한 특성을 갖는 반면 발광 원리는 일반형광 램프와 같기 때문에 장단점은 있다. 형광램프의 광속은 수은증기압에 좌우되고 고온, 저온에서 광속은 저하된다. 또한 저온에서는 시동전압이 상승한다. 이 때문에 형광램프의 사용온도 범위는 5°C ~ 40°C 로 제한된다.

그러나 무전극 형광램프는 장수명의 특징과 수은증기압 제어용 아말감을 채용함으로써 광범위한 온도범위에서도 광속이 안정하게 유지된다.

2-2-7 조광

일부 제품에서 5~100% 조광이 가능하다. 조광을 해도 광색의 변화가 적고 비교적 효율도 그대로 유지된다.

3. 적용처 및 에너지 절약 효과 분석

3-1 적용처

- 같은 조도에 에너지 절약이 필요한 곳
- 유지 보수가 어려운 고천정이거나 광원 교체가 난해한 곳(제지 회사, 반도체 제조 공장, 자동차 조립 공장, 교회...)
- 광원의 점등, 점멸이 빈번한 곳(고층 건물의 외곽등, 항공등)
- 천정이 낮아 고휘도 램프가 아닌 저휘도 램프(면광)를 이용한 분위기 연출이 필요한 곳(주택가 보안등, 공원 등)
- 조광(Dimming Control)이 필요한 곳(교회, 극장...)
- 사람들이 많이 머물거나 왕래하는, 고연색성 광원이 필요한 곳(유통 매장 조명, 서점, 화원...)
- 폭발화재 위험이 있는 곳(주유소, 가스충전소, 화학공장...)
- 외부 진동이 잦아 전극 손상에 의한 광원 교체가 빈번한 곳(놀이공원, 야외 조립식주차장...)

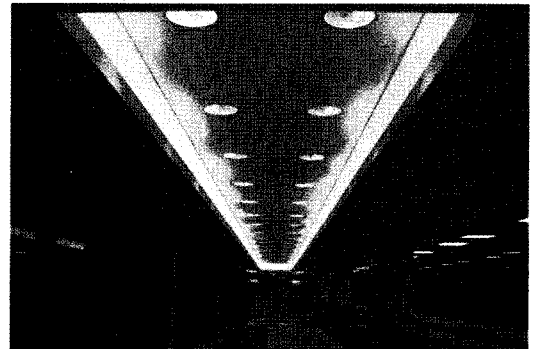
3-2 에너지 절약 효과 분석

메탈 할라이드 램프의 무전극램프 시스템 대체시 아래와 같은 투자 효과가 나타난다.

냉방을 하는 실내에 고휘도 램프(메탈등, 나트륨 등)을 쓰는 곳에 무전극 형광램프를 적용 할 경우 램프 자체 표면의 발열 온도가 고휘도 램프 (300℃~600℃)보다 무전극 형광램프(80~90℃)가 1/3이상 적게 발생하기 때문에 여름철 냉방 에너지 절약까지 감안한다면 더 큰 에너지 절약 효과가 발생할 것으로 예상된다.

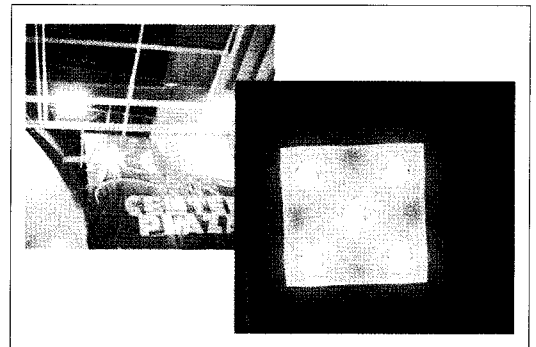
메탈 할라이드 램프 175W 1 SET	년간 총 집값액 173,820	무전극 램프 시스템 85W
년간 전력 요금 92,864원 • 실소모전력 210W • 14시간×365일=5,110시간 기준 • 일반용 갑 선택에 고압A 사용		실소모전력 107W • 14시간×365일=5,110시간 기준 • 일반용 갑 선택에 고압A 사용
년간 소모품비 39,177원 • 유효수명 6,000시간 • 1.17년에 1회 교체 • 안전기 23,000원4 램프23,000원		유효수명 60,000시간 • 11.74년 후 교체
년간 교체 설치비 9,096원 • 유효수명 6,000시간 • 1.17년에 1회 교체 • 교체 설치 인건비 10,680원 (5m 이하)		유효수명 60,000시간 • 11.74년 후 교체

<신세계 이마트 수원점 외 7개 점포>



[메탈 할라이드 램프 175W ➔ 무전극램프 시스템 85W]

<보광 휘닉스 파크>

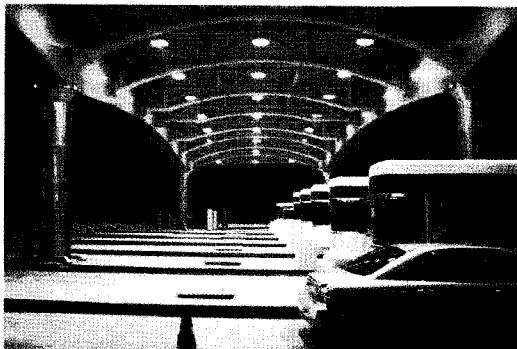


[총소비전력 765W ➔ 총소비전력425W]

4. 적용사례(신설및 교체)

4-1 국내 사례

<도로공사 안산톨게이트>



[메탈 할라이드 램프 250W ➔ 무전극램프 시스템 150W]

4-2 기타 설치 장소

- 대전시청 및 각 구청 일정 장소(가로등 및 보안등)
- 안양시 지하주차장
- 의왕시 지하차도
- 김제시 교월동(보안등)
- 금산 휴게소
- 롯데월드 주차장
- 대한 펄프
- LG화학

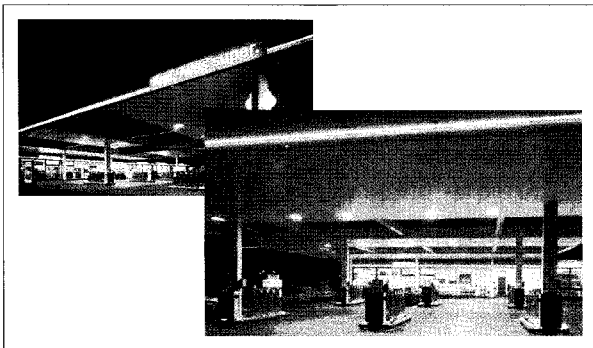
4-3 해외 사례

<ESSO PETROL STATION>

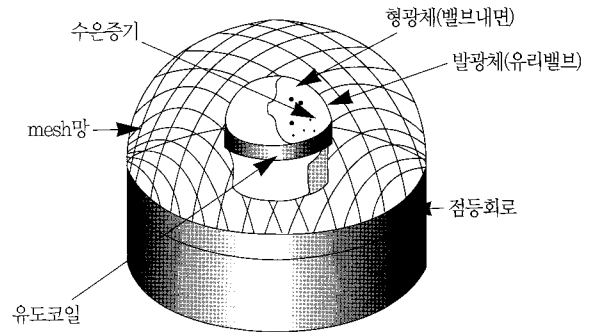


[무전극램프 시스템 150W]

<ARAL PETROL STATION>



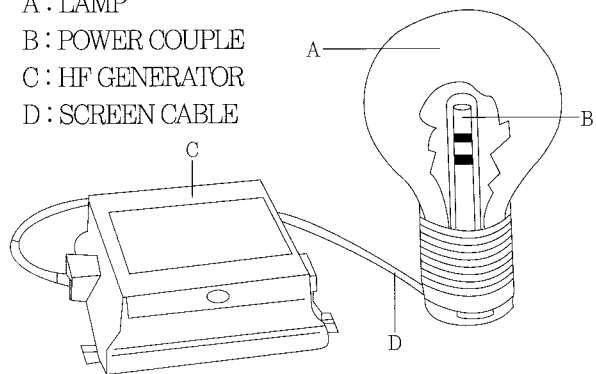
[무전극램프 시스템 150W]



<그림 2> 유도코일을 비갈쪽에 감음

5-2 유도 코일을 램프의 안쪽에 장착시킨 제품

- A : LAMP
- B : POWER COUPLE
- C : HF GENERATOR
- D : SCREEN CABLE



<그림 3> 유도코일을 안쪽에 감음

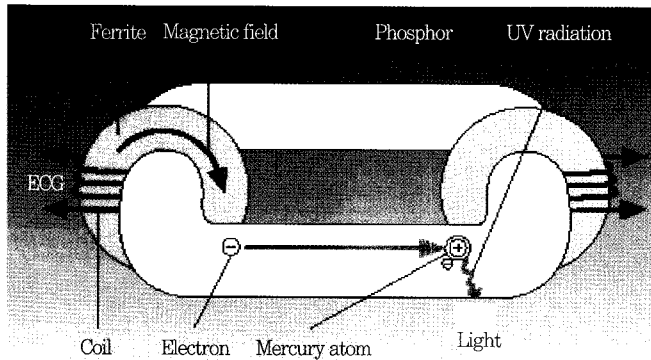
5. 무전극램프의 실용화 및 현황

5-1 유도 코일을 램프 외주에 감은 제품

- 점등장치와 램프가 일체형.
- 동작주파수가 13.56MHz 사용.
- 電磁 방사 노이즈 차폐용으로 금속망 사용.
- 사용온도 범위: $-10^{\circ}\text{C} \sim 40^{\circ}\text{C}$, 용도: 실내 조명용.
- 제조회사: 마쯔시다(National), 출력: 18Watt.

- 점등장치와 램프 분리형.
- 동작주파수가 2~3MHz 사용.
- 사용온도 범위: $-10^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$, 용도: 도로 조명용.
- 제조회사: Philips.
- 출력(광속): 55Watt(3500lm), 85Watt(6000lm), 165Watt(12000lm).

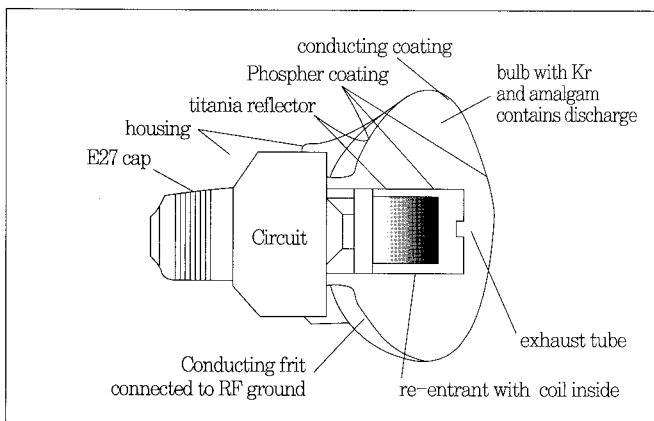
5-3 □자형 램프를 이용한 제품



<그림4> □자형 램프를 이용한 무전극형광 램프

- 점등장치와 램프 분리형.
- 동작주파수가 250KHz사용.
- 사용온도 범위: -10°C~100°C
- 용도 : 도로 조명용.
- 제조회사:OSRAM.
- 출력(광속):100Watt(8000lm),150Watt (12000lm), 250Watt(24000lm).

5-4 전구식



<그림5> 전구형 무전극 램프

- 점등장치와 램프가 일체형.
- 동작주파수가 2~3MHz사용.
- 사용온도 범위: 5°C 이상.
- 용도 : 실내 조명용 .
- 수명: 2만 시간.
- 제조회사: GE
- 출력: 25Watt.

6. 무전극형광램프의 과제

램프에서는 대전력으로 갈수록 전계 결합형은 시스(seize) 전압으로, 전자 결합형은 플라즈마 중의 전류밀도 상승으로 효율이 저하되어 대전력이 어렵다. 이것을 해결하는 것이 과제이며, 회로부에서는 무전극이 고속 스위칭을 함으로써 전력 변환 효율이 저하한다.

효율 저하를 막기 위해 동작 주파수를 낮추거나, 스위칭 손실을 줄이는 방안을 모색해야 할 것이다.

점차 세계적으로 무전극 형광 램프의 소비가 늘어 나는 추세이므로 국가적으로는 규격화(KS, 고효율기자재..) 작업을 함으로써 여러 분야에서 연구하고 적용할 수 있도록 해 주어 더욱더 향상된 무전극 방전등이 확대 보급되게끔 적극 지원하여야 하겠다.㉔