

연구보고서
기전연 96-5-5

휴대용 방폭형 작업등의 경량화 연구

1996. 12.



한국산업안전공단
KOREA INDUSTRIAL SAFETY CORPORATION
산업안전연구원
INDUSTRIAL SAFETY RESEARCH INSTITUTE

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업재해 예방기술의 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “휴대용 방폭형 작업등의 경량화 연구”의 최종 보고서로 제출합니다.

1996. 12.

주관 연구 기관: 산업안전연구원 기전안전연구실

총괄연구책임자: 선임연구원 최 상원

참여연구원 정 동명

연구조원 차 영식

연구조원 정 성훈

위탁 연구 기관: 한국기계연구원

위탁연구책임자: 책임연구원 이 양래

참여연구원 허 필우

참여연구원 임 의수

공동 연구 업체: 제아실업 (주)

공동연구책임자: 책임연구원 김 명섭

참여연구원 계 광신

참여연구원 오 경운

요 약 문

I. 제 목

휴대용 방폭형 작업등의 경량화 연구

II. 연구 기간

1996. 1. ~ 12. (12개월)

III. 연구개발 목적 및 필요성

가연성 물질을 취급하는 화학공장의 보수작업이나 선박의 도장공정에서 현재 국내에서 사용되고 있는 휴대용 방폭형 작업등은 전기기기의 방폭화 적용기술 9가지 (내압, 압력, 안전증, 유입, 사입, 비점화, 캡슐, 본질안전 및 특수방폭구조) 중에서 대부분 내압방폭구조 및 안전증방폭구조를 채용하고 있는 바 이의 단점 때문에 2~3kg 정도로 무거운 실정이다. 또한, 노동부 고시 제93-19호 「사업장 방폭구조 전기기계·기구 배선 등의 선정·설치 및 보수 등에 관한 지침」에서 내압방폭구조는 방폭지역의 위험등급 (0종, 1종, 2종) 중 1종장소에서 사용하며, 안전증방폭구조는 2종장소에서만 사용할 수 있기 때문에 위험등급이 높은 0종장소에서는 사용할 수 없다.

위험등급이 가장 높은 0종장소에서 사용될 수 있는 적용 가능한 방폭구조는 본질안전방폭구조뿐이며 가연성 물질을 저장하는 탱크나 저장실은 다분히 0종장소로 분류되며, 아울러 이러한 물질을 일시적으로 다량 사용하는 곳도 0종장소로 간주하는 것이 안전확보 차원에서 바람직하다. 이러한 이유로 볼 때 본질안전방폭구조

를 채용하는 휴대용 작업등이 필요하다. 본 연구과제를 선정키 위한 추진경위는 다음과 같다.

구분	일 자	목 적	내 용
1차	1995. 7. 4	방폭형 작업등 사용현장 방문 동행 요청	요청: 제아실업
2차	1995. 7. 9 ~ 7. 13	방폭형 작업등 개발요청에 따 른 업무협의 및 작업현장 방문	방문지: 삼성중공업 외
3차	1995. 8. 16	공동연구 추진을 위한 연구과 제 협조의뢰	요청: 산업안전연구원 (안관 0717-259)
4차	1995. 9. 28	공동연구 추진에 대한 회신	회신: 제아실업 “휴대용 방폭작업등”의 공동연구 요청
5차	1995. 5. 14	공동연구추진을 위한 연구계약 의뢰	의뢰: 제아실업 (제아 15096)

IV. 연구개발 내용 및 범위

본 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 0종장소에 사용될 수 있는 소비전력 100W 급의 본질안전방폭구조를 채용한
고신뢰성, 경량화, 휴대용 방폭형 작업등의 개발
- 시제품 개발: 3종
- 고신뢰성용: 0종장소용, 본질안전 방폭구조용
- 휴대용, 경량화용: 약 1.1kg
- 소비전력: 100W (10W×10ea)
- 고주파전원: 100kHz

V. 연구개발 결과 및 기대효과

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- 고주파 전원을 채택하고 신뢰성을 한층 더 높인 본질안전방폭구조로 그 무게가 약 1kg의 휴대용 작업등 개발

아울러 본 연구 결과 기대되는 효과는 다음과 같다.

- 소비전력 100W 이상의 조명기구의 본질안전 방폭화기술
- 고주파 전원을 본질안전방폭구조에 적용하는 기술
- 휴대전등 뿐만 아니라 기타의 전기·전자기기의 방폭화 기술에 적용
- 산업재해의 감소 (간접) 및 경작업화 가능 (직접)
- 수입대체 효과: 약 1.0억/년
- 수출기대 효과: 약 10억/년
- Royalty 기대: 상품화시 연간 약 5,000개 생산
- 고주파 전원의 소형화 (Hybrid IC화)
- 특허출원: 96-55518 ('96. 11. 20)

목 차

제출문	i
요약문	ii
표목차	vii
그림목차	ix
제1장 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 개발내용 및 방법	3
1.3 참여기업과의 업무분담	3
1.4 개발결과	4
1.5 시험평가	5
제2장 설 계	6
2.1 설계 착안사항	6
2.2 설계기준	6
2.3 기초설계를 위한 사전조사	18
2.4 기존 샘플의 분석	28
제3장 광학적 물성평가	37

3.1 서론	37
3.2 광학의 개요	37
3.3 실험장치의 구성	47
3.4 시료 사양	48
3.5 실험결과	49
3.6 결론	54
제4장 방폭 성능평가	55
4.1 평가방안	55
4.2 시제품 사양	55
4.3 항목별 평가	65
제5장 결 론	76
참고문헌	78
부록: 시제품 설계 도면	81

표 목차

표 1.1	개발기기의 구조 및 용량	3
표 1.2	개발업무의 분담	4
표 1.3	시제품의 제작사양	5
표 2.1	삼파장 램프정격 (예)	19
표 2.2	압축공기 발전기 및 조명장치의 사양	20
표 2.3	백열전구에 관련된 KS 규격	26
표 2.4	백열전구의 특성치	27
표 2.5	국내샘플 사양	28
표 2.6	외국샘플 사양-1	33
표 2.7	외국샘플 사양-2	33
표 3.1	텅스텐전구의 입력에너지의 행방	45
표 3.2	텅스텐전구의 지수값	46
표 3.3	소요기기의 사양	48
표 4.1	충격시험에서 충격에너지	65
표 4.2	충격시험결과	66

표 4.3	붓싱 및 단자스터드에 가하는 회전력	67
표 4.4	허용온도범위	67
표 4.5	전구 온도실험 결과-1	68
표 4.6	전구 온도시험 결과-2	69
표 4.7	시험가스	73
표 4.8	불꽃점화 실험결과	75
표 4.9	내전압시험의 적용	75

그림 목차

그림 1.1	비방폭형 작업등의 사용 예	2
그림 2.1	대상가스 그룹별 저항성회로의 최소 점화전류	11
그림 2.2	주파수에 따른 최소 점화전압	12
그림 2.3	압축공기 발전기를 이용한 조명장치의 외형사진	21
그림 2.4	형광등을 이용한 방폭형 작업등	21
그림 2.5	전구외형-1 (24V, 10W/25W)	23
그림 2.6	전구외형-2 (12V, 10W)	24
그림 2.7	전구외형-3 (12V, 10W)	25
그림 2.8	샘플사진-1 (한강산업전기)	30
그림 2.9	샘플사진-2 (남북전기)	31
그림 2.10	샘플사진-3 (대양전기)	32
그림 2.11	샘플사진-4 (STEWART)	35
그림 2.12	샘플사진-5 (STAHL)	36
그림 3.1	발산 광도의 개념도	39
그림 3.2	조도와 광도와의 관계-1	42

그림 3.3 조도와 광도와의 관계-2	42
그림 3.4 휘도의 개념도	43
그림 3.5 가스봉입 전구의 전압특성	46
그림 3.6 실험장치 구성도	47
그림 4.1 시제품의 구성도	58
그림 4.2 시제품 A, B형 외관도	59
그림 4.3 시제품 C형 외관도	60
그림 4.4 시제품 A형 외관사진	61
그림 4.5 시제품 B형 외관사진	61
그림 4.6 시제품 C형 외관사진	62
그림 4.7 저주파 전원공급기 외형사진	62
그림 4.8 고주파 전원공급기 외형사진	63
그림 4.9 저주파전원 공급기 회로도	63
그림 4.10 고주파 전원 공급기 회로도	64
그림 4.11 불꽃점화 시험장치	74

제1장 서론

1.1 연구배경

가연성 물질을 취급하는 화학공장의 보수작업이나 선박의 도장공정에서 현재 국내에서 사용되고 있는 휴대용 방폭형 작업등은 전기기기의 방폭화 적용기술 9가지(내압, 압력, 안전중, 유입, 사입, 비점화, 캡슐, 본질안전 및 특수방폭구조) 중에서 대부분 내압방폭구조 및 안전중방폭구조를 채용하고 있는 바 이의 단점 때문에 무거운 실정이다. 또한, 노동부 고시 제93-19호 「사업장 방폭구조 전기기계·기구 배선 등의 선정·설치 및 보수 등에 관한 지침」에서 내압방폭구조는 방폭지역의 위험등급(0종, 1종, 2종) 중 1종장소에서 사용하며, 안전중방폭구조는 2종장소에서만 사용할 수 있기 때문에 위험등급이 높은 0종장소에서는 사용할 수 없다.

위험등급이 가장 높은 0종장소에서 사용될 수 있는 적용 가능한 방폭구조는 본질안전방폭구조뿐이며 가연성 물질을 저장하는 탱크나 저장실은 다분히 0종장소로 분류되며, 아울러 이러한 물질을 일시적으로 다량 사용하는 곳도 0종장소로 간주하는 것이 안전확보 차원에서 바람직하다. 이러한 이유로 볼 때 본질안전방폭구조를 채용하는 휴대용 작업등이 필요하다.

선진 외국에서 제작되어 국내 사업장에 유통되거나, 국내 방폭전기기기 제조업체에서 개발하여 산업현장에서 사용되는 작업등은 중량이나 방폭구조 면에서 대등소이다. 이러한 작업등을 고신뢰성화 및 경량화 시킴으로써 수입 대체효과는 물론 역으로 선진 외국에 수출함으로써 직접적으로는 외화획득과 간접적으로는 고도의 안전을 확보할 수 있다. 그러나 국내 제조업체의 입장에서 볼 때 작업등을 경량화시킬 수 있는 설계기술 및 적용기술에 대한 지식이 매우 부족한 실정이다.

동양인과 서양인의 신체적 조건에서 차이가 있기 때문에 서양, 특히 선진 국가에서 제작되는 방폭형 휴대용 작업등을 그대로 국내업체가 그 기술을 전수받아 제작하였다 하더라도 우리의 신체조건과 부합되지는 않는다. 이러한 이유로 그림 1.1과 같이 현재 국내사업장에서 사용되고 있는 방폭형 작업등은 일반 백열전구에 가드만 부착된 비방폭형 제품의 사용을 선호하고 있기 때문에 화재·폭발사고의 위험성이 매우 크다. 본 연구에서는 신체적 조건이 열악한 부녀자와 같은 작업자에게는 방폭형 작업등을 휴대하기에 무거우므로 이를 개선코자 하였으며 향후, 근로자들의 선호도에 의한 대량수요의 가능성과 아울러 쾌적한 작업환경, 육체적인 스트레스를 경감시켜 간접적인 재해방지 효과를 누릴 수 있다.

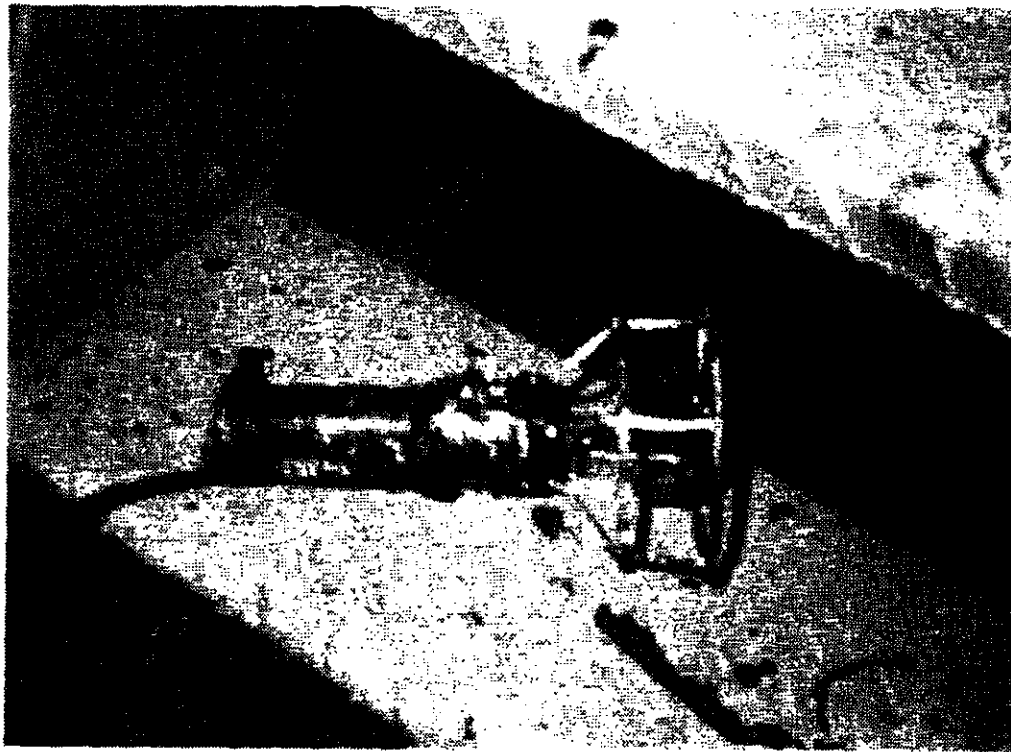


그림 1.1 비방폭형 작업등의 사용 예

1.2 개발내용 및 방법

개발코자 하는 작업등은 선박 등의 도장공정에서 사용 가능한 방폭형 조명기구로서 그 방폭구조, 용량 등은 다음 표 1.1과 같으며 본 연구의 목적달성을 위하여 産・研・研의 공동연구를 수행하였다.

표 1.1 개발기기의 구조 및 용량

기기명	방폭구조	전기적 용량
휴대용 작업등	Ex ia IIC T2~T3	12V, 100kHz, 100W (10W×10 ea)
고주파 전원 및 증폭기	비방폭구조	Input: 110/220V, 1 ϕ , 60Hz Output: 12V, 100kHz
저주파 전원	비방폭구조	Input: 110/220V, 1 ϕ , 60Hz Output: 12V, 60Hz

개발방법은 실제적용이 가능한 모델을 선정하고, 국내외의 견본품을 분석하여 작업등을 설계하였고, 방폭구조 전기기계·기구 성능검정규격 (노동부 고시 92-23호 1992. 7)에 적합여부를 검토한 다음 시제품을 제작, 시험평가하는 방법을 택하였다.

1.3 참여기업과의 업무분담

개발사업 주관은 산업안전연구원이 담당하고 참여기업인 제아실업(주)이 공동으로 수행하였으며 또한, 작업등의 광학적 이론 및 물성치 측정은 한국기계연구원에 용역 의뢰하였다. 각각의 업무를 다음 표 1.2와 같이 분담하였다.

표 1.2 개발업무의 분담

연구내용 \ 역할 분담	산업안전 연구원	한국기계 연구원	제아실업
국내외 기술/특허조사	○		
개발품선정 및 주요 사양결정			○
관련 국내외 제품 수집, 분석 평가	○		
광학적 이론정립 및 물성치 측정		○	
기본개념 정립 및 시제품 설계	○		
주변기기 설계 및 평가	○		
생산원가 분석			○
시제품의 현장의견 조사 및 대책 수립	○		○
시제품 제작			○
시제품 평가	○		
보완 (설계, 평가)	○	○	○
보고서 작성	○	○	○

1.4 개발결과

본 연구의 결과인 방폭형 휴대용 작업등의 제작사양은 다음 표 1.3과 같다.

표 1.3 시제품의 제작사양

Items		Constructions	Electrical Capacity
작업등		•무게: 약 1.1kg •크기: $\Phi 130\text{mm} \times L282\text{mm}$ •방폭구조: Ex ia IIC T2 ~ T3 •Cable: $0.7\text{mm}^2 \times 20C \times 30\text{m}$	•전압: 12Vr.m.s •주파수: 100kHz •소비전력: 100W (10W$\times$10ea)
전원장치	고주파용	•크기: $H145\text{mm} \times L250\text{mm} \times W300\text{mm}$	•입력: 110/220VAC, 60Hz, 200W •출력: 12V, 100kHz, 150W
	저주파용	•크기: $H120\text{mm} \times L250\text{mm} \times W160\text{mm}$	•입력: 110/220VAC, 60Hz, 200W •출력: 12VAC, 60Hz, 150W

1.5 시험평가

금번의 시험평가는 일반 사업장의 「방폭구조 전기기계·기구의 방폭성능검정규격 (노동부 고시 92-23호)」에 의거 자체적으로 평가하였으며 추후, 구미지역의 수출을 위한 UL 등 관련 규격에 대한 기술적 대응도 시도하여야 할 과제이다.

제2장 설 계

2.1 설계 착안사항

개발제품의 설계에 있어 도장공정 및 화학공장의 보수작업시에 안전하게 사용하기 위하여 다음의 몇 가지 중요한 사항을 고려하였다.

- 도장공정의 공장에서 방폭지역을 어떻게 판별할 것인가
- 결정된 방폭지역에서 어떠한 작업등을 사용할 것인가
- 적절한 방폭구조와 등급 및 적용가능 가스와 증기는 어떤 것인가
- 어떤 규격을 적용할 것인가
- 조명방향을 어떻게 줄 것인가
- 작업상 매다는 고리는 어느 방향으로 할 것인가
- 램프소손시 회귀를 위한 수단은 어떻게 할 것인가

현재 유통되고 있는 휴대용 작업등의 방폭구조 및 장·단점은 다음과 같다.

- 내압 방폭구조: 동일전구 및 소비전력에서 발화온도가 낮은 가스 등에 사용할 수 있으나, 용기내에서 폭발이 발생할 때 그 압력에 용기 자체가 견뎌야 하므로 무겁다.
- 안전증 방폭구조: 내압방폭구조의 단점은 보완되나 안전측면에서 신뢰성은 떨어진다.

2.2 설계기준

개발형태는 위의 설계 착안사항을 고려하고 현재 유통되고 있는 방폭구조의 단점을 보완한

- 본질안전방폭구조
- 비점화방폭구조
- 압력방폭구조
- 특수방폭구조로 검토하였다.

그러나 신뢰성을 감안하여 상기 설계 착안사항에 따라 현재 적용치 않는 구조로 기존의 단일전구 100W급을 소형전구 (10W×10ea)로 대체한 본질안전방폭구조로 개발모델을 정한 다음 IEC규격을 토대로 한 「방폭구조전기기계·기구 성능검정규격 (노동부 고시 제92-23호, 92년 7월 24일)」을 기준으로 다음과 같은 사항을 설계기준으로 목표를 정하였다.

2.2.1 본질안전방폭구조에 관련된 용어

(1) 절연공간거리

서로 절연된 두 개의 도전성 부분사이의 공간적 최단거리를 말한다.

(2) 연면거리

서로 절연된 두 개의 도전성 부분 사이의 절연물의 표면에 따른 최단거리를 말한다.

(3) 본질안전회로

정상상태 및 특정의 고정상태에서 발생하는 불꽃 또는 열이 규정된 시험 조건으로 소정의 가스 또는 증기에 점화를 발생하지 않는 전기회로를 말한다.

(4) 본질안전기기

내부의 전기회로가 모두 본안전회로인 전기기기를 말한다.

(5) 본질안전관련기기

전기기기내부의 전기회로는 반드시 모두 본질안전회로는 아니지만 해당

전기기기에 접속되는 본질안전회로의 본질안전방폭성능에 영향을 미칠 우려가 없는 전기회로가 포함되어 있는 것을 말한다.

(6) 본질안전 방폭구조에서 정상상태

본안기기 및 본안관련기기가 전기적 및 기계적으로 그 설계사양을 만족하고 있는 상태를 말한다.

(7) 본질안전 방폭구조에서 고장

본안회로의 본안방폭성능을 저하시키는 전기부품 또는 전기부품사이의 접속 결함 및 전기적 손상 등을 말한다.

(8) 명시고장

본안기기 및 본안관련기기에서, 계속적으로 사용하려면 기능불량으로 인하여 수리를 하여야 하는 고장으로서 듣거나 볼 수 있는 신호에 의하여 표시되는 고장을 말한다.

(9) 고장이 발생하지 않는 부품

이것을 이용한 본안기기 및 본안관련기기의 사용 또는 보관 중에, 본안회로의 본안방폭성능을 저하시키는 고장이 발생되지 않는 부품 또는 부품의 조립체를 말한다.

(10) 본질안전유지부품

본안회로의 본질안전방폭성능을 유지하기 위해서 사용되는 전기부품을 말한다.

(11) 안전유지기

안전유지부품에 의하여 구성된 본안관련기기에 있어서 가스 또는 증기에 점화될 우려가 있는 전기 에너지가 당해 본안관련기기에 접속된 비본질안전회로에

서 본안회로에 유입되는 것을 제한하도록 한 것을 말한다.

(12) 비본질안전회로

본안회로 이외의 전기회로를 말한다. 비본안회로에는 본안회로와 직접 관련된 전기회로와, 본안회로와는 직접 관련되지 않은 전기회로가 있다.

(13) 본질안전방폭구조의 전기기기

본안회로 및 본안관련기기를 총칭한 것을 말한다.

(14) 안전유지정격

본안기기 및 본안관련기기에 대하여 정해진 정격이며, 본안회로의 본질안전방폭성능을 유지하기 위한 최대 정격을 총칭한 것을 말한다.

2.2.2 직류회로의 최소 점화전류

IEC Publication 79-3의 불꽃점화시험장치를 사용하여 얻은 순수 저항성 회로에서 직류전압과 최소 점화전류를 구하여 제시하고 있는 것이 그림 2.1이다. 여기서 대상 가스 그룹별로 최소 점화에너지를 분석해 보면 전원전압은 될 수 있는 한 낮게 공급하는 것이 기기의 동작전류를 크게 할 수 있으며 점화위험성도 낮아진다.

예를 들면 전원전압이 12V일 때 최소 점화전류가 4A에서 발생된다면 $12V \times 4A = 48W$ 의 전구를 사용할 수 있으나 안전율 1.5배를 적용하면 약 30W까지는 본질안전방폭구조가 가능하다. 그러나 본 실험장치는 이용상 전류제한이 2A 이하이기 때문에 그 이하의 데이터만 유용하게 된다.

2.2.3 고주파회로의 최소 점화전압

그림 2.2는 '95년도에 우리 연구원에서 수행한 “고주파 전기회로에 의한 가연성 가스의 점화위험성 분석 및 방지대책에 관한 연구”의 실험결과로 대상가스, 주파수 및 부하크기에 따라 최소 점화전압을 측정한 것이다. 이 그림에서 주파수가 증

가할 수록 점화전압은 커지기 때문에 즉, 동일 전원전압에서 고주파의 전원을 채택하는 경우는 그 만큼 점화위험성은 낮아진다.

직류와 고주파 교류의 점화한계를 비교해 보면 교류의 경우는 반 사이클마다 방전이 소멸한다. Open시 교류파형의 위상에 의해 방전에너지도 다르며 최대로 되는 것은 교류의 최대치에서 Open하는 경우이다. 지금 정현파 교류의 최대치 및 실효치를 I_m 및 I 로 하여 주파수를 f , 위상차를 0으로 하면 다음 식 2.1과 같다.

$$I = I_m \sin 2\pi ft \quad (2.1)$$

교류 반파 사이에 I 가 I_m 의 95% 사이에 도달하는 시간 T_0 를 계산하면 다음과 같다.

즉 $T = 1/f$ 로 놓으면

$$T_0 = 2 \left(\frac{T}{4} - \frac{\sin^{-1} 0.95}{2\pi f} \right) \doteq 0.1T \quad (2.2)$$

그러므로 정현파 교류의 경우에는 10회 중 1회만이 최대치의 부근에서 Open할 기회가 존재한다. 방전불꽃에 의한 가스점화가 확률법칙을 받는 것으로 하면 직류와 같은 최대치의 교류에 의한 점화 위험성은 약 1/10이라고 말할 수 있다. 결국 잠재적 점화능력에서는 직류와 상용주파수 교류와의 차이는 없으나 점화확률로서는 교류 쪽이 작은 것으로 안전성이 높게 된다고 말할 수 있다.

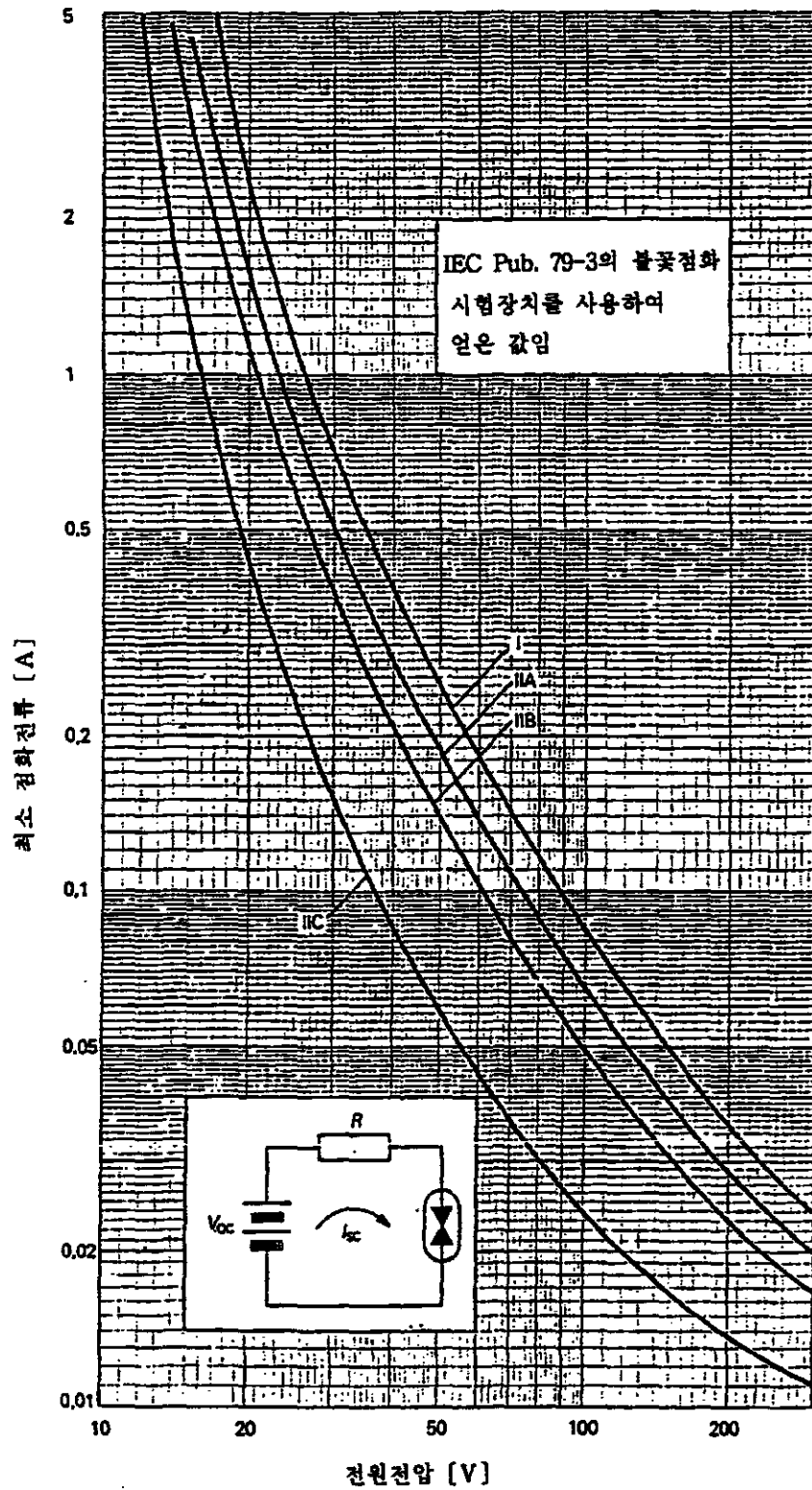
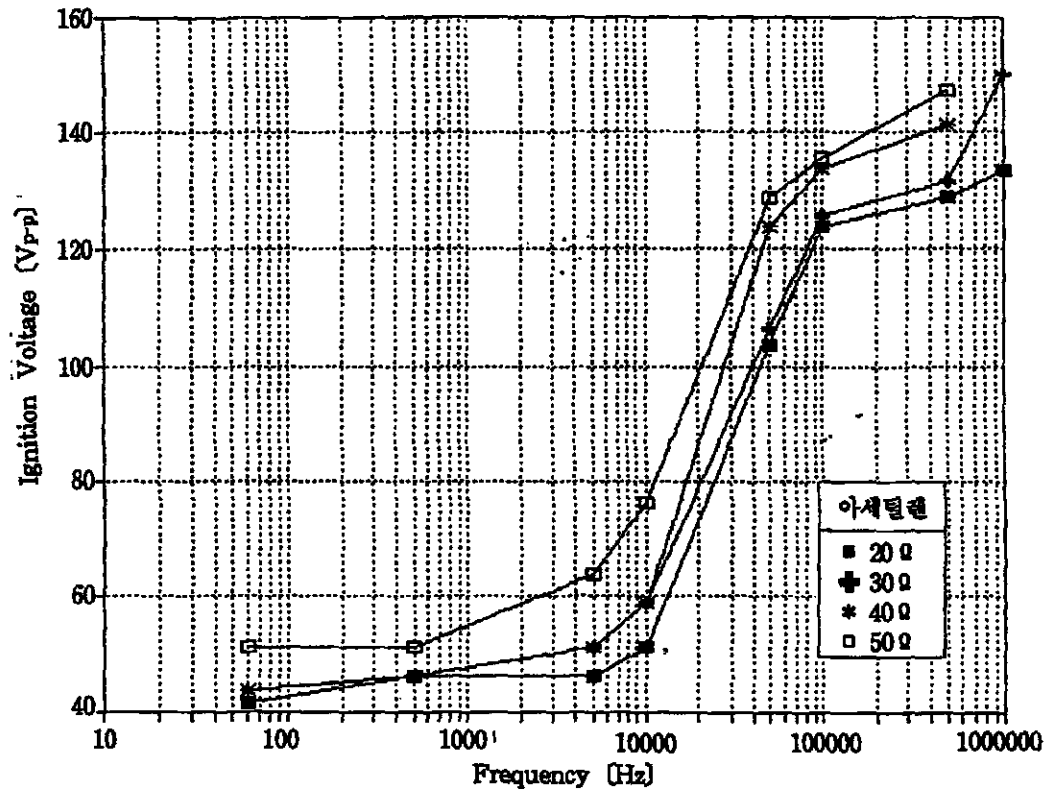
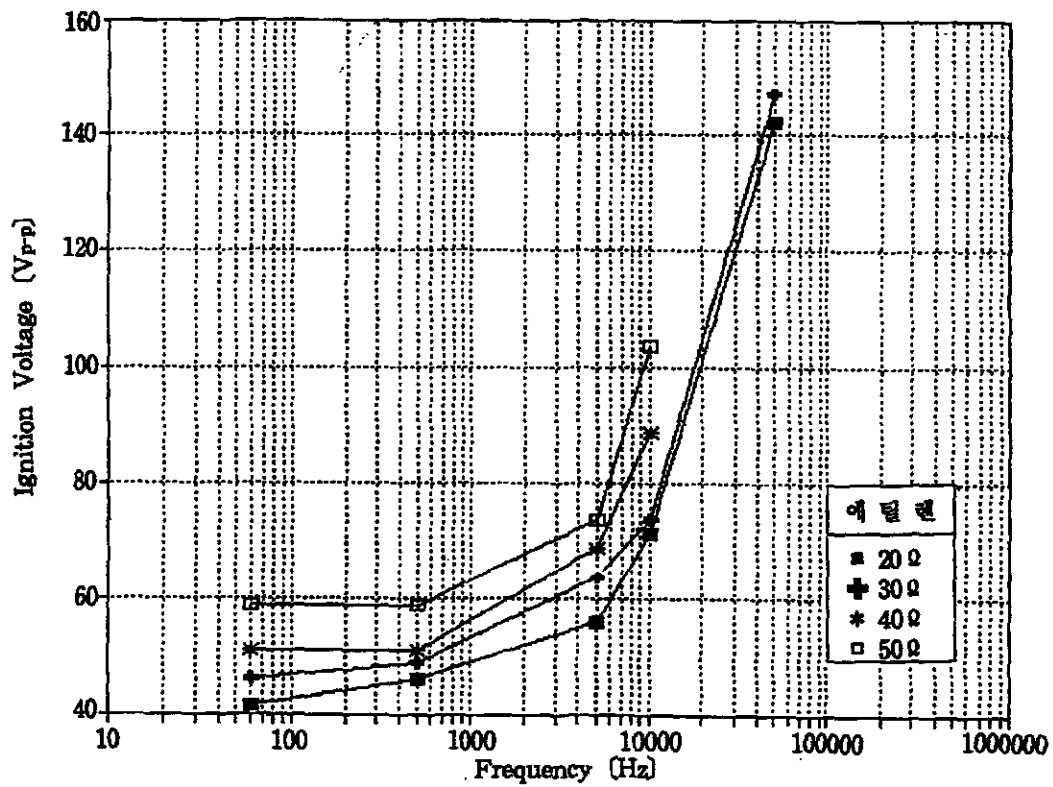


그림 2.1 대상가스 그룹별 저항성회로의 최소 점화전류



(a) 아세틸렌-공기 혼합기체의 최소 점화전압



(b) 에틸렌-공기 혼합기체의 최소 점화전압

그림 2.2 주파수에 따른 최소 점화전압

4.2.4 세부설계기준

가. 일반사항

성능검정기준	설계(안)
제4조 (방폭전기기의 종류)	
1. 일반사업장용, 가스 및 증기, 그룹 II	일반사업장용, 그룹 II
2. 내압 방폭구조 또는 본질안전방폭구조	본질안전방폭구조, IIC
- II A, II B, II C로 분류	
3. 가스 또는 증기의 분류	
- 본질안전방폭구조	
0.8 초과: A	
0.45~0.8: B	
0.45 미만: C	0.45 미만
4. 최고 표면 온도 분류	
300(℃) 초과 450(℃) 이하: T1	
200(℃) 초과 300(℃) 이하: T2	200℃ ~ 300℃: T2
135(℃) 초과 200(℃) 이하: T3	135℃ ~ 200℃: T3
100(℃) 초과 135(℃) 이하: T4	
85(℃) 초과 100(℃) 이하: T5	* Lamp의 Bulb 크기에 따라 다름
85(℃) 이하: T6	
제5조 (온도) 기준 주위온도 및 허용온도	
-20℃ ~ +40℃ 방폭구조 유지 설계	-20℃ ~ +40℃ (최악 조건: 50℃)
제6조 (일반요건)	
- 콘덴서 잔류에너지 시간지연: 주의표시	주의 표시판 부착
판 부착	
- 그룹 II A: 0.2mJ	
- 그룹 II B: 0.06mJ	
- 그룹 II C: 0.02mJ	
제7조 (플라스틱제 용기)	
1. 열적안정: 제25조의 열안정성시험 만족	열 안정성 시험에 만족하는 재료선정
2. 적임용 나사구멍	(MC, P.C. 등)
- 탭을 낸 금속제의 인서트: 용기의 플라스틱 재료중에 고정	

성능검정기준	설계(안)
- 플라스틱제 용기에 금속제 죄임나사용 탭을 낸 구멍: 해당 나사산의 형상은 플라스틱 재료에 적합 - 플라스틱제 용기에 플라스틱제 죄임나사용 탭을 낸 구멍: 나사산의 형상 및 재료는 충분한 강도와 내구성 제8조 (죄임나사용) 1. 죄임나사류 - 풀림 또는 분해불가 - 경합금제 용기의 죄임나사: 용기의 재료와 적합한 기타 재료 - 열릴 가능성이 있는 뚜껑 고정용: 경합금에 탭을 낸 것 2. 정체: 정해져 있는 경우는 그것에 의함 제9조 (인터록 장치) - 일반공구로 해체불가 제10조 (붓싱 및 단자 스티드) - 회전력 시험 만족 제11조 (고착용 재료) - 화학적 안정, 반응성 없고, 저항력 구비 - 최저 120℃에서 안정 제12조 (전선의 접속부) - 사용중의 온도, 습기: 접촉불량 없을 것 제13조 (접지단자) - 금속제 용기: 용기내외부에 설치 제14조 (접속단자부 및 단자함 등) - 외부전선의 접속단자부 필요 - 절연공간 거리 및 연면거리 규정적용 제15조 (외부전선의 인입부) - 인유기능 시험 만족 제16조 (회전전기 기계) 제17조 (개폐기) 제18조 (휴즈)	정체구조 채택 플라스틱제 용기의 경우: 불요 * 정전기 대전방치 처리 불요: 인입케이블과 일체로 제작

성능검정기준	설계(안)
- 휴즈링크의 삽입, 분해: 무전압 상태 - 인터록 장치 - 통전중 열어서는 안된다는 주의표시판 제19조 (접속기) 1. 통전중: 분리불가, 분리중: 통전불가 구조 - 인터록 구비 - 정체구조, 분리금지 주의표시판 부착: 적용 안함 2. 접속시키지 않은 경우: 전원이 없어야 함 제20조 (조명기구) 1. 광원은 램프보호카바에 의해 보호 - 가드 또는 투광성부품사용 - 기계적강도시험 만족 2. 광원을 수납하는 용기를 여는 경우 - 소켓트의 모든 극이 자동적으로 차단 - 또는 열어서는 안된다는 표시판 부착 제21조 (휴대전등 및 모자등)	주의 표시판 부착 주의 표시판 부착 가드 및 투광성 부품채택 P.C. 채택 주의 표시판 부착

나. 본질안전방폭구조

성능검정기준	설계(안)
제86조 (기기의 구분) 1. ia 기기: 정상상태, 1개의 고장을 가정한 상태 및 임의로 조합된 2개의 고장을 가정한 상태에서 점화되지 않는 것 • 정상상태 경우: 1.5 • 1개 고장을 가정했을 경우: 1.5 • 2개 고장을 가정했을 경우: 1.0 2. ib 기기: 정상상태 및 1개의 고장을 가정한 상태에서 점화되지 않는 것 • 정상상태 경우: 1.5 • 1개 고장을 가정했을 경우: 1.5, 1.0	ia기기로 설계

성능검정기준	설계(안)
제87조 (허용온도)	
제88조 (본안회로의 배선)	
- 동선의 단면적 및 최대 전류	20C×30m의 다심코아 차폐케이블
0.017 mm ² : 1.0A	0.07mm ² 로 배선
0.03 mm ² : 1.65A	치수: 0.017mm ² 이상
0.09 mm ² : 3.3A	
0.19 mm ² : 5.0A	
0.28 mm ² : 6.6A	
0.44 mm ² : 8.3A	
제89조 (기기 및 배선의 배치)	
1. 배선은 전자유도 또는 정전유도고려	차폐 Cable로 처리
2. 전선의 전기적 특성 및 길이를 정할 것	
제90조 (전기부품의 설치)	
- 절연공간거리 유지	
제91조 (용기)	
① IP20 이상의 용기에 수납	IP20이상
② 기기의 보호등급 시험 만족	
제92조 (외부배선의 접속)	
1. 단자대에 의한 접속	
- 본안기기의 본안회로의 단자대: 50mm 이상 이격	50mm이상 이격
- 본안회로의 단자와 접지단자와의 절연공간거리 (ia기기: 6mm 이상, ib기기: 3mm 이상)	
2. 커넥터에 의한 접속	
- 오접속 방지구조	오접속 방지 Plug & Socket 구조
3. 본안회로 외부배선 접속부표시: 밝은 청색	
제93조 (연면거리 및 절연공간 거리)	
- 연면거리 및 절연공간 거리	최소 3mm이상
- ia기기의 경우, 60Vp이하	
- 연거거리: 3mm이상	
- 절연공간거리: 3mm이상	
제94조 (접지)	

성능검정기준	설계(안)
1. 접지할 경우: 본안회로 성능의 손상방지 2. 고장전류에 안전 3. 외부의 접지선을 접속하는 단자: 접지단자 제95조 (전기회로의 절연내력) 1. 본안회로와 접지 부품: 최소 500V 2. 본안회로와 비본안회로: 최소 1500V 제96조 (내부에서의 배선) 1. 전선의 절연 - 최소 500V 절연내력 - 동일용기내의 본안회로와 비본안회로: 최소 1500V 절연능력의 전선 2. 본안회로의 전선과 비본안회로의 전선과의 간격: 기준 절연공간거리의 값 이상 제97조 (안전유지부품의 정격) - 안전유지부품: 정격전류, 정격전압 또는 정격 출력의 % 이하의 값에서 사용 제98조 (내부에서의 커넥터) - 기판플러그 및 접속식 부품: 오접속방지 제99조 (전지) 제100조 (계전기) 제101조 (전원변압기) 1. 입력회로: 차단용량의 휴즈, 회로 차단기 2. 2차권선: 다른 권선에서 분리 - 권선형 - 중첩권선형 제102조 (결합트랜스) - 구조 및 성능: 제101조 적합 - 1차권선과 2차권선: 최대 정격전압의 2배에 1,000V 가산 제103조 (제동권선) - 이음매 없는 금속관 - 선간을 납땜한 권선 제104조 (전류제한 저항기)	접지 불요 최소 2000V이상 최소 2000V이상 부품정격: 가능한 한 큰 것 채택 오접속방지의 Plug-in Board 방식 혼촉 방지판 삽입구조

성능검정기준	설계(안)
- 피막형 또는 권선형 제105조 (저지용 콘덴서) 1. 콘덴서를 2개 이상 직렬 접속한 조립체 - 전해 콘덴서, 탄탈륨콘덴서: 저지용 콘덴서로 사용불가 2. 조립체 단자사이 전압×2+1,000V	권선형
제106조 (분로용 안전유지부품) - 안전유지부품: 2개 이상 병렬연결	Zener Diode 사용 (VRD)
제107조 (다이오드형 안전유지기) ① 2개이상 병렬접속한 전압제한용 다이오드, 저항기 또는 휴즈로 구성 ② 다이오드형 안전유지기 - 실수 방지 구조 - 접지용 접속부 설치 - 본안 회로 접속부: 50mm 이상 이격 - 부품: 절연물에 의하여 일체화 ③ 저항기의 정격 - 조립체를 구성하는 저항기: 제104조 - 보호저항기의 소비전력: 정격전력 2/3 초과하지 않을 것 ④ 휴즈의 정격: 해당 다이오드의 정격전력의 2/3를 초과하지 않는 특성의 휴즈	
제111조 (표시) 1. 다른 기호가 삽입될 경우: []에 넣어 표시 2. 명시고장: X 3. 다이오드형 안전유지기: 최대 전압의 값 4. 본안기기 및 본안관련기기: 형식명칭 및 제조번호	Ex ia IIC T2 ~ T3 IP20

2.3 기초설계를 위한 사전조사

2.3.1 삼파장 형광램프

사람의 눈이 감지할 수 있는 가시광선 (380nm~760nm)을 분광 분석해 보면 청

자색에서 적자색까지 빛이 분포되어 있다. 그런데 사람의 눈은 녹색 (560nm)에서 밝기를 감지하는 특성이 가장 높기 때문에 녹색대에 빛을 집중시키면 매우 밝게 느껴지지만 빛의 분포가 한쪽으로 치우쳐서 연색성이 떨어지게 되며 반대로 연색성을 좋게 하기 위하여 색의 분포를 넓게 하면 밝기가 떨어진다. 대체적으로 색은 청, 녹, 적의 파장대에서 색을 가장 잘 느낄 수 있다.

따라서 사람의 눈이 가장 밝게 느끼는 녹색 파장대와 색을 가장 강하게 지각하는 적색, 청색, 녹색 3개를 집중시키면 밝기와 연색성을 동시에 향상시킬 수 있는 것이다. 이것을 이용한 것이 3파장 형광램프이며 삼파장 형광램프의 특징으로는

- 1) 삼파장 형광램프는 측정상의 광속치가 높고 또한, 연색 평가수가 높을 뿐만 아니라 실제 이 램프로 조명할 경우 백색형 형광램프로 조도 1에 대하여 삼파장 램프는 0.7의 조도로 밝기가 같게 느껴진다.
- 2) 물체색을 선명하고 좋게 연색하는 것이다. 일반 형광램프의 연색성이 70인데 비하여 삼파장 형광램프의 연색성은 84이다.
- 3) 삼파장 형광램프로 조명하면 물체가 선명하게 보이는 효과가 있다.

국내의 국제조명주식회사에서 제시하는 카탈로그 상의 3파장 램프 Data의 일례는 다음 표 2.1과 같다.

표 2.1 삼파장 램프정격 (예)

구분	적용램프	정격전압 [V]	소비전력 [W]	입력전류 [A]	외경 [D]	전장 [L]	중량 [g]	광속 [lm]	색온도 [°K]
주백색 20W	FDL 18EX-L	220	20	0.15	52	150	115	1250	5000

3파장 램프는 에너지 절약형, 고효율 인정제도에서는 바람직하나 형광램프의 단점인 높은 전압 구동 때문에 본 연구의 목적인 최소 점화에너지인 전압×전류를

그림 2.1에 나타난 바와 같이 IEC의 설계기준 데이터와 비교하면 그룹 IIC의 220V의 경우 점화전류가 14 mA이므로 안전을 1.5배를 적용하면 본질안전방폭구조는 적용할 수가 없다. 이 경우 100W 급 휴대전등으로 하려면 내압, 안전증방폭구조로는 가능하며 20W×5개의 전구를 분할하여 접지선을 포함한 10 Core Cable 이 필요하게 된다.

2.3.2 압축공기 발전기를 이용한 조명장치

외부의 압축공기에 의해 조명기구에 내장된 발전기를 구동하여 얻은 전력을 이용한 이동등도 개발되어 이용되고 있다. 다음 표 2.2는 국내에서 시판되고 있는 압축공기 발전기 및 조명장치의 사양이며 그림 2.3은 그 외형사진을 나타낸 것이다.

표 2.2 압축공기 발전기 및 조명장치의 사양

구분	수은등	백열등
조도 [lux]	3800	1500
전압 [V]	11.5	12
용량 [W]	80	100
무게 [kg]	11.5	14
발전기	- 출력 : 900 W - 전압 : 24 V - 전류 : 35 A - 무게 : 25 kg - 작동압력 : 6 Bar	

압축공기 발전기를 이용한 이동등은 가연성가스와 점화원이 접촉되지 못하도록 하는 압력방폭구조가 가능하나 여러 장점에도 불구하고 개인이 휴대하기에는 너무 무겁다. 앞서 언급한 바와 같이 최소 점화에너지를 초과하기 때문에 본질안전방폭구조는 불가능하다.

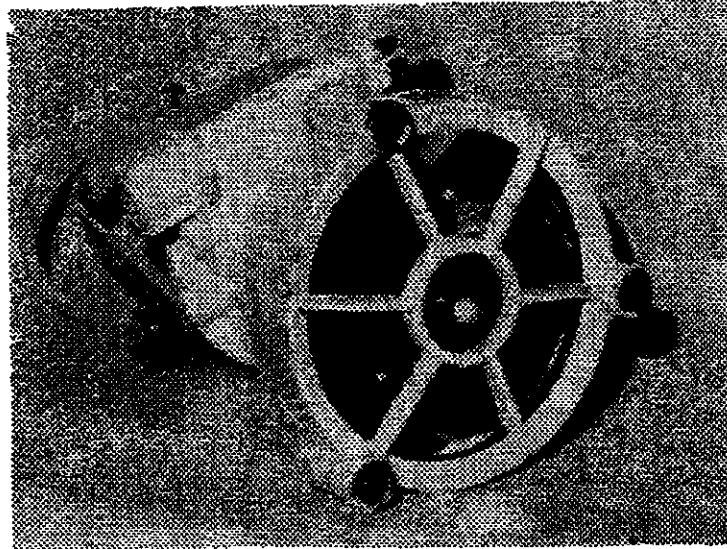


그림 2.3 압축공기 발전기를 이용한 조명장치의 외형사진

2.3.3 일반형광등을 이용한 작업등

그림 2.4와 같이 일반형광등을 이용한 방폭형 작업등도 외국의 경우 개발되어 사용되고 있으나 이 역시 본질안전 방폭구조를 채택하기에는 부적합하다. 그림 2.4는 일반 형광등을 이용한 “Specialty Lighting, INC”사의 작업등 (13W, ClassI-Div.1)을 나타낸 것이다.

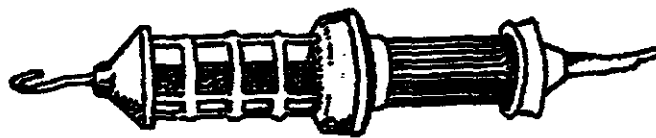


그림 2.4 형광등을 이용한 방폭형 작업등

2.3.4 복수 개의 전구를 이용한 작업등

작업등의 특성상 내진 구조를 갖는 자동차용 전구를 채택하여 100W 급·단일 전구를 복수 개의 전구로 대체하면 본질안전방폭구조로 가능하기 때문에 중점적으로

검토하였다.

백열전구의 필라멘트는 감는 방법에 따라 코일 필라멘트 (Coiled Filament)와 2중코일 필라멘트 (Coiled Coiled Filament)로 구분한다. 필라멘트는 고온점등시 증발되어 장기간 사용하게 되면 가늘어져 증발 금속분자가 유리구 내벽에 부착되어 흑화 (Blacking)가 일어나서 광속감퇴 요인이 된다. Single Coil은 내진성이 좋고 Double Coil은 효율 및 수명측면에서 유리하다. 24V용은 대체적으로 Double Coil이다.

전구의 성능은 효율, 수명, 밝기를 모두 고려하여 선택하여야 한다. 일례로 자동차용 백열전구 (10W, 24V용)은 유리구 내에 알콘과 질소를 85 : 15의 비율로 가스를 봉입한다. 가스압력 (약 600mmHg)으로 텅스텐의 증발을 억제하여 수명을 길게 하고 고온으로 유지되므로 발광효율이 높게 된다. 이때 질소가스의 함량을 증가시키면 유리구 내의 온도를 낮출 수 있으나 전구의 밝기도 함께 낮아지는 단점이 있다.

발화온도와 가장 밀접한 램프 Bulb의 크기는 동일 소비전력에서 여러 가지 크기로 선택할 수 있으나 작업등의 크기와 직접 관련되므로 경제성, 사용상의 편리성 등을 검토한 후 선택하여야 한다.

그림 2.5는 필라멘트가 2조로 10W/25W 겸용인 24V용이며 이는 시제품 A형에 적용한 것이다. 그림 2.6은 12V, 10W의 전구의형을 나타낸 것이며 시제품 B형에 적용한 전구이다. 그림 2.7은 12V, 10W의 전구의형을 나타낸 것이며 시제품 C형에 적용한 전구이다.

표 2.3은 백열전구에 관련된 KS 규격을 정리한 것이며, 표 2.4는 KS 규격에서 정하는 백열전구의 특성치이다.

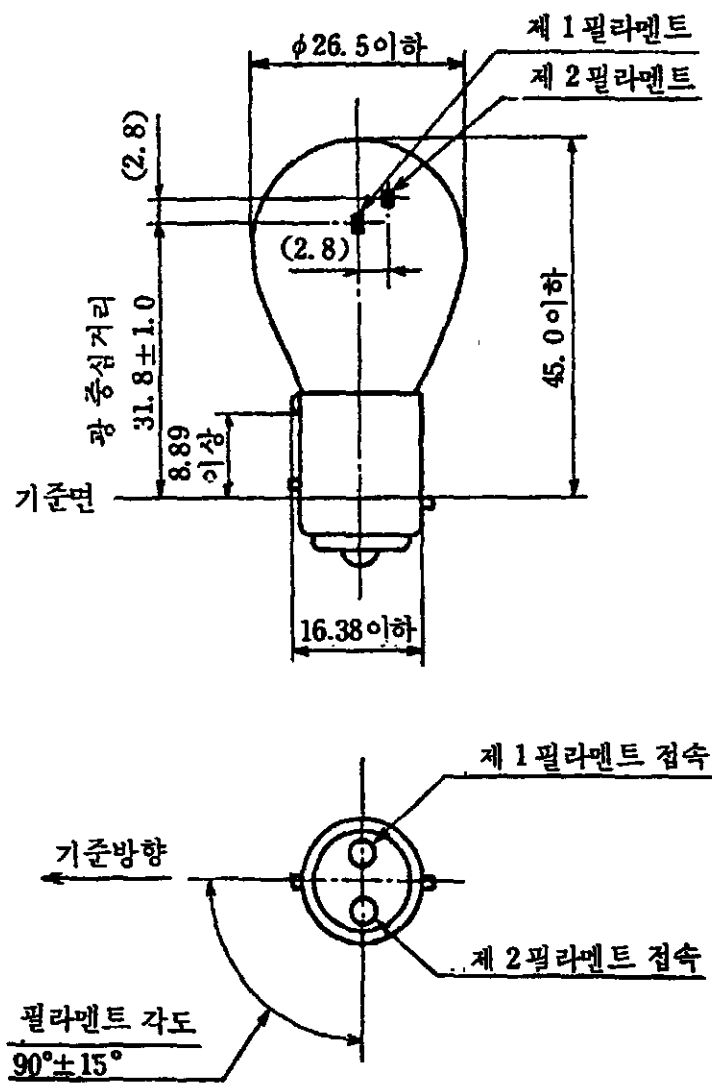


그림 2.5 전구외형-1 (24V, 10W/25W)

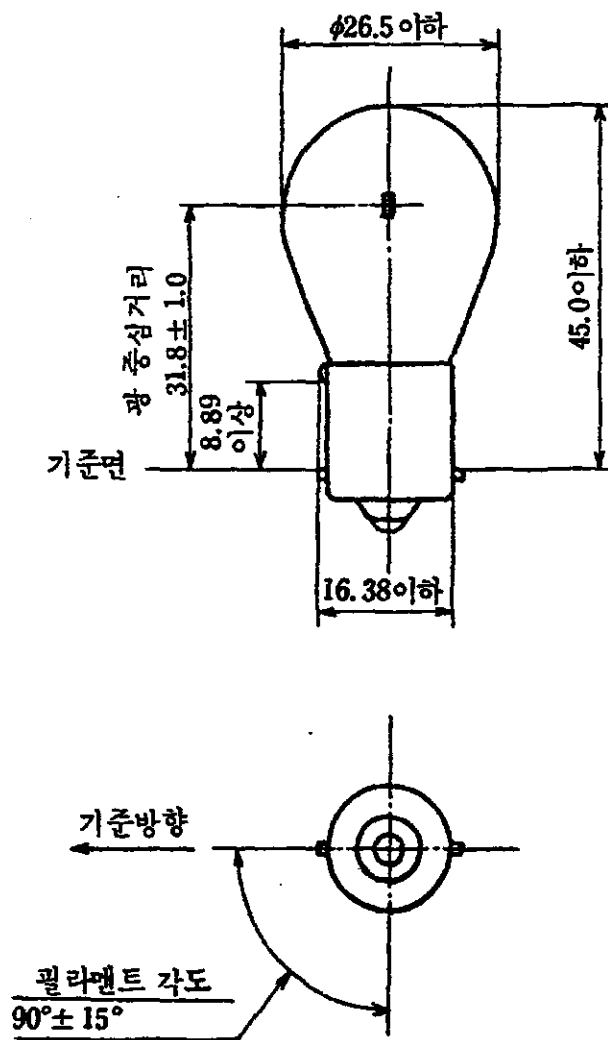
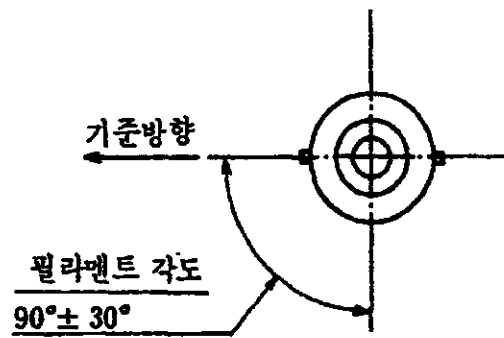
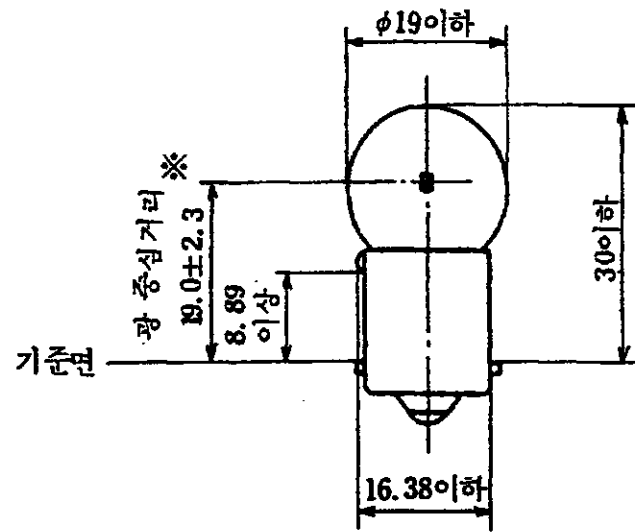


그림 2.6 전구외형-2 (12V, 10W)



※ { M 1848의 경우는 20.6 ± 2.3
 M 1877의 경우는 20.0 ± 2.3

그림 2.7 전구의형-3 (12V, 10W)

표 2.3 백열전구에 관련된 KS 규격

구분 규격 및 명칭	전압종류 [V]	소비전력종류 [W]	Bulb크기	광속 [lm]	효율 [lm/W]	수명 [h]
KSC 7501 백열 전구	110, 120, 220	10, 20, 30, 40, 60, 100, 150, 200	50 ϕ × 160L	57~ 3250		1000 1500
KSC 7502 자동차용 전구	6, 12, 24	1.2~70				
KSC 7505 휴대전등용 전구	1.1, 2.2, 2.5, 3.8, 4.8, 7.2		22.5~28L 9.2~11.0 ϕ			
KSC 7506 배전반용 전구 (Switch Board)	18, 140	2, 15, 20 5	14 ϕ ×34L 20 ϕ ×75L 55 ϕ ×98L	(12) 90 140	(6) 6 7	900 900 1800
KSC 7507 철도신호용 전구	10, 24, 30, 50	5, 10, 12, 16, 20, 15, 40, 25	35~60 ϕ 57~90L			
KSC 7508 철도차량용 전구	24, 28, 32, 72, 75, 85	10~250	19~115 ϕ 30×165L			
KSC 7510 전화교환기용 전구	4, 12, 24, 30, 48, 6.3, 3, 60	17mA~210mA	6.5 ϕ ×43L	0.3~ 8		1000 0
KSC 7512 자전거발전등용 전구	6	0.5~6.0	11~19 ϕ 23L~28L	33~ 78		60~ 200
KSC 7513 사진감도측정용 전구			64 ϕ ×139L			
KSC 7514 투광기용 전구	100, 220	250~1500	95~165 ϕ 123~232L			
KSC 7516 녹음재생기용 전구	4, 6, 10	0.75A~5A	50~78L			50~ 100
KSC 7517 적외선 전구						
KSC 7518 영사용 전구	8, 12, 100, 105~130, 220~250	100, 150, 300~ 1500	66 ϕ ×300L			25~50
KSC 7520 라디오패널용 전구	2.0, 6.3		10 ϕ ×28L			1000, 2000
KSC 7522 네온램프	100, 220		6~27 ϕ 18~86L			7500~ 20,000
KSC 7523 할로젠램프	100, 220	75~500			16~ 21	750~ 1000

표 2.4 백열전구의 특성치

구분 전구종류	전구 번호	형식	시험 전압 [V]	전류 [A]	소비 전력 [W]	전광속 [lm]	효율 [lm/W]	정격 수명	용도
자동차용 24V	M3264	A24V /25 /10W	28	0.90 ± 0.09 0.36 ± 0.04	(25.2) (10)	400 ± 48 40 ± 10	(15.9) (4)	250 2000	후미등, 제동등, 차폭등, 주차등, 방향지시등
백열전구 110V, 100(95)W	KS C 7501		정격 전압 110		100 (95)	1420	85** 이상	1000	
백열전구 120V, 100(95)W	KS C 7501		120		100 (95)	1400	85** 이상	1000	
백열전구 220V, 100(95)W	KS C 7501		220		100 (95)	1250	85** 이상	1000	
백열전구 110V, 10W	KS C 7501		110		10	70	72** 이상	1500	
백열전구 120V, 10W	KS C 7501		120		10	69	72** 이상	1500	
백열전구 220V, 10W	KS C 7501		220		10	57	72** 이상	1500	
남영제품 220V, 100W						1300			
남영제품 220V, 60W						660			
철도차량용 전구	KS C 7508	R24V, 10W	24		10 ± 0.8	88 ± 18	8.8 ± 1.0	1000	예열등
철도차량용 전구	KS C 7508	R24V, 10W	24		10 ± 0.8	88 ± 18	8.8 ± 1.8	1000	실내등
자동차용 6V	M1819A	A6V, 10W	6.75	1.48 ± 0.14	(10)	125 ± 25	(12.5)	200	차폭등, 방향지시등
자동차용 6V	M3234	A6V 10/3W	6.5	1.54 ± 0.15	(10)	120 ± 14	(12)	300	후미등, 제동등, 방향지시등, 주차등, 차폭등
			7.0	0.41 ± 0.04	(2.9)	20 ± 5	(7)	1000	
자동차용 12V	M9436	A12V, 10W	13.0	0.77 ± 0.08	(10)	120 ± 14	(12)	400	차내등
자동차용 12V	M9437	A12V, 10W		0.77 ± 0.08	(10)	120 ± 14	(12)	400	
자동차용 12V	M1853	A12V, 10W	13.5	0.74 ± 0.07	(10)	125 ± 25	(12.5)	200	차폭등, 후미등

- 비고: 1. *는 백색 박막도장 전구임
 2. **는 광속 유지율을 나타냄
 3. 괄호 내의 수치는 참고치임

표 2.4를 검토해 보면 동일전압에서 소비전력이 증가할 수록 광속이 증가하나 동일 소비전력에서 전압이 증가할 수록 광속은 저하한다.

2.4 기존 샘플의 분석

2.4.1 국내 샘플의 사양

기초설계를 위한 초기 단계로 우선 방폭성능검정 규격에 합격하여 유통되고 있는 국내제품 작업등의 현황을 조사하였는 바 그 사양은 다음 표 2.5와 같다.

표 2.5 국내샘플 사양

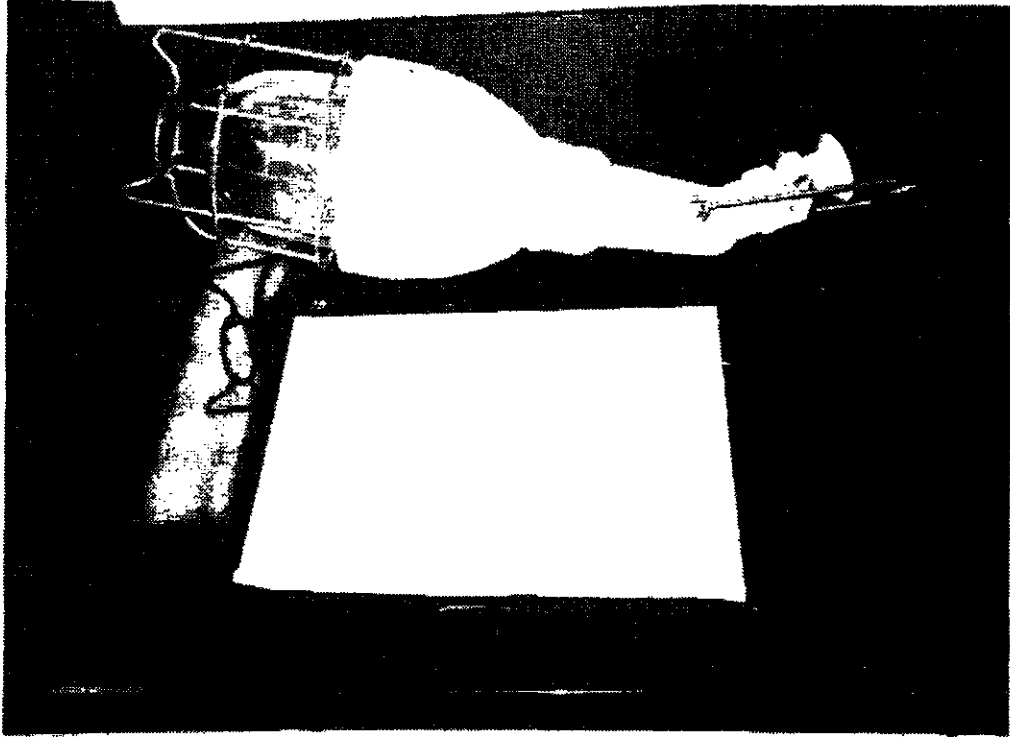
구분 \ 제조자	한강산업전기	남북전기	대양전기
정격	110/220V, 100W	110/220V, 100W	250V, 100W
형식번호	HK-1HL-01	NB-EHDL	PHL-01
방폭등급	Ex e II T1	Ex d IIB T4	Ex d IIB T3
총무게	2515g	2810g	2150g(소켓, 램프제외)

조사결과를 분석해 보면 방폭구조는 내압, 안전증 두 가지 구조로 100W 급 단일전구로 제작되었으며, 그 무게는 대략 2.5kg 정도이다.

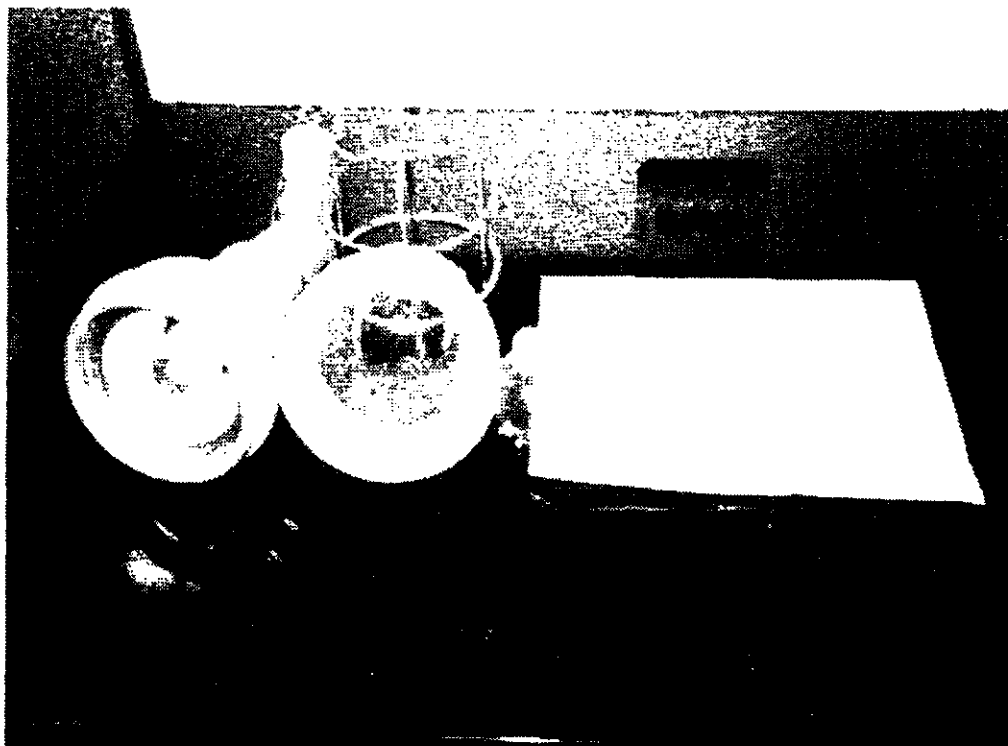
국내샘플 중에서 총무게 중에 가장 큰 비중을 차지하는 부분은 몸체이었으며, 그 재질은 알루미늄 합금으로 되어 있다. 이들 비율은 한강산업전기 (약 58%), 남북전기 (약 55%), 대양전기 (약 42%) 순이었다. 아울러 국내제품 중에는 램프가 몸체 안쪽으로 너무 깊숙이 장착되어 광각의 면에서 불리한 점도 있다.

기타 국내샘플 조사로는 우창전기, 서강전기, 현대방폭전기 등에도 카타로그상에
서 100W 급은 2.7~3.0kg, 200W 급은 3.0~3.5kg으로 조사되었다.

그림 2.8에서 그림 2.10까지는 조사된 국내샘플의 외형 및 분해사진을 나타낸 것
이다.

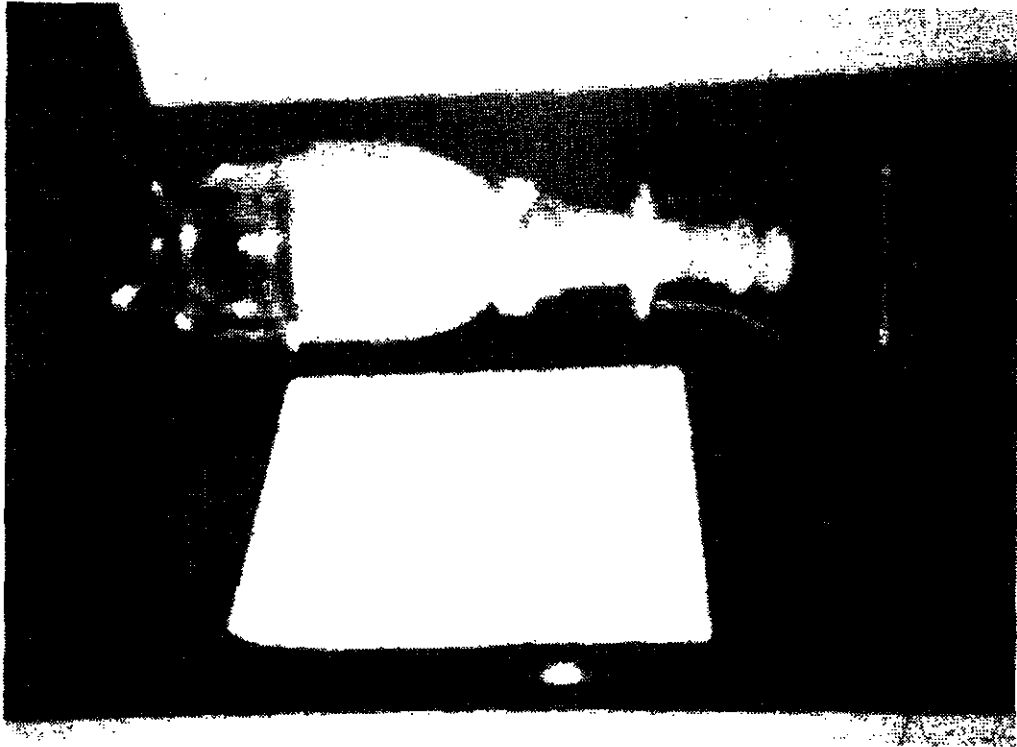


(a) 조립사진

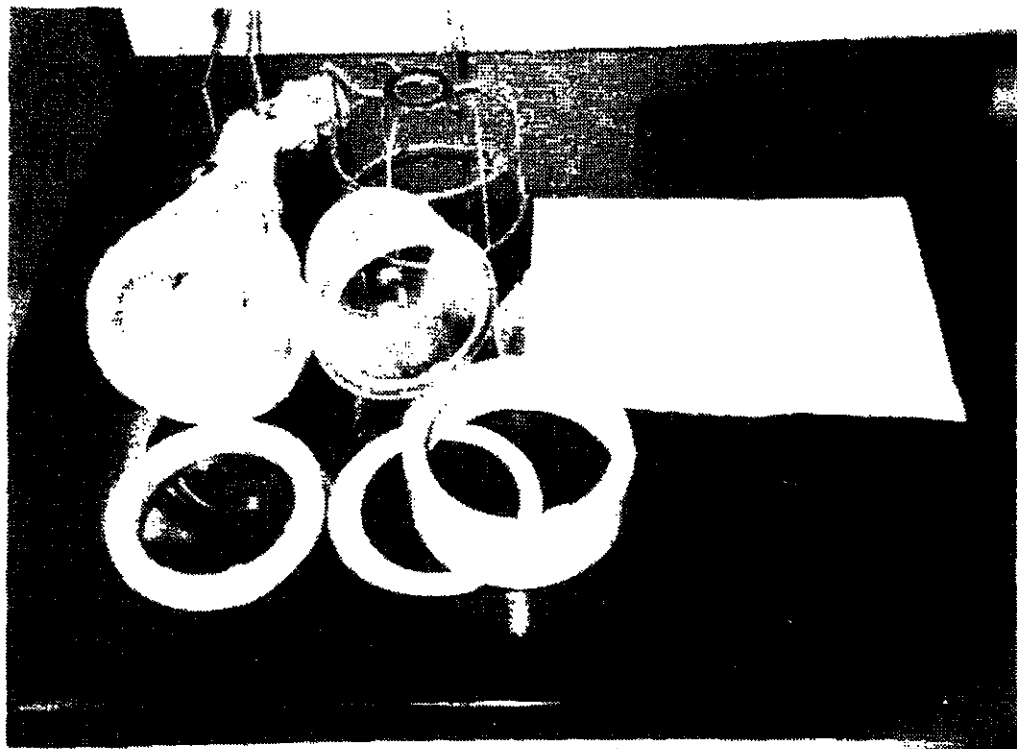


(b) 분해사진

그림 2.8 샘플사진-1 (한강산업전기)

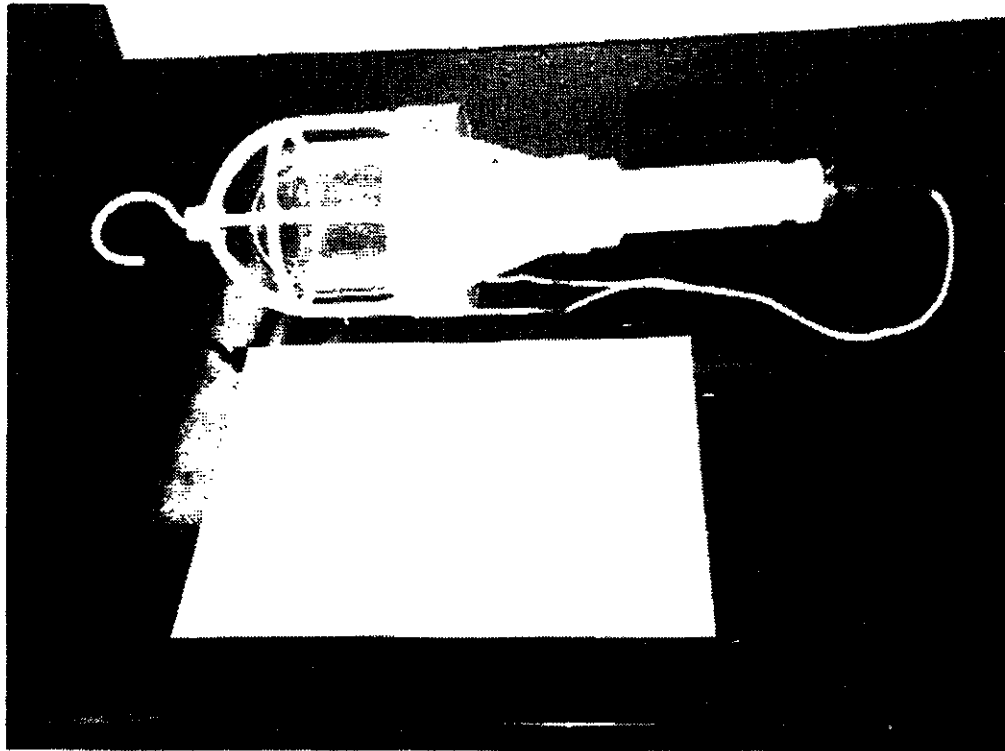


(a) 조립사진

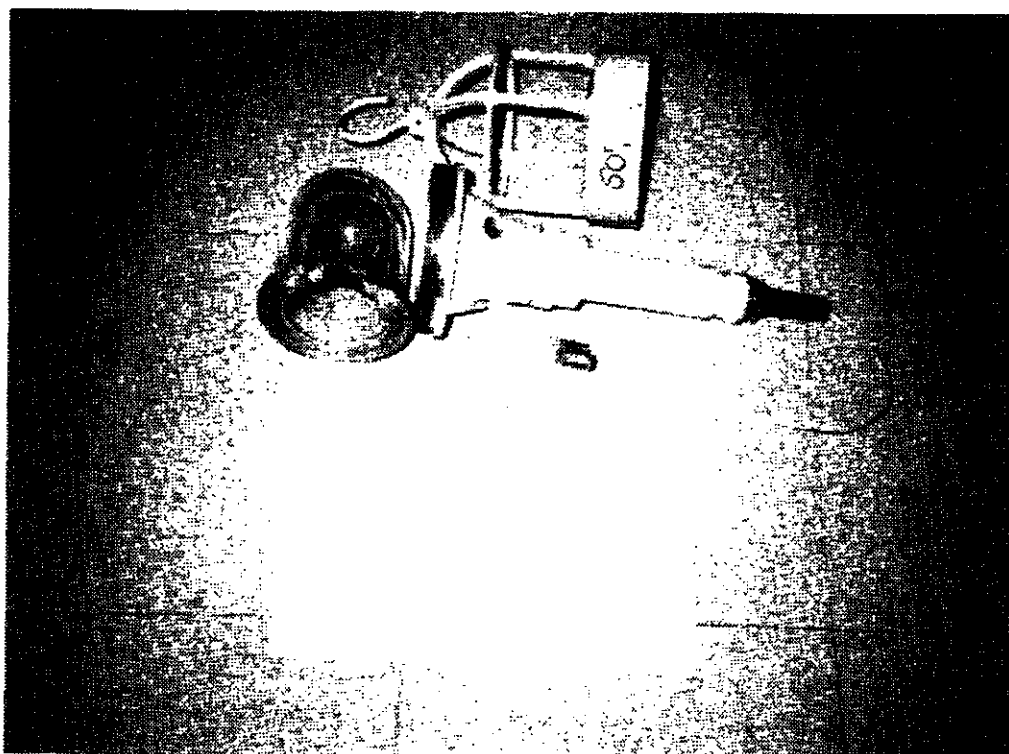


(b) 분해사진

그림 2.9 샘플사진-2 (남북전기)



(a) 조립사진



(b) 분해사진

그림 2.10 샘플사진-3 (대양전기)

2.4.2 국외 샘플의 사양

국외의 경우 작업등의 생산회사는 대단히 많으나 모두 구입하여 분석한다는 것은 국내제품에 비해 고가이기 때문에 경제적으로 부담이 되어 연구목적에 부합되는 대표적인 모델의 2개회사에 한정하여 수집·분석하였다. 표 2.6은 실제 조사된 외국샘플의 사양을 나타낸 것이며, 표 2.7은 입수한 카탈로그로 부터 조사된 내용이다.

표 2.6 외국샘플 사양-1

구분 \ 제조자	STEWART R. BROWNE MFG. CO.	STAHL
정격	277V, 100W, Max.	220~230V, 25~60W 24~42V, 25~60W
형식번호	XP-162	6147/1-2
방폭등급	Class I, Groups C&D	EEx eII T2~T4 IP55
총무게	1785g	2415g

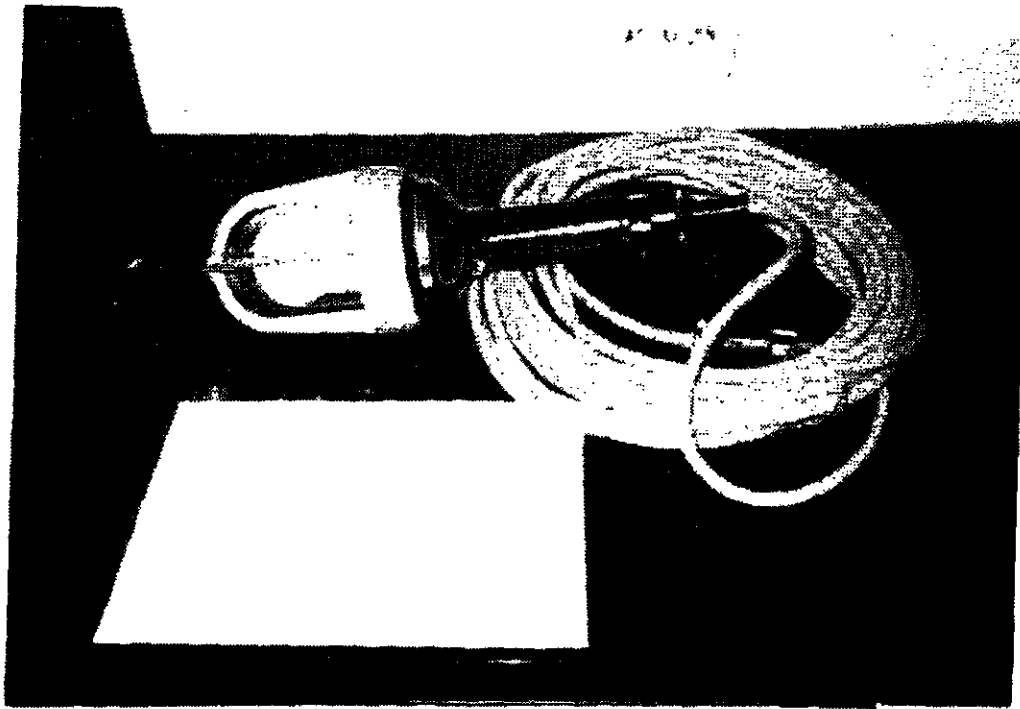
표 2.7 외국샘플 사양-2

구분 \ 제조자	Appleton	Cross-Hinds	KILLARK
정격	60~100W 200~300W	50~100W	100W
형식번호	AHL 100 AHL 200	EVH 106 EVH 206	XHL-100
방폭등급	Class I, Div. 1 and 2 Group C & D	Class I, Group C, D	Class I, Div. 1 & 2 Group C, D
총무게	?	4 1/4lbs (약 1930g)	?

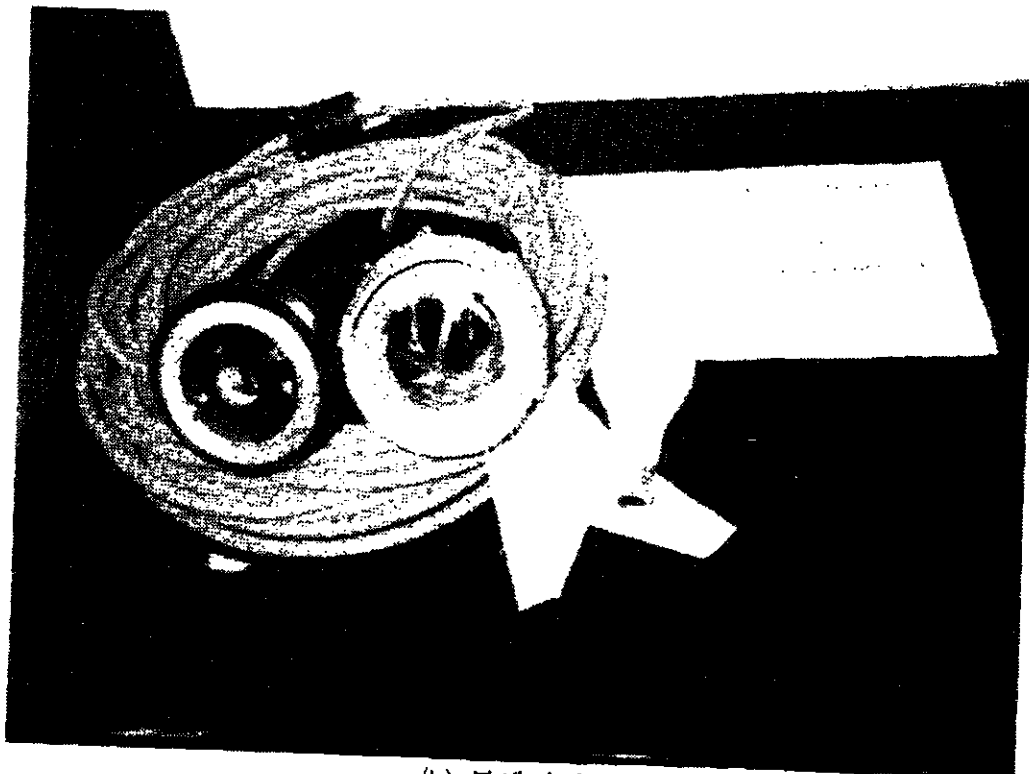
조사결과를 분석해 보면 방폭구조는 국내샘플과 동일하게 두 가지 구조이지만 작업등에 내장하는 단일전구의 소비전력을 다양하게 하여 사용자가 선택하여 사용할 수 있으며 그 무게는 국내 샘플보다 약 25% 정도 가볍다.

외국샘플 중에서 총무게 중에 가장 큰 비중을 차지하는 부분은 몸체 (STEWART 社)와 가드 (STAHL 社)이었으며, 이들 비율은 STEWART (약 44%), STAHL (약 31%)이었다.

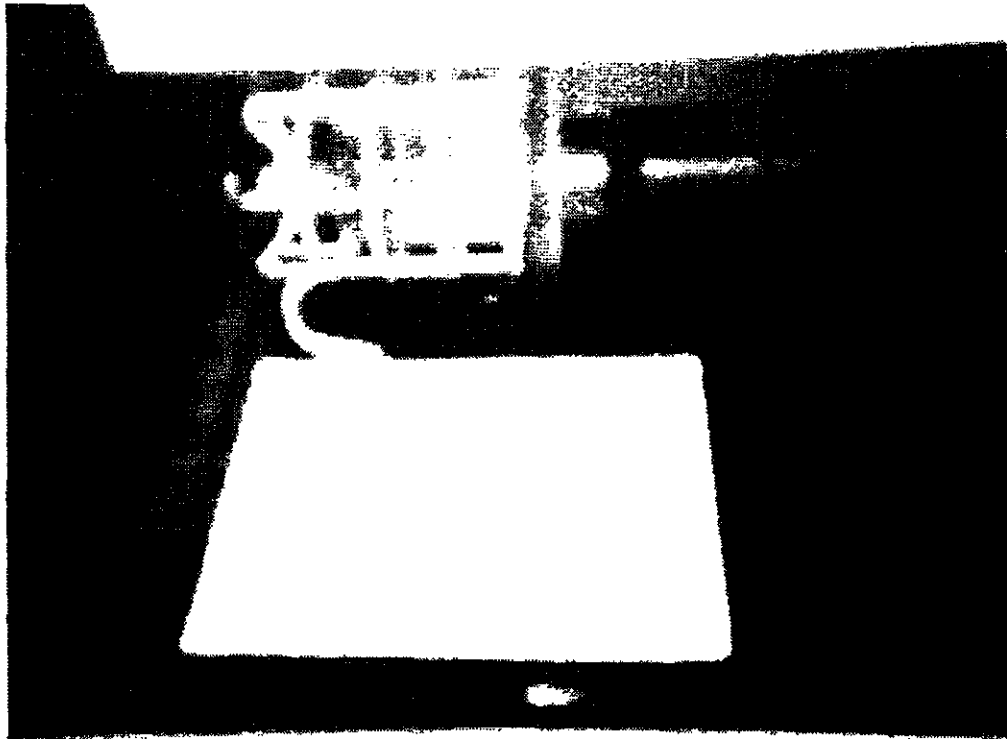
그림 2.11에서 그림 2.12까지는 조사된 외국샘플의 외형 및 분해사진을 나타낸 것이다.



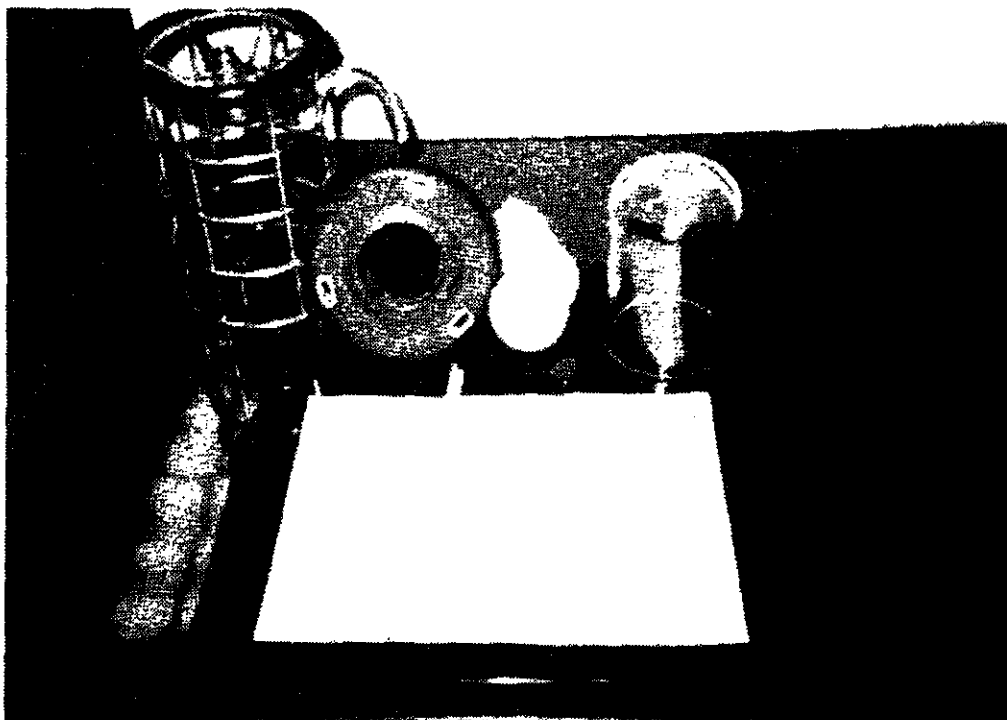
(a) 조립사진



(b) 분해사진
그림 2.11 샘플사진-4 (STEWART)



(a) 조립사진



(b) 분해사진

그림 2.12 샘플사진-5 (STAHL)

제3장 광학적 물성평가

3.1 서 론

본 장은 휴대용 작업등에 내장된 전구의 광학적 물성치 측정 및 이론정립을 위하여 기존의 샘플과 개발품의 기준을 설정키 위해 한국기계연구원에 용역 의뢰하여 그 결과를 수록한 것이다. 특히, 휴대용 방폭형 작업등에 있어서 기존의 100W 급 단일전구를 복수의 소형전구로 대체하였을 때의 광학적 특성을 측정 및 분석하여 시제품 설계, 제작 및 평가에 필요한 광학적 자료를 얻고자 하였다.

3.2 광학의 개요

3.2.1 측광량과 단위

1. 방사속 (radiant flux)

방사속이라 함은 에너지 방사의 시간적 비율 즉, 단위시간에 어떤 면을 통과하는 방사에너지의 양이며 단위는 와트 (Watt: W)이다.

2. 광속 (luminous flux)

방사속 중에서 사람의 눈에 빛의 느낌을 주는 것은 어느 파장범위 내의 것이다. 가시범위의 방사속을 눈의 감도를 기준으로 하여 측정한 것을 광속이라 한다. 광속의 단위는 루우멘 (lumen: lm)이며 단위시간당에 통과하는 광량이다.

3. 광량 (quantity of light)

광량이란 광속의 시간적 적분으로 단위는 루우멘時 (lumen-hour: lm-h)이며 전구가 전 수명 중에 방사한 빛의 총 량으로 조명경제 등의 계산에 사용된다. 미소

시간 $dt[h]$ 에 통과하는 광의 양을 $Q[lm \cdot h]$ 라 하고 광속을 $F[lm]$ 라 하면,

$$F = \frac{dQ}{dt}, \quad dQ = F \cdot dt, \quad Q = \int_0^t F dt [lm \cdot h] \quad (3.1)$$

광량은 전구가 그의 수명중에 발산한 광의 양을 표시할 때 사용된다.

4. 광도 (luminous intensity)

모든 광원은 어느 정도의 크기와 넓이를 가지고 있다. 이것도 비교적인 것으로, 태양과 같이 지름이 약 $1.392 \times 10^3 [km]$ 인 거대한 것도 태양으로부터 약 $1.495 \times 10^8 [km]$ 떨어져 있는 지구에서는 점으로 보인다. 일반적으로 광원 크기 10배 이상의 거리에서는 이 광원을 점으로 보아도 무방하다.

모든 방향으로 광속이 발산되고 있는 점광원에서 어떤 방향의 광도라 함은 그 방향의 단위입체 각에 포함되는 광속수 즉, 발산광속의 입체각 밀도를 말한다. 지금 미소입체각 dw 내에 포함되는 광속 dF 가 있으면 그 광원의 화살표로 표시된 방향의 광도 I 는

$$I = \frac{dF}{dw}, \quad dF = I \cdot dw \quad (3.2)$$

만약 입체각 w 내에서 광속이 균등하여 F 라 하면 이 입체각의 모든 방향의 광도 I 는 다음과 같이 된다.

$$I = \frac{F}{w}, \quad F = Iw \quad (3.3)$$

광도의 단위는 캔들 (candle: cd)이며, 이것은 백금의 용고점에서의 흑체방사의 휘도를 $60 [cd/cm^2]$ 으로 하는 광도단위로서 1942년 이후 국제적으로 채용되고 있다.

점광원으로부터 모든 방향으로 균등하게 광속이 발산되면

$$I = \frac{F}{4\pi} \quad (3.4)$$

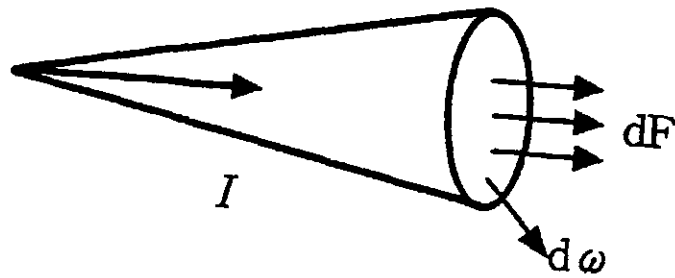


그림 3.1 발산 광도의 개념도

5. 조도 (illumination)

어떤 물체에 광속이 투사되면 그 면은 밝게 비추어진다. 그 정도를 표시하는 데 조도를 사용한다. 어떤 면의 조도는 그 면에 투사되는 광속의 밀도를 말한다.

표조면의 미소면적 $dA[m^2]$ 에 투사되는 광속이 $dF[lm]$ 이면 그 미소면의 조도 E 는

$$E = \frac{dF}{dA}, \quad dF = E \cdot dA \quad (3.5)$$

만약 면적 $A[m^2]$ 에 균등하게 광속 $F[lm]$ 이 투사되면 그 면의 평균조도 E 는

$$E = \frac{F}{A}, \quad F = EA \quad (3.6)$$

조도의 단위는 룩스 [lux: lx]로, 이것은 $1[m^2]$ 에 $1[lm]$ 의 광속이 투사되고 있을 때의 조도이다.

$$1 [lx] = 1 [lm/m^2] \quad (3.7)$$

그리고 $1[\text{lm/m}^2]$ 로 표시되는 단위를 포트 (phot: ph)라 하며

$$1 [\text{ph}] = 100 \times 100 [\text{lx}] = 10000 [\text{lx}] \quad (3.8)$$

광도 $I[\text{cd}]$ 인 균등 점광원을 반지름 $R[\text{m}]$ 의 구의 중심에 놓을 경우, 구면위의 모든 점의 조도 E 는

$$E = \frac{F}{A} = \frac{4\pi I}{4\pi R^2} = \frac{I}{R^2} [\text{lx}] \quad (3.9)$$

즉, 구면 위의 조도는 광원의 광도에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 이와 같이 어떤 점광원의 어느 방향의 광도가 $I[\text{cd}]$ 일 때 $R[\text{m}]$ 의 거리에 있는 빛의 방향에 수직인 면 위의 조도는

$$E_n = \frac{I}{R^2} [\text{lx}] \quad (3.10)$$

이것을 조도의 역자승의 법칙 (inverse square law)라 하며 조명에서의 기본법칙의 하나이다.

광원이 점광원이 아니고 R 이 적으면 역자승의 법칙은 적용되지 않는다. 이와 같은 경우는 광원을 미소면적으로 나누어서 하전체에 의한 전기력 계산의 경우와 같이 구해진다.

다음과 같이 어떤 평면 $A[\text{m}^2]$ 가 평행광선에 의한 광속 $F[\text{lm}]$ 의 쏠임을 받을 경우, 이면의 조도 $E_n[\text{lx}]$ 는

$$E_n = \frac{F}{A} [\text{lx}] \quad (3.11)$$

여기서 A 는 광선에 수직인 면이다. 광선의 방향에 대하여 면의 법선이 각 θ 를 이루는 평면 A' 를 고려하면, 그 면적은 $A' = A/\cos \theta [\text{m}^2]$ 이며, 이 면의 전면에 균

등하게 $F[\text{lm}]$ 인 광속이 투사되므로 A' 면 위의 조도 E' 는

$$E' = \frac{F}{A'} = \frac{F}{A/\cos \theta} = E_n \cos \theta \quad (3.12)$$

다음 광도 $I[\text{cd}]$ 인 경우를 생각하여 보면 피조면 A' 에 대한 법선 PN이 빛의 투사방향 IP와 각 θ 를 이룰 경우 (그림 3.2 참조), 점 P의 둘레에 미소 면적을 잡고 광원과 점 P와의 거리 R이 크면 점 P의 부근에서는 평행광선으로 생각되므로 평면 A' 위의 조도 $E'[\text{lx}]$ 는,

$$E' = E_n \cos \theta = \frac{I}{R^2} \cos \theta \quad [\text{lx}] \quad (3.13)$$

여기서 E_n 은 광선에 수직인 면 A 의 조도이다.

즉, 어떤 면 위의 임의 한 점의 조도는 광원의 광도 및 $\cos \theta$ 에 비례하고 거리의 제곱에 반비례한다. 이와 같이 입사각 θ 의 여현에 비례하는 것을 입사각 여현 법칙 (cosine law of incident angle)이라 하며 조명공학상 중요한 법칙이다. 생각하는 면에 따라서 조도는 법선조도 E_n (normal illumination), 수평면조도 E_h (horizontal illumination), 수직조도 E_v (vertical illumination) 등이 있다. 법선조도는 광선에 수직인 면의 조도를 말한다 (그림 3.3 참조).

$$\begin{aligned} E_n &= \frac{I}{R^2} \\ E_h &= E_n \cos \theta = \frac{I}{R^2} \cos \theta = \frac{I}{h^2} \cos^3 \theta = \frac{I}{d^2} \sin^2 \theta \cdot \cos \theta \quad (3.14) \\ E_v &= E_n \sin \theta = \frac{I}{R^2} \sin \theta = \frac{I}{h^2} \cos^2 \theta \sin \theta = \frac{I}{d^2} \sin^3 \theta \end{aligned}$$

6. 휘도 (luminance)

광원을 보면 그 면이 빛나 보이며 비추어져 있는 면을 보거나 반투명의 것을 반

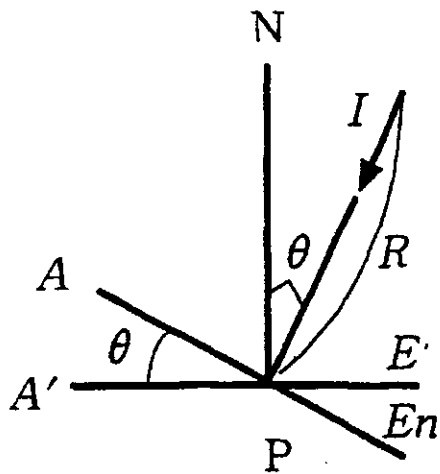


그림 3.2 조도와 광도와와의 관계-1

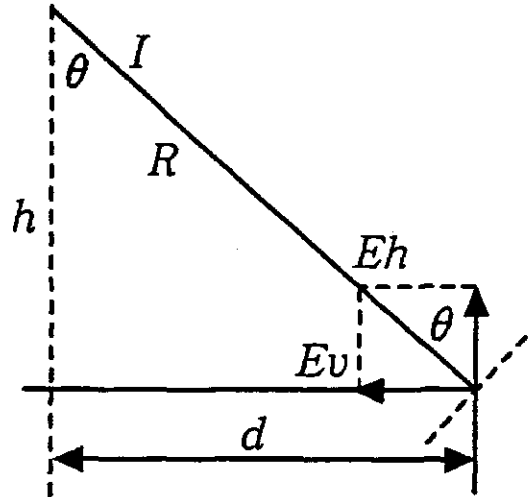


그림 3.3 조도와 광도와와의 관계-2

대측에서 보아도 밝게 보인다. 이와 같은 밝기를 휘도라 한다. 어떤 면 dA 의 어느 방향 α 의 휘도 L_α 는 그 면의 방향 α 에서의 광도 I_α 를 그 방향에서의 투영면적 $dA' = dA \cos \alpha$ 로 나눈 것 즉, 광도의 밀도를 말한다 (그림 3.4 참조).

$$L_\alpha = \frac{I_\alpha}{dA \cos \alpha} \quad [cd/m^2] \quad (3.15)$$

휘도는 눈으로부터 광원까지의 거리는 관계없다. 우리들이 물체를 식별하는 것은 휘도의 차이에 의한 것이며 휘도가 균등하면 모두 평판으로 보인다.

휘도의 단위로는 스틸브 (stilb; sb) 및 니트 (nit; nt)가 사용된다.

$$1 [sb] = 1 [cd/cm^2] \quad 1 [nt] = 1 [cd/m^2] \quad (3.16)$$

7. 광속발산도 (luminous emission)

물체가 보이는 것은 그 물체로부터 방사한 광속이 눈에 들어오기 때문이며 물체의 밝음은 눈의 방향으로 방사되는 광속밀도에 따라 다르다. 어느 면의 단위 면적

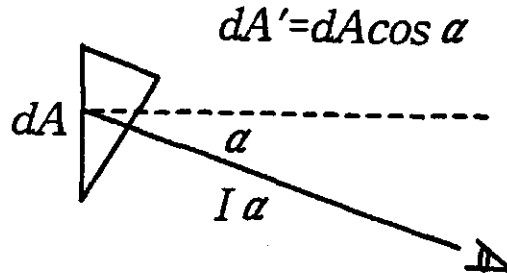


그림 3.4 휘도의 개념도

으로 부터 발산되는 광속 즉, 발산광속의 밀도를 광속발산도라 한다.

지금 이 면의 임의의 점의 둘레의 미소면적을 $dA[m^2]$, 이것으로부터 발산하는 광속을 $dF[lm]$ 이라 하면 그 점의 광속발산도 M 은

$$M = \frac{dF}{dA} \quad [lm/m^2] \quad (3.17)$$

단위로는 래드룩스 (radlux; rlx) 또는 아포스틸브(apostib; asb)가 사용된다.

$$1 [rlx] = 1 [asb] = 1 [lm/m^2] \quad (3.18)$$

어느 방향에서 보아도 휘도가 같은 표면을 완전확산면 (perfect diffusion surface)라 하며 산화마그네슘, 양질의 젖빛 유리면 등이 이에 가깝다.

완전 확산면에서는 휘도 $L[cd/m^2]$ 와 광속발산도 $M[lm/m^2]$ 과의 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$M = \pi L \quad (3.19)$$

8. 발광효율 (luminous efficiency)

광원으로부터 어떤 방향의 방사속 $\phi[W]$ 가 발산되면 이 중에서 광속 $F[lm]$ 만 육안으로 느끼게 된다. 이 방사속에 대한 광속의 비율을 그 광원의 발광효율 ε 라

한다.

$$\varepsilon = \frac{F}{\phi} \quad [lm/W] \quad (3.20)$$

9. 전등효율 (lamp efficiency)

실제로 광원에서는 발산되는 전방사속보다 많은 에너지를 가하여야 한다. 즉 전 발산방사속 외에 대류, 전도 등에 의한 손실을 포함한 전소비전력을 생각하여야 한다.

전소비전력 P 에 대한 전 발산광속 F 의 비율을 전등효율 η 라 한다.

$$\eta = \frac{F}{P} \quad [lm/W] \quad (3.21)$$

일반적으로 전등효율은 발광효율보다 적다.

3.2.2 텅스텐 전구의 특성

1. 에너지 특성

표 3.1은 일반조명용 백열전구의 입력에 대한 가시에너지 및 유리구로부터 외부로 나가는 전 방사에너지를 표시하며, 열로서 손실되는 각 요소에 대하여 표시한 것이다.

2. 유리구 및 소켓의 온도

배선, 소켓의 지지 또는 유리구로부터의 직접적인 과열에 의한 위험 때문에 전구의 온도상승은 극히 중요한 문제이다.

전구의 각부의 온도상승은 전구의 종류나 점등조건 특히, 점등방향에 따라서 다르며 최고 온도는 일반전구 (연질 유리)는 371[°C] 이하, 스포트라이트 전구 (하이포스트 베이스)는 457[°C] 이하, 파이렉스 유리를 사용한 것은 525[°C] 이하가 안전

하다.

표 3.1 텅스텐전구의 입력에너지의 행방

전구의 크기 [W]	가시방사 입력 에 대한 [%]	전방사 입력 에 대한 [%]	가스손 입력 에 대한 [%]	단자손 입력 에 대한 [%]	필라멘트열 보유 [주울]
6*	6.0	83.0	-	1.5	0.25
10*	7.1	93.0	-	1.5	0.62
25	8.7	94.0	-	1.5	2.8
40	6.8	66.8	24.5	1.6	2.5
50+	7.5	80.8	13.5	1.2	5.5
100+	10.0	82.0	11.5	1.3	14.1
200	10.2	77.4	13.7	1.7	39.5
300	11.1	79.8	11.6	1.8	80.0
500	12.0	82.3	8.8	1.8	182.0
1000	12.1	87.4	6.0	1.9	518.0

*: 진공, +: 2중 코일

3. 전압특성

전구는 전압이 변화하면 필라멘트의 온도가 변화하고 따라서 저항이 변화하며 전류, 전력, 광속, 효율 및 수명 등이 변화한다. 이들 변수 사이의 관계를 전구의 전압특성이라 한다.

이 특성의 변화는 전구의 종류, 모양, 필라멘트의 제조 조건 등에 따라서 일정하지는 않으나 대략 다음 식이 적용된다.

$$\frac{l}{L} = \left(\frac{F}{f}\right)^a = \left(\frac{E}{e}\right)^b = \left(\frac{V}{v}\right)^d = \left(\frac{I}{i}\right)^u$$

$$\frac{f}{F} = \left(\frac{v}{V}\right)^k = \left(\frac{e}{E}\right)^h = \left(\frac{w}{W}\right)^s = \left(\frac{i}{I}\right)^y = \left(\frac{r}{R}\right)^z$$

$$\begin{aligned}\frac{E}{e} &= \left(\frac{F}{f}\right)^f = \left(\frac{V}{v}\right)^e = \left(\frac{I}{i}\right)^j \\ \frac{i}{I} &= \left(\frac{v}{V}\right)^i \\ \frac{w}{W} &= \left(\frac{v}{V}\right)^n\end{aligned}\quad (3.22)$$

여기서 L, l = 수명, F, f = 광속, E, e = 효율, V, v = 전압, I, i = 전류, W, w = 전력, R, r = 저항이며 대문자는 정상치를 나타내며 소문자는 변동시의 값이다.

각 지수를 진공전구 [10lm/W] 및 가스등 전구 [16lm/W]에 대하여 표시하면 표 3.2와 같으며, 보통 가스봉입 전구의 특성표는 그림 3.5와 같다.

표 3.2 텅스텐전구의 지수값

지수 전구	a	b	d	u	h	k	s	y	z	t	n	f	g	i
진공 전구	3.85	7.0	13.5	23.3	1.82	3.51	2.22	6.05	8.36	0.58	1.58	0.55	1.93	3.33
가스등 전구	3.86	7.1	13.1	24.1	1.84	3.38	2.19	6.25	7.36	0.541	1.54	0.544	1.84	3.40

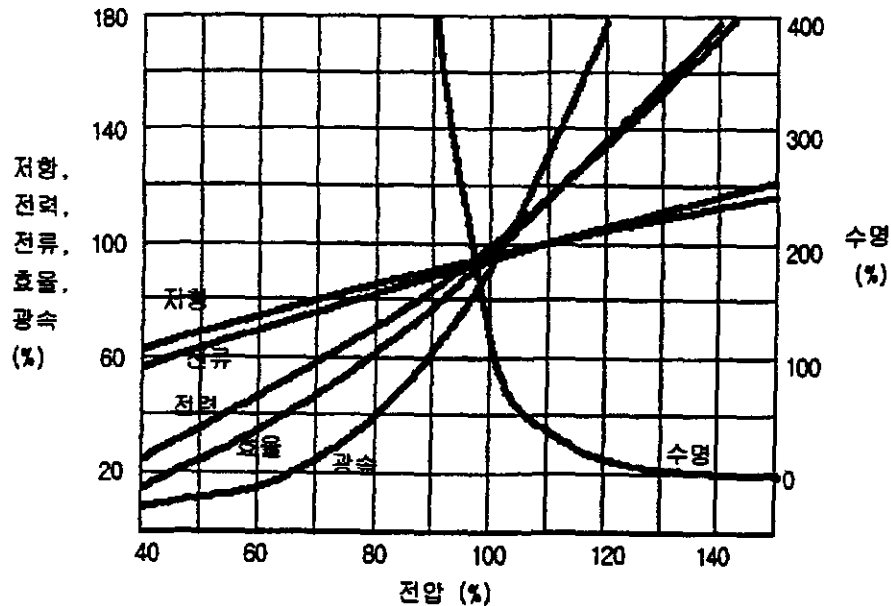


그림 3.5 가스봉입 전구의 전압특성

3.3 실험장치의 구성

3.3.1 실험장치 구성

작업등 및 기존샘플의 광학실험을 위한 실험장치의 기본구성도는 그림 3.6과 같이 구성하였으며, 여기에는 작업등의 고주파 전원을 공급하기 위한 증폭기 및 관련 계측기기도 포함된다.

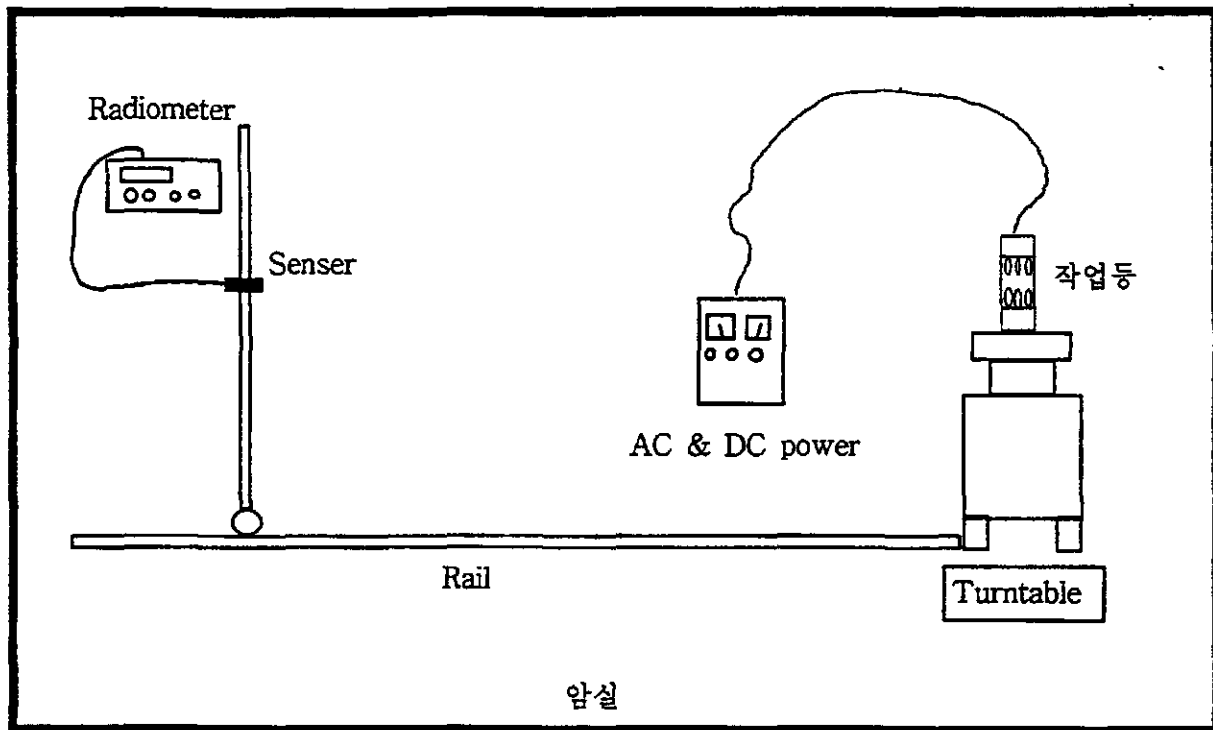


그림 3.6 실험장치 구성도

3.3.2 측정장치

실험에 소요된 기기의 사양은 표 3.3과 같다.

표 3.3 소요기기의 사양

기기명	Model	Maker	Range (Output)
Radiometer	730A	OPTRONIC LABORATORY	$9.99 \times 10^{-5} \sim 19,9990 \text{ lux}$
Oscilloscope	9350AL	Lecroy	500MHz
Audio Amplifier	7824-1	SOLAR Electronic Co.	100Watt, 6000hm
R.F. Amplifier	500A100	Amplifier Research	500Watt 100kHz ~ 100MHz
Function Generator	3040	BK	1Hz ~ 13MHz
Optical Bench	자체	자체	수평: 4,300mm 수직: $\pm 1,100\text{mm}$ 수평각: 360°
Digital Multimeter	863	Fluke	V, I, Ω
교류 가변 전원 공급기		TIAC	220VAC, 5kVA
직류전원 공급기		ED	50V, 30A
표준광원	Q100T4/CL	GE, USA	6.6A

3.4 시료사양

3.4.1 기존샘플

가. 국내

제 조 자	한강산업전기	남북전기
정 격	220V, 100W	220V, 100W
형식번호	HK-1HL-01	NB-EHDL
방폭등급	Ex e II T1	Ex d IIB T4

나. 국외

제 조 자	STEWART R. BROWNE MFG. CO.	STAHL
정 격	277V, 100W, Max.	220V, 100W
형식번호	XP-162	6147/1-2
방폭등급	Class I, Groups C&D	Ex e II IP55

3.4.2 시제품

구분 사양	시제품 A형	시제품 B형	시제품 C형
전압	24V AC/DC	12V AC/DC	12V AC/DC
소비전력	100W (10W×10ea)	100W (10W×10ea)	90W (10W×9ea)
방폭등급	Ex ia IIC T3	Ex ia IIC T2	Ex ia IIC T2

3.5 실험결과

가. 기존샘플의 조도 실험결과

구분 Sample		정격 [V]	Globe없을 때 [lux]					Globe있을 때 [lux]				
			0 °	90 °	180 °	270 °	평균	0 °	90 °	180 °	270 °	평균
국 내	한강 산업 전기	AC 220	9.8	9.9	8.6	10.7	9.75	9.0	8.6	6.5	10.5	8.65
	남북전기	AC 220	11.4	7.9	12.7	13.4	11.35	9.1	7.1	7.4	5.8	7.35
국 외	STAHL	AC 220	6.7	7.0	6.8	7.4	6.98	5.9	6.6	6.7	7.2	6.6
	STEWART R. BROWNE	AC 120	10.7	10.7	10.5	10.6	10.63	9.6	9.6	9.2	9.7	9.53

- 비고: 1. 정격은 램프전원 입력단 전압임
 2. 측정거리는 광원으로부터 3m에서 측정한 값임
 3. 연직각의 방향중 광도가 급격하게 줄어드는 경우는 Guard에 의해 차광
 되기 때문임

나. 시제품의 조도실험결과

구분 시제품		정격 [V]	Globe없을 때 [lux]					Globe있을 때 [lux]				
			0 °	90 °	180 °	270 °	평균	0 °	90 °	180 °	270 °	평균
시제품 A형 (24V형)	AC24, 60Hz	-	-	-	-	-	-	0.9	0.8	0.8	0.9	0.85
시제품 B형 (12V형)	AC12, 60Hz	-	-	-	-	-	-	6.0	7.1	6.3	6.0	6.35
시제품 A형 (24V형)	DC24	-	-	-	-	-	-	1.0	0.9	1.0	0.9	0.95
시제품 B형 (12V형)	DC12	-	-	-	-	-	-	7.0	6.8	5.8	5.7	6.33
시제품 C형 (12V형)	DC12	4.11	4.25	4.90	4.64	4.47	-	-	-	-	-	-

- 비고: 1. 정격은 램프전원 입력단 전압임 (시제품 C형은 램프 입력전압임)
 2. 측정거리는 광원으로부터 3m에서 측정한 값임

3. 연직각의 방향중 광도가 급격하게 줄어드는 경우는 Guard에 의해 차광 되기 때문임

다. 주파수별 조도 측정결과 (12V DC, 10W, 1ea)

구분 순번	전원 및 주파수	연직각 [lux]					
		측정 방향	0 °	90 °	180 °	270 °	평균
1	DC 12V	정면	3.13	6.12	3.14	6.12	4.6275
		상향	3.14	5.34	3.20	5.65	4.3325
2	AC 12V _{r.m.s} 60 Hz	정면	3.93	7.25	3.94	7.15	5.5675
		상향	4.02	6.54	3.87	6.65	5.27
3	600 Hz	정면	3.73	7.64	3.36	7.16	5.4725
		상향	4.44	6.04	3.93	6.68	5.2725
4	15 kHz	정면	5.01	7.27	4.01	6.48	5.6925
		상향	3.49	5.31	3.58	5.59	4.4925
5	20 kHz	정면	2.95	5.74	3.20	5.74	4.4075
		상향	3.61	5.50	3.70	5.76	4.6425
6	50 kHz	정면	3.22	6.02	3.17	6.01	4.605
		상향	3.80	5.09	3.50	5.49	4.47
7	100 kHz	정면	3.51	7.25	3.93	6.11	5.2
		상향	3.64	5.62	3.83	6.12	4.8025
8	500 kHz	정면	3.79	7.60	4.27	6.67	5.5825
		상향	3.87	6.27	4.14	6.38	5.165
9	1000 kHz	정면	5.37	9.34	5.75	8.83	7.3225
		상향	5.21	7.82	5.27	8.39	6.6725

비고: 1. 정격은 전구입력 전압임

2. 측정거리는 광원으로부터 2m에서 측정한 값임

3. 광원으로부터 상향의 각도는 약 65 °의 방향임

4. AC 12V_{r.m.s} 값은 오실로스코프의 16.97V_p로 측정한 값임

라. 주파수별 조도 측정결과 (12V DC, 10W, 1ea)

구분 순번	주파수	램프 입력 전압을 조정하지 않은 경우		램프 입력전압을 16.97 Vp로 조정한 경우	
		Vp	연직각 [lux]	Vp	연직각 [lux]
1	60 Hz	16.9	4.36	16.97	4.36
2	1 kHz	16.9	4.41	16.97	4.41
2	5 kHz	16.9	4.39	16.97	4.39
3	10 kHz	16.9	4.31	16.97	4.31
4	15 kHz	16.9	4.28	16.97	4.62
5	20 kHz	16.2	3.47	16.97	4.72
6	50 kHz	14.3	2.58	16.97	4.90
7	100 kHz	14.3	2.52	16.97	4.94
8	500 kHz	14.3	2.45	16.97	4.84
9	1000 kHz	13.7	1.69	16.97	4.11

- 비고: 1. 정격은 전구입력 전압임
 2. 측정거리는 광원으로부터 2m의 단일방향에서 측정한 값임
 3. AC 12Vr.ms 값은 오실로스코프의 16.97Vp로 측정한 값임
 4. Function Generator 특성상 1000 kHz에서는 파형의 첨두부분이 약간
 일그러짐

마. 조도 측정결과 (24V DC, 10W, 1ea)

24V	연직각 [lux]					
	측정방향	0 °	90 °	180 °	270 °	평균
DC 24V	정면	0.42	0.15	0.39	0.19	0.2875
	상향	0.39	0.25	0.41	0.23	0.32

- 비고: 1. 정격은 전구입력 전압임
 2. 측정거리는 광원으로부터 2m에서 측정한 값임
 3. 광원으로부터 상향의 각도는 약 6.5 °의 방향임

바. 조도 측정결과 (12V DC, 10W×9ea)

측정거리	구분	연직각 [lux]				
	측정방향	0 °	90 °	180 °	270 °	평균
3m	정면	4.11	4.25	4.90	4.64	4.47
	상향	8.27	8.62	8.32	6.96	8.04
2m	정면	8.73	9.28	10.53	11.32	9.96
	상향	20.5	17.8	18.4	16.7	18.34

- 비고: 1. 정격은 전구입력 전압임
 2. 측정거리는 광원으로부터 2m에서 측정한 값임
 3. 광원으로부터 상향의 각도는 약 14 °의 방향임
 4. Globe가 없을 때의 값임

사. 램프 개수별 조도 측정결과

램프 수	조도
1개	1.71
2개	3.67
3개	5.56
4개	6.34
5개	6.33
6개	7.23
7개	8.32
8개	7.40
9개	7.46
10개	9.01

- 비고: 1. 정격은 전구입력 전압임
 2. 측정거리는 광원으로부터 2m의 단일방향에서 측정한 값임
 3. DC 12V를 인가하여 측정한 값임

3.6 결 론

휴대용 방폭형 작업등에 있어서 기존의 100W 급 단일전구의 기존샘플과 이를 복수의 소형전구로 대체하였을 때의 광학적 특성을 측정하여 분석한 결과 다음의 것들을 알 수 있었다.

- (1) 기존의 샘플과 시제품을 동일한 조건 (구조상, 조명방향 등)으로 광학 특성을 비교할 수는 없었으나, 기존의 100W 급 단일전구의 작업등을 복수 개 (10개)의 전구를 대치하여도 기존의 샘플과 거의 동등한 효과의 조도를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.
- (2) 시제품 중 24V 용은 12V 용보다 동일한 소비전력 조건하에서는 조도가 훨씬 떨어지기 때문에 12V 급의 전구로 작업등을 개발하는 것이 조도면에서 훨씬 유리하다.
- (3) 전구 입력의 고주파화는 조도를 향상시키는데 기여를 한다.
- (4) 전구의 조도를 향상시키기 위해서는 다음의 요소들이 권고된다.
 - 투과율이 좋은 글로우브 재질의 선택
 - 작업범위에 부합되도록 광원배치의 집중화
 - 전구전원의 고주파화시 선로에서의 손실방지
 - 고주파 장치에 미치는 Noise를 차단하여 전류 및 주파수의 안정화
 - 전구에 사용되는 필라멘트는 안정적인 것을 사용
 - 단일 전구에서 복수의 전구로 교체하였을 때 전구의 배치가 중요하다. 가능하면 전구를 작업등의 중심에 가까이 배치하여 빛을 집중시킨다. 아울러 양쪽으로 전구를 분리하면 빛이 차단되므로 전구를 한쪽으로 배치하는 것이 더 높은 조도 값을 얻을 수 있다.

제4장 방폭 성능평가

4.1 평가방안

우리 연구원은 제2장의 구조적 설계기준과 제3장의 광학적 물성평가를 근거로 하여 제아실업(주)이 제작한 시제품 3종에 대하여 「방폭구조 전기기계·기구의 방폭성능 검정규격」에 따라 일련의 구조적 요건 및 성능실험을 실시하였으며, 단계별로 시제품의 성능을 보완하여 방폭성능 검정규격에서 요구하는 성능 및 구조에 적합토록 하였다.

본 장은 방폭성능에 관하여 실험을 실시한 기준과 그 결과를 수록하였다. 본 내용 중에서 규격에서 요구하는 성능 실험을 시제품의 여건상 실시하지 못한 시험도 있으나 추후, 실용화 단계에서 이들의 실험을 계속적으로 하여야 한다.

4.2 시제품 사양

최종적으로 개발한 시제품의 사양은 다음과 같으며, 세부사항에 대해서는 관련 도면과 부품 명세서를 부록에 수록하였다.

가. Explosion Proof Portable Handlamp

- Rated Output: 100W
- Lamps: 10W×10EA (KSC 7502)
- Rated Voltage of Lamp: 24Vr.m.s, 12Vr.m.s
- Rated Current of Lamp: 300mA, 870mA
- Rated Frequency of Lamp: 100kHz, 60Hz
- Explosion Proof Type: Ex ia IIC T2, T3

- Protection of Ingress: IP20

나. High Frequency Power Supply

- Input: 110/220V, 1 Φ , 60Hz, 200W
- Output: 12Vr.m.s, 100kHz, Sinewave (CW), 150W
- Explosion Proof Type: Intrinsically-safe Associated Apparatus

다. Low Frequency Power Supply

- Input: 110/220V, 1 Φ , 60Hz, 200W
- Output: 12Vr.m.s, 60Hz, 150W
- Explosion Proof Type: Intrinsically-safe Associated Apparatus

그림 4.1에서 4.10까지는 개발품의 외형도 및 관련 회로도를 나타낸 것이다.

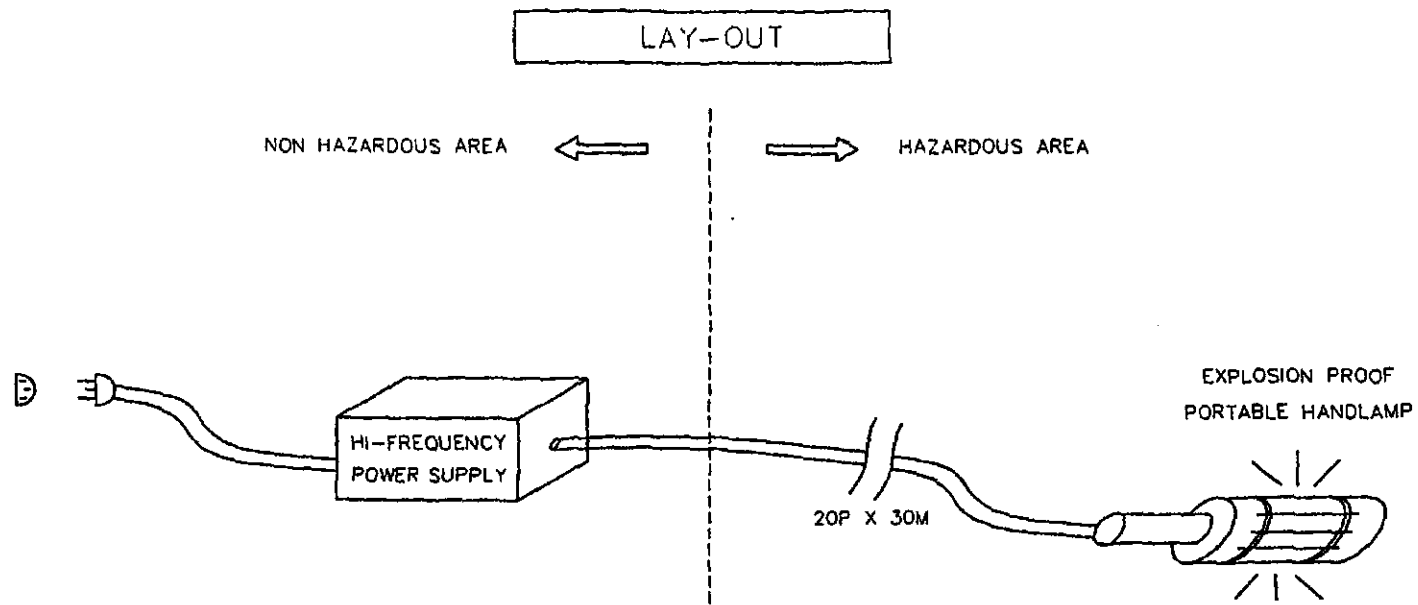
그림 4.1에서 시제품의 방폭지역과 비방폭지역의 사고 전력의 차단은 Safety Barrier로 처리하는 것이 바람직하나 Safety Barrier의 주된 목적이 비방폭형 Simple Apparatus를 방폭지역에 사용하기 위한 것이고 또한, 본 시제품의 특성상 Safety Barrier를 적용할 필요는 없다. 그러나 전원회로에는 본질안전 관련기기로 처리하여 사고시의 전압, 전류를 보호하도록 하였다.

그림 4.2에서 Globe의 재질은 Poly Carbonate로 하였으나 사용장소를 감안할 때 Spray Thinner 또는 Lacquer는 휴발성이 강하여 내산성의 문제가 있기 때문에 Globe 표면에 내산성이 강한 비닐코팅으로 처리하는 것도 고려된다. 이때의 단점은 광도가 저하될 것으로 판단된다.

그림 4.10의 고주파전원 회로도는 앞의 제2장 그림 2.2의 데이터를 분석한 결과 아세틸렌·공기 혼합기체에서 전원 주파수가 100kHz일 때 최소 점화전압이 50Vp-p에서 125Vp-p (20 Ω 의 경우)로 급격하게 상승하였으며, 그 이상의 주파수에서는 점화전압 곡선이 완만하였기 때문에 고주파 누설 및 표피효과를 고려하여

고주파전원 회로의 주파수는 100kHz로 하였다. 아울러 100kHz의 주파수대역은 FM 방송대역 (88MHz~108MHz) 및 AM 방송대역 (530kHz~1600kHz)의 주파수 대역을 침해하지 않는다. 125Vp-p의 전압은 실효치와 안전율을 감안하면 24V 이하의 램프구동용 전압으로 적당하다.

그림 4.1 시제품의 구성도



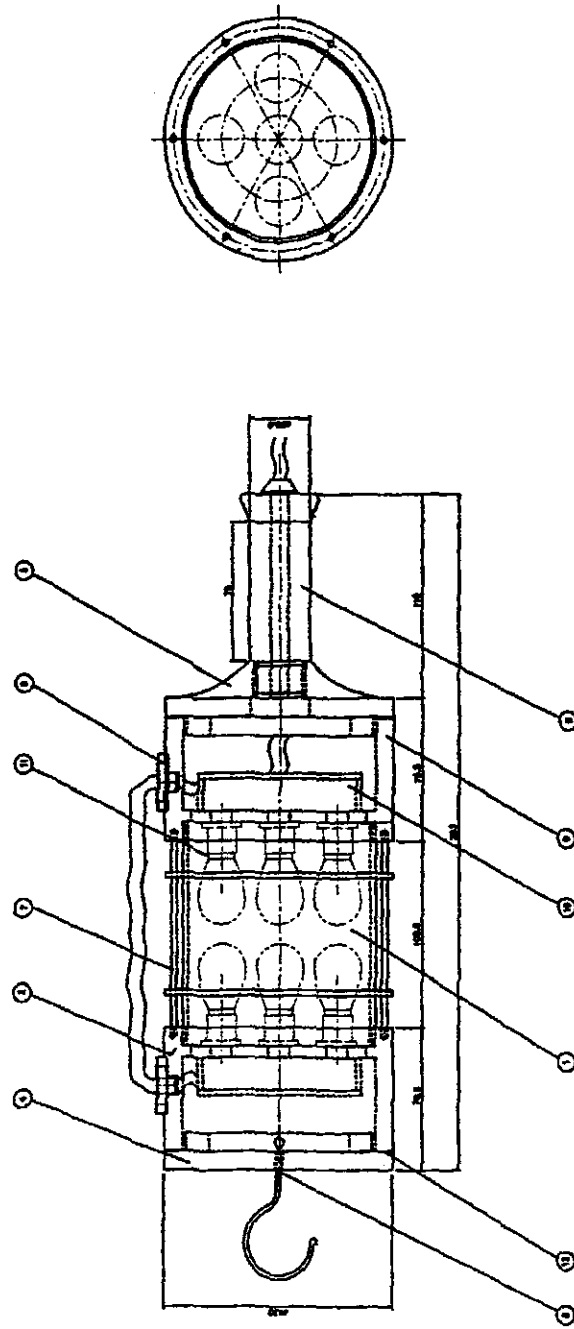


그림 4.2 시제품 A, B형 외관도

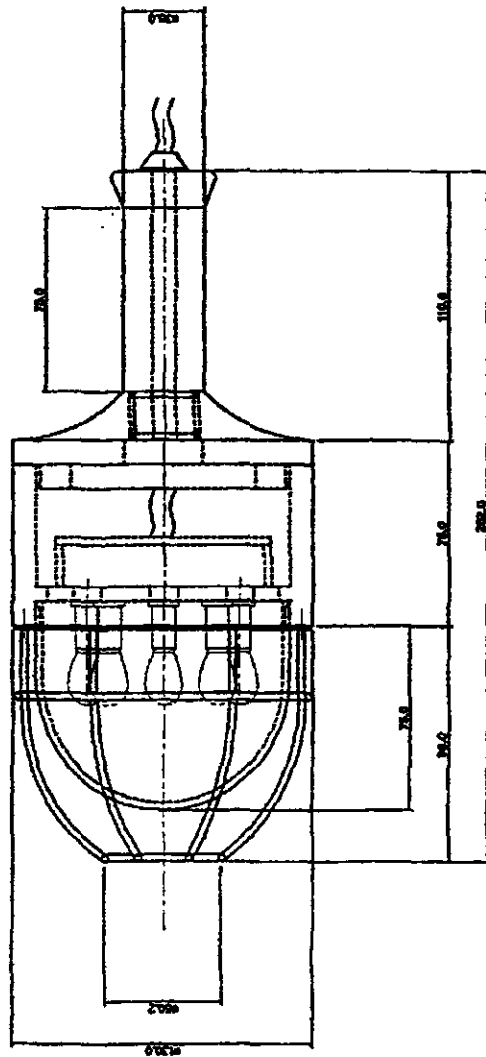
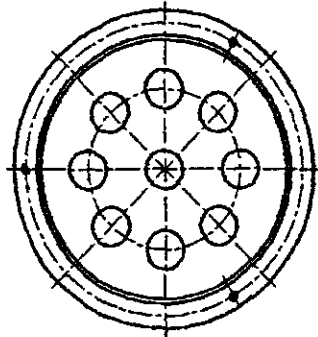


그림 4.3 시제품 C형 외관도

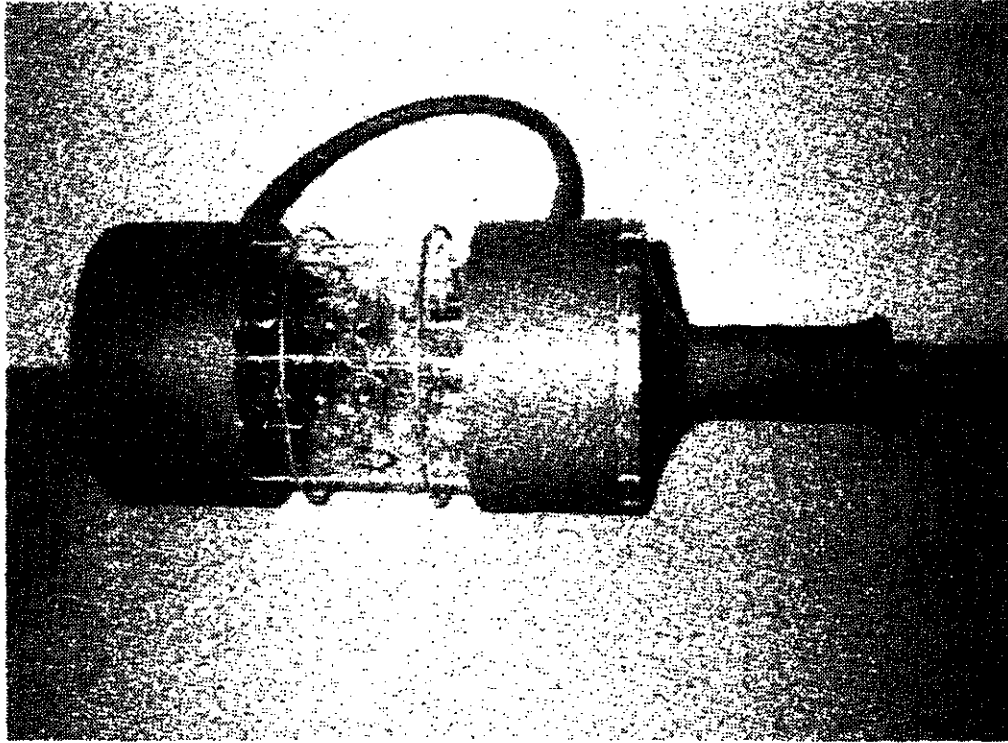


그림 4.4 시제품 A형 외관사진

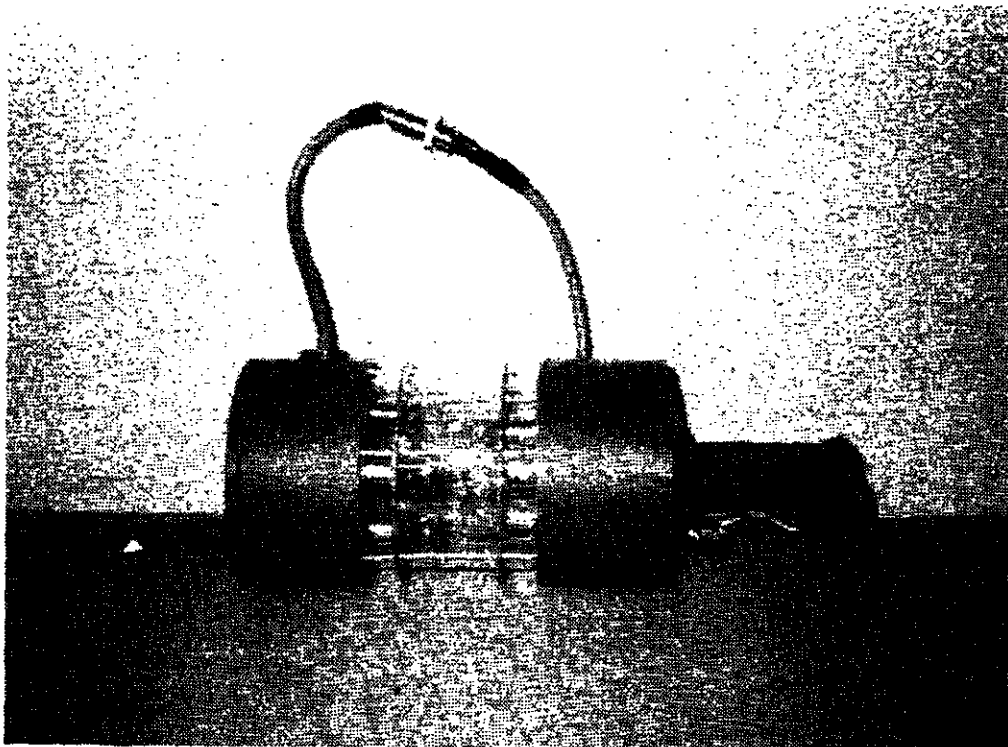


그림 4.5 시제품 B형 외관사진

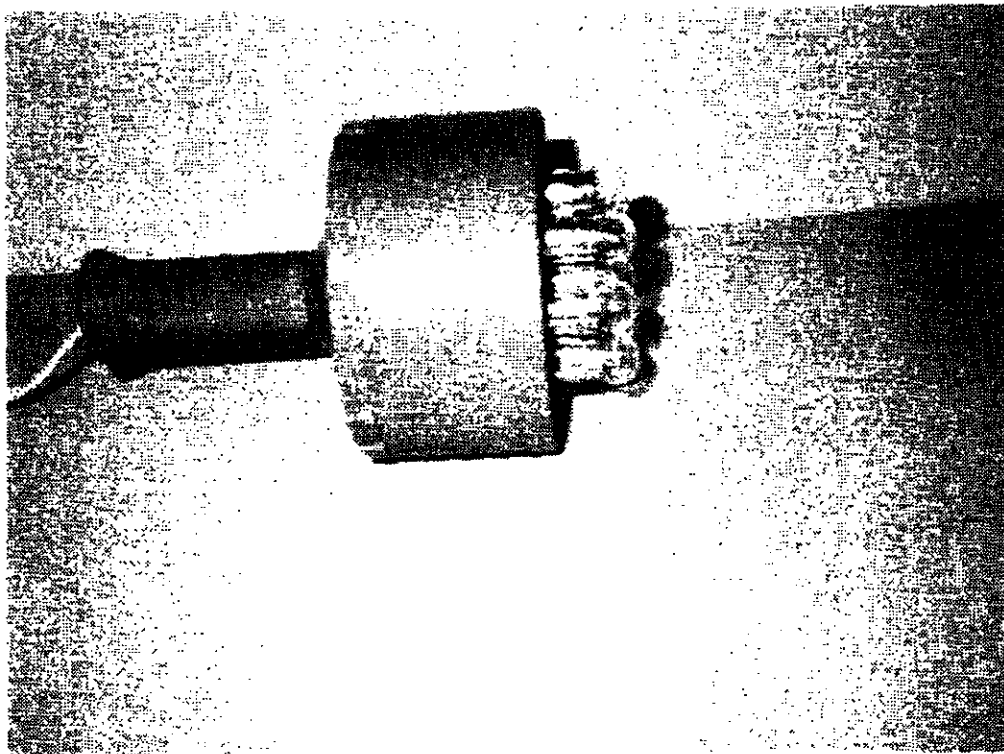


그림 4.6 시제품 C형 외관사진

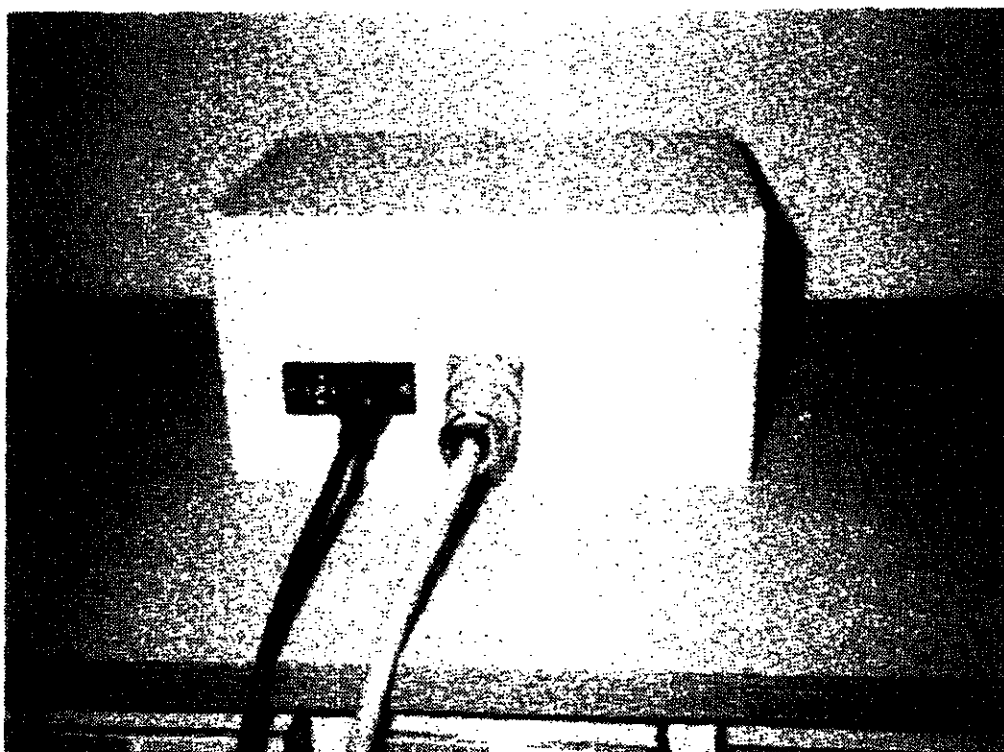


그림 4.7 저주파 전원공급기 외형사진

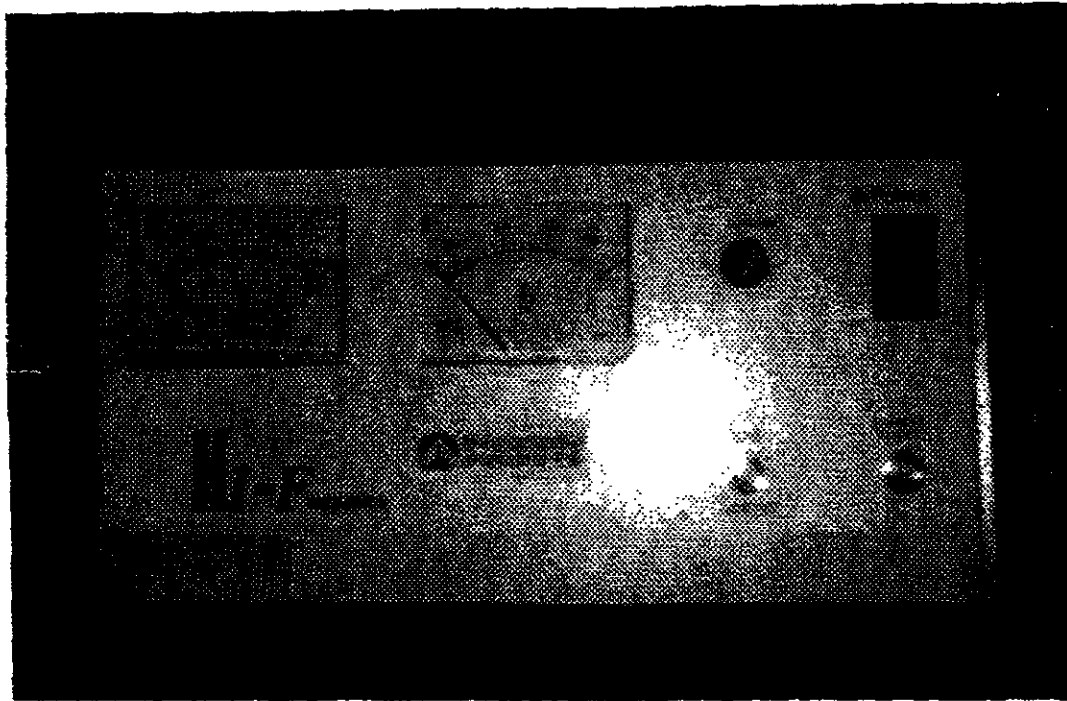


그림 4.8 고주파 전원공급기 외형사진

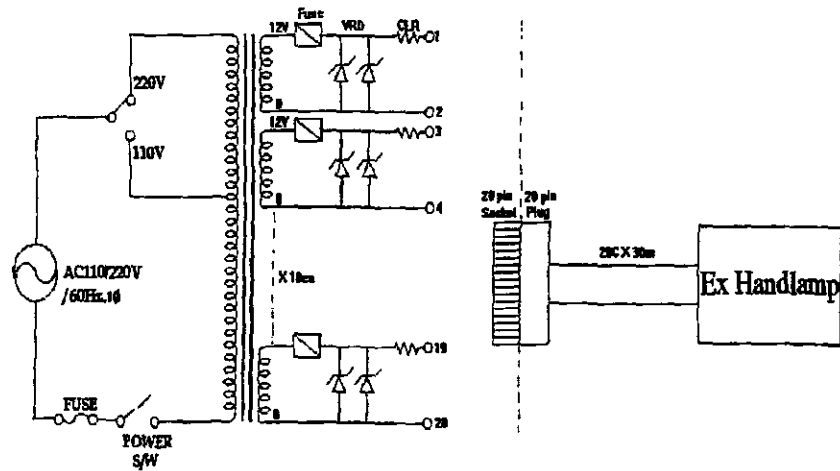


그림 4.9 저주파전원 공급기 회로도

4.3 항목별 평가

4.2.1 기계적 강도시험

1) 충격시험

가) 실험조건

충격시험은 작업등에 해당시험의 대상부분에 따라서 다음 표 4.1에 정한 충격에너지를 인가하여 이상이 없어야 한다.

표 4.1 충격시험에서 충격에너지

대상부분		충격에너지 E [Joule]	
		기계적 손상우려정도	
		보통	낮음
투광성부품	가드유	2	1
	가드무	4	2
용기 및 투광성부품 이외의 용기부품 (가드 및 팬카바 포함)		7	4

나) 실험결과

충격시험의 결과 방폭전기기기의 성능에 영향을 미치는 손상이 발생하지 않아야 한다. 표 4.2는 작업등의 Globe를 선정하기 위하여 Globe의 종류 및 형태에 따라 충격시험을 실시한 결과를 나타낸 것이다.

표 4.2 충격시험결과

구분	시료조건	결과
비열처리된 형광등용, 통형유리	내경 $\phi 60\text{mm} \times t3\text{mm} \times L1000\text{mm}$	1.15[J], 1회, 전파
Pyrex 통형유리	내경 $\phi 50\text{mm} \times t2\text{mm} \times L145\text{mm}$	1.15[J], 1회, 전파
아크릴, 통형	내경 $\phi 65\text{mm} \times t3\text{mm} \times L95\text{mm}$	1[J], 2회, 부분파손
아크릴, 통형	내경 $\phi 90\text{mm} \times t10\text{mm} \times L280\text{mm}$	2.5[J], 이상무
아크릴, 통형	내경 $\phi 80\text{mm} \times t5\text{mm} \times L90\text{mm}$	3.75[J], 이상무
Poly Carbonate, 통형	외경 $\phi 70\text{mm} \times t3\text{mm}$, 통형	13[J], 이상무
Poly Carbonate, 통형	외경 $\phi 145\text{mm} \times t2\text{mm}$, 통형	13[J], 이상무

2) 낙하시험

가) 실험조건

휴대용 작업등에 대하여 사용상태에서 콘크리트 바닥의 1m 높이에서 4회 낙하시킨다.

나) 실험결과

낙하시험 결과 작업등의 성능에 영향을 미치는 손상이 발생하지 않았다.

4.2.2 회전력시험

가) 실험조건

붓상이나 단자 스티드 등 전선의 접속 또는 분리시 회전력이 가해지는 것은 표 4.3에 나타낸 값의 회전력을 가한다.

표 4.3 붓싱 및 단자스터드에 가하는 회전력

나사의 공칭직경	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M16	M20	M24
회전력 (N.m)	2.0	3.2	5	10	16	25	50	85	130

나) 실험결과

실험결과 회전되어서는 안된다.

4.2.3 온도시험

가) 실험조건

시험은 해당 방폭전기기가 정격으로 동작하고 있는 상태에서 실시한다. 이 경우 전압의 변동이 온도상승에 영향을 미칠 우려가 있는 방폭전기기에 있어서는 해당 방폭전기기의 정격전압의 90%에서 110%까지 범위에서, 온도상승에 가장 불리한 영향을 미치는 전압에서 온도시험을 실시한다.

나) 실험결과

측정된 최고 표면온도의 값은 다음 표 4.4의 값을 초과하지 않아야 한다.

표 4.4 허용온도범위

최고 표면온도의 범위	가스 또는 증기의 분류
300 초과 450 이하	T1
200 초과 300 이하	T2
135 초과 200 이하	T3
100 초과 135 이하	T4
85 초과 100 이하	T5
85 이하	T6

표 4.5 및 4.6은 작업등의 램프를 선정하기 위하여 사전에 실시한 온도실험과 선정된 램프를 작업등에 장착한 상태에서 램프종류에 따라 온도실험을 실시한 결과를 나타낸 것이다.

표 4.5 전구 온도실험 결과-1

구분 종류	시험조건	일자	온도 [℃]	
			Min.	Max.
24V, 10/25W겸용 2Filament	1. 최소치: 점등 후 10분 2. 최대치: 점등 후 90분 3. 램프 10개중 최소, 최대 값임 4. 주위온도: 26℃ 5. 인가전압: 24V DC	96. 5. 21	147	181
	1, 2, 3: 상동 4. 주위온도: 23℃ 5. 인가전압: 22.5V DC	96. 5. 22	142	161
	1, 2, 3: 상동 4. 주위온도: 24℃ 5. 인가전압: 27.5V DC	96. 5. 22	131	159
24V, 10/25W겸용 2Filament	1, 2 : 상동 3. 램프 5개중 최소, 최대 값임 4. 주위온도: 25℃ 5. 인가전압: 62V _{p-p} 6. 인가주파수: 100kHz	96. 5. 28	138	165
	1, 2, 3, 6: 상동 4. 주위온도: 24℃ 5. 인가전압: 52.5V _{p-p}	96. 5. 27	121	136
	1, 2, 3, 6: 상동 4. 주위온도: 25℃ 5. 인가전압: 67.8V _{p-p}	96. 5. 28	142	166

비고 1. 온도실험에서 사용된 전구의 사양은 다음과 같다.

- 평균저항 (10W시): 8.537Ω (10개의 평균값)
- 평균전압 (25W시): 2.435Ω (10개의 평균값)

- 24V 인가시 전류 (10W시): 0.31A
 - 24V 인가시 전류 (25W시): 0.8A
2. 안전율을 고려하여 26.4V, 25W일 때 0.84A가 흐르는 것을 감안하면 IEC의 MIE값이 190mA이므로 본질안전방폭구조로는 부적합하다.
3. 측정장비의 사양은 다음과 같다.
- Maker: HIOKI
 - Model: 3412
 - Thermocouple: K type (CA)
 - 온도범위: -50~+999℃

표 4.6 전구 온도시험 결과-2

종류	비고	시험조건	일자	온도 [℃]	
				최대	주위
(시제품 A형)		1. 전원인가 후 30분의 값 2. 인가전압: 24VDC	96. 10. 2	130	30
24V, 10/25W 겸용 램프 Bulb에 10W만		1. 상동 2. 인가전압: 26.5VDC	96. 10. 2	140	30
넣은 전구		1. 상동 2. 인가전압: 21.6VDC	96. 10. 2	120	30
(시제품 B형)		1. 상동 2. 인가전압: 12V, 5A (3ea)	96. 10. 15	295	24
12V, 10W Bulb 크		1. 상동 2. 인가전압: 13.2V, 5A	96. 10. 15	340	24
기는 위와 동일		1. 상동 2. 인가전압: 10.08V, 4.8A	96. 10. 15	265	24
12V, 10W Bulb 크		1. 상동 2. 인가전압: 12V, 2A	1996. 12. 19	270	23
기는 위와 동일 (추		1. 상동 2. 인가전압: 2.09A, 13.2V	1996. 12. 19	280	23
가구입)-20W					
(시제품 C형)		1. 상동 2. 인가전압: 12V, 0.87A	1996. 12. 19	237	20
12V, 10W, 최종설계		1. 상동 2. 인가전압: 13.2V, 0.92A	1996. 12. 19	257	20
전구, Bulb 제일 작					
은 것					

비고: 측정장비의 사양은 다음과 같다.

- Maker: 한국 YOKOGAWA
- Model: 4153 (μ R 100)
- Thermocouple: K type
- 온도범위: 0~500℃

4.2.4 열안전성시험

가) 실험조건

방폭구조를 유지하기 위한 플라스틱제 용기, 용기부품 및 밀폐용 패키징은 상대습도가 90% 이상이며 최고 사용온도보다 20℃ 높은 온도 (최저 80℃)에서 방폭전기기의 방폭구조를 손상하지 않고 연속 4주 동안 견딜 수 있어야 한다.

플라스틱제 용기 및 용기의 플라스틱제 부품은 $-30 \pm 30^{\circ}\text{C}$ 에서 방폭전기기기의 방폭구조를 손상하지 않고 24시간 견딜 수 있어야 한다.

나) 실험결과

방폭구조를 손상하는 이상은 없어야 한다. 본 실험은 본 연구의 시제품에 사용된 M.C. 및 P.C.는 이미 위의 실험조건을 만족한다는 결과가 입증되었으므로 실험은 불필요하다.

4.2.5 열충격시험

가) 실험조건

램프보호카바 및 투시창에 이용되는 유리제품은 그 최고 사용 온도상태에서, 직경 약 1mm의 노즐로 수온 $10 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 물을 살수하여 열충격을 가할 때 파손되지 않아야 한다.

나) 실험결과

4.2.4의 나)와 같다.

4.2.6 절연저항시험

가) 실험조건

플라스틱 재료의 절연저항 시험은 길이 150mm 이상, 폭 60mm 이상의 시험편, 또는 부품의 치수가 충분하게 클 때는 부품자체로 처리되는 것으로 한다.

공시품에는 미리 그 표면에 도전성도료를 사용하여 길이 $100 \pm 1\text{mm}$, 폭 1mm, 간격 $10 \pm 0.5\text{mm}$ 의 2개의 평행전극을 도포한다.

시험은 $500 \pm 10\text{V}$ 의 직류전압을 1분간 전극사이에 인가하여 실시한다.

나) 실험결과

공시품의 절연저항은 전극에 인가된 직류전압과 해당 전압이 인가된 1분 후에 전극 사이에 흐르는 전 전류와의 비로서 구한다. 실험결과는 4.2.4의 나)와 같다.

4.2.7 케이블인입부에서 비외장 케이블의 인유기능시험

1) 인유기능시험

가) 실험조건

비외장 케이블의 인입부에 고무탄성체 패킹을 사용하는 경우 또는 케이블의 인입부에 금속패킹을 사용하는 경우에 따라 각각 해당 케이블인입부에 사용할 수 있는 최소 직경의 케이블과 같은 직경인 연강제 환봉 또는 케이블 자체를 이용하여 실시한다.

환봉 또는 시험용 케이블을 인입부에 조립하고 케이블인입부의 나사나 너트를 조여 패킹을 압축한 후 환봉 또는 케이블의 mm로 표시한 직경치의 20배와 같은 뉴우튼(N)으로 표시한 값의 인장력을 가할 때에 해당 환봉 또는 케이블의 미끄러짐이 발생하지 않게 하기 위한 필요한 최소 죄임 회전력을 측정한다.

케이블인입부의 나사 또는 너트에 위에서 측정한 죄임 회전력의 110%와 같은

값의 회전력을 더하여 조이고, 위에서 정한 값의 인장력에 같은 값의 인장력을 6 시간을 가한다.

나) 실험결과

시험결과, 환봉 또는 케이블의 미끄러짐이 6mm 이하이어야 한다. 본 실험은 시제품의 상용화 단계에서 실시코자 하였다.

2) 기계적강도시험

가) 실험조건

기계적 강도시험은 앞의 1)에서 정한 인유기능 시험후 해당 케이블 인입부를 시험기에서 분리하여 케이블 인입부의 나사 또는 너트에 앞의 1)에서 정한 방법에 의해 측정된 최소 적임 회전력의 2배를 가하여 조이는 것에 의해 실시한다.

나) 실험결과

시험후에 케이블인입부를 분해하여 부품을 검사했을 때 현저한 손상이 발생되지 않아야 한다. 단, 패킹의 변형은 무시할 수 있다. 본 실험은 시제품의 상용화 단계에서 실시코자 하였다.

4.2.8 케이블인입부에서 외장 케이블의 인유기능시험

1) 인유기능시험

가) 실험조건

외장 케이블을 이용하는 케이블인입부의 인유기능시험은 비외장 케이블을 이용하는 케이블인입부에 대한 시험에 준하여 실시한다. 단, 강선외장 케이블에 대해서 최소 적임 회전력을 측정할 때의 인장력은 mm로 표시한 시험용 외장 케이블 외부 직경의 80배와 같은 뉴우톤(N)으로 하고, 인장력이 이 값으로 유지된 상태에서 2 분간 인장한다.

나) 실험결과

2분간 인장한 후 외장의 미끄러짐이 없어야 한다. 시제품에 사용된 케이블은 비외장 케이블이므로 케이블을 변경하지 않는 한 본 실험은 필요없다.

2) 기계적 강도시험

기계적 강도시험은 비외장 케이블인입부의 기계적 강도시험에 준하여 실시한다.

4.2.9 불꽃점화시험

가) 실험조건

불꽃 점화시험장치 (그림 4.11)는 용적 250cm³ 이상의 시험조 및 그 시험조안의 접점장치로 구성되고 시험조안에 규정의 시험가스를 봉입하고, 그 내부에서 접점의 개로시 및 폐로시에 불꽃을 발생할 수 있는 것이어야 한다.

불꽃점화시험에 사용하는 시험가스는 표 4.7과 같이 조성한다.

표 4.7 시험가스

전기기기의 분류	시험가스의 조성
그룹 IIA	프로판 5.25±0.25 부피 %
그룹 IIB	에틸렌 7.8±0.5 부피 %
그룹 IIC	수소 21±2 부피 %

불꽃점화시험은 정상상태의 회로 및 용기구분에 따라 1개 또는 2개의 고장을 가정한 회로에서 본안회로의 단선, 단락 또는 지락 고장이 발생할 우려가 있는 각 부분을 불꽃점화시험장치에 접속하여 실시한다.

불꽃점화시험은 본안기기와 본안관련기기를 접속하는 배선의 인덕턴스 및 커패

시턴스를 고려하여 실시한다.

불꽃점화시험의 회수는 텅스텐선 전극유지판축을 회전시킨 회수로 정하며, 피시험회로가 직류인 경우는 극성을 바꾸어 각각 200회 이상, 또는 교류회로인 경우는 1,000회 이상 텅스텐선 전극유지판축을 회전시켜서 실시한다.

불꽃점화시험에서 1.5배의 안전율이 필요한 경우는 피시험회로의 전압 또는 전류를 1.5배로 증가시켜서 해당 시험을 실시한다.

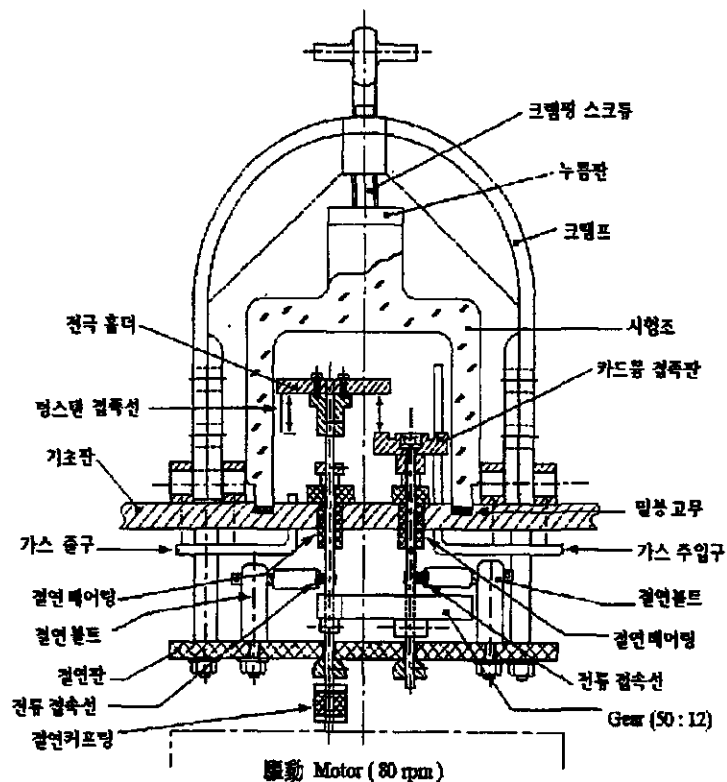


그림 4.11 불꽃점화 시험장치

나) 실험결과

작업등의 불꽃점화 실험결과는 표 4.8과 같다.

표 4.8 불꽃점화 실험결과

구분 실험가스	인가전압 [VDC]	전류 [A]	소비전력 [W]	실험일자	점화유무	
					정극성	부극성
에틸렌	12	1.74	20.88	96. 12. 13	무	무
	15	2.0	30	96. 12. 13	무	무
수소	12	1.74	20.88	96. 12. 16	무	무
	15	2.0	30	96. 12. 16	3회, 유	무
수소	18			96. 12. 16	5회, 유	

4.2.10 내전압시험

가. 실험조건

본안회로, 비본안회로와 안전유지소자 등은 다음 표 4.9의 시험항목에 따라 60Hz의 정현파 교류전압을 1분간 가하여 견디는가 확인한다. 본 실험은 시제품의 상용화 단계에서 실시코자 하였다.

표 4.9 내전압시험의 적용

시험항목			시험전압
회로와 회로간의 절연저항	(a) 본안회로와 비충전급속부분		최소 500V
	(b) 서로 절연된 본안회로간		최소 500V
	(c) 본안회로와 비본안회로간		최소 1,500V
	(d) OPTICAL FIBER 형 안전유지기의 본안회로와 비본안회로		1.5E23+1,000V
기기내부 도선의 절연성능	(a) 본안회로의 도선		최소 500V
	(b) 비본안회로의 도선		최소 1,500V
	(c) ib 기기의 본안회로의 도선 또는 비본안회로의 도선		2,000V
안전유지 소자의 절연성능	(a) 전원 변압기	㉠ 1차권선과2차권선	최소 2,500V
		㉡ 전 권선과 철심 또는 축방지권선간	최소 1,000V
		㉢ 본안회로용 권선과 다른 2차 권선간	최소 2,500V
	(b) 저지용 콘덴서		2E4+1,000V
	(c) 계전기	㉠ 혼촉방지판이 없는 경우: 접점과 코일간	최소 2,500V
		㉡ 혼촉방지판이 있는 경우: 혼촉방지판과 접점 및 코일간	최소 1,000V
(d) Photo Coupler 발광소자측과 수광소자측		최소 2,500V	

제5장 결 론

가연성 물질을 취급하는 화학공장의 보수작업이나 선박의 도장공정에서 사용되는 휴대용 방폭형 작업등을 경량화시키기 위하여 현재 주로 사용되고 있는 소비전력 100W 급의 단일전구를 복수개로 대체하여 본질안전방폭 구조화하였으며, 아울러 점화원과의 점화확률을 낮추기 위하여 고주파 전원을 채택하였다.

이와 같은 휴대용 작업등은 아직 세계적으로도 개발되어 있지 않고 더욱이 신체 조건면에서 열악한 우리 실정을 감안하면 신뢰성 및 경량화 측면에서도 매우 우수한 작업등이라 사료되며, 추후 UL 등의 북미지역 규격에 부합되도록 설계된다면 국산화에 의한 수입대체 효과는 물론 나아가서 수출까지 확장할 수 있게 되었다.

시제품의 제작과정에서 여러 가지 어려운 점이 많았으나 주된 내용으로 다음과 같은 내용의 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 기존의 내압, 압력방폭구조 작업등을 고주파전원 및 저주파전원을 채용한 본질안전방폭구조로 하고, Globe를 유리에서 Poly Carbonate로 대체한 결과 기존 작업등에 비해 약 50%의 경량화를 이룩할 수 있었다.
- (2) 복수개로 조합한 휴대형 작업등은 전구의 전압, 전류, 필라멘트 등을 잘 조합하여 선정하면 동일 소비전력에서 단일의 전구에 걸맞은 조도를 얻을 수 있다.
- (3) 램프의 입력전원을 고주파화하면 상용 교류전원에서보다 높은 조도를 얻을 수 있다.
- (4) 고주파 전원을 채택하는 경우는 직류나 저주파 전원 보다도 점화위험성을 낮출 수 있다.

본 연구 결과 금번에 제작된 시제품을 실용화하기 위해서는 추후 아래와 같은 사항을 고려하여야 한다.

- (1) Lamp의 Bulb를 크게 하면 Lamp의 표면온도를 어느 정도 낮출 수 있으나 전체적으로 작업등의 부피가 커지므로 이를 극복하기 위해서는 Bulb의 2중 구조화, Lamp 내부에 넣는 봉입가스의 성분 및 비율 등을 고려하여야 한다.
- (2) Globe를 Poly Carbonate 등 고분자 화합물로 하는 경우 내 충격강도 면에서는 유리하나 열에 약한 단점이 있으므로 이를 극복하기 위해서는 전구의 배치, 방열 (Globe의 2중 구조화 등)을 고려하여야 한다.
- (3) Lamp 전원을 고주파 화하면 안전성 및 조도면에서 뛰어나나 비용면에서는 고가로 되는 단점이 있다.
- (4) 전구의 조도를 향상시키기 위해서는 다음의 요소들이 권고된다.
 - 투과율이 좋은 글로우브 재질의 선택
 - 작업범위에 부합되도록 광원배치의 집중화
 - 전구전원의 고주파화시 선로에서의 손실방지
 - 고주파 장치에 미치는 Noise를 차단하여 전류 및 주파수의 안정화
 - 전구에 사용되는 필라멘트는 안정적인 것을 사용
 - 단일 전구에서 복수의 전구로 교체하였을 때 전구의 배치구조

- (5) 현장적용시 작업등을 여러 개 복수로 사용하는 경우를 대비하여 전원 용량의 대용량화 및 접속 커넥터, Extension Cable을 구비토록 하여야 한다.

끝으로 충분치 않은 개발기간, 개발사업비, 원부자재 등에도 불구하고 국내에서 최초로 시도하여 성공할 수 있도록 도와주시고 적극적으로 공동연구에 참여한 참여기업의 여러 분에게 감사드립니다. 아울러 방폭성능 평가에 도움을 주신 우리 연구원 방폭전기 검정부 직원들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 산업안전연구원, 본질안전 방폭기기의 평가 및 사용안전에 관한 연구, 연구보고서, 기전연 94-7-9, 1994. 12.
2. 산업안전연구원, 고주파 전기회로에 의한 가연성가스의 점화위험성 분석 및 방지대책에 관한 연구, 연구보고서, 기전연 95-6-7, 1995. 12.
3. 최상원, 이관형, 문정기, “저압방전 불꽃에서 전극재질이 점화에너지에 미치는 영향”, 대한 전기학회 하계학술대회 논문집, pp. 1394~1397, 1995. 7.
4. 최상원, 이관형, 문정기 외, “고주파 전기회로의 개폐불꽃에 의한 혼합기체의 점화 위험성”, 한국산업안전학회 추계학술발표 논문집, pp. 3-6~3-13, 1995. 10. 28
5. H. G. Bass, Intrinsic Safety Instrumentation for Flammable Atmospheres, Quartermaine House., U.K, 1984.
6. Robin Garside, Intrinsically Safe Instrumentation: a Guide, Unwin Brothers Ltd., U.K, 1982.
7. Boveri & CIE, Explosion Protection Manual, Brown, 1984.
8. 文運堂, 電子測定, 1983.
9. 技多利, 電子工學 핸드북, 1984.
10. 池哲根 著, 最新照明工學, 文運堂, 1993.
11. 松浦邦男, 照明の事典, 朝倉書店, 1991.

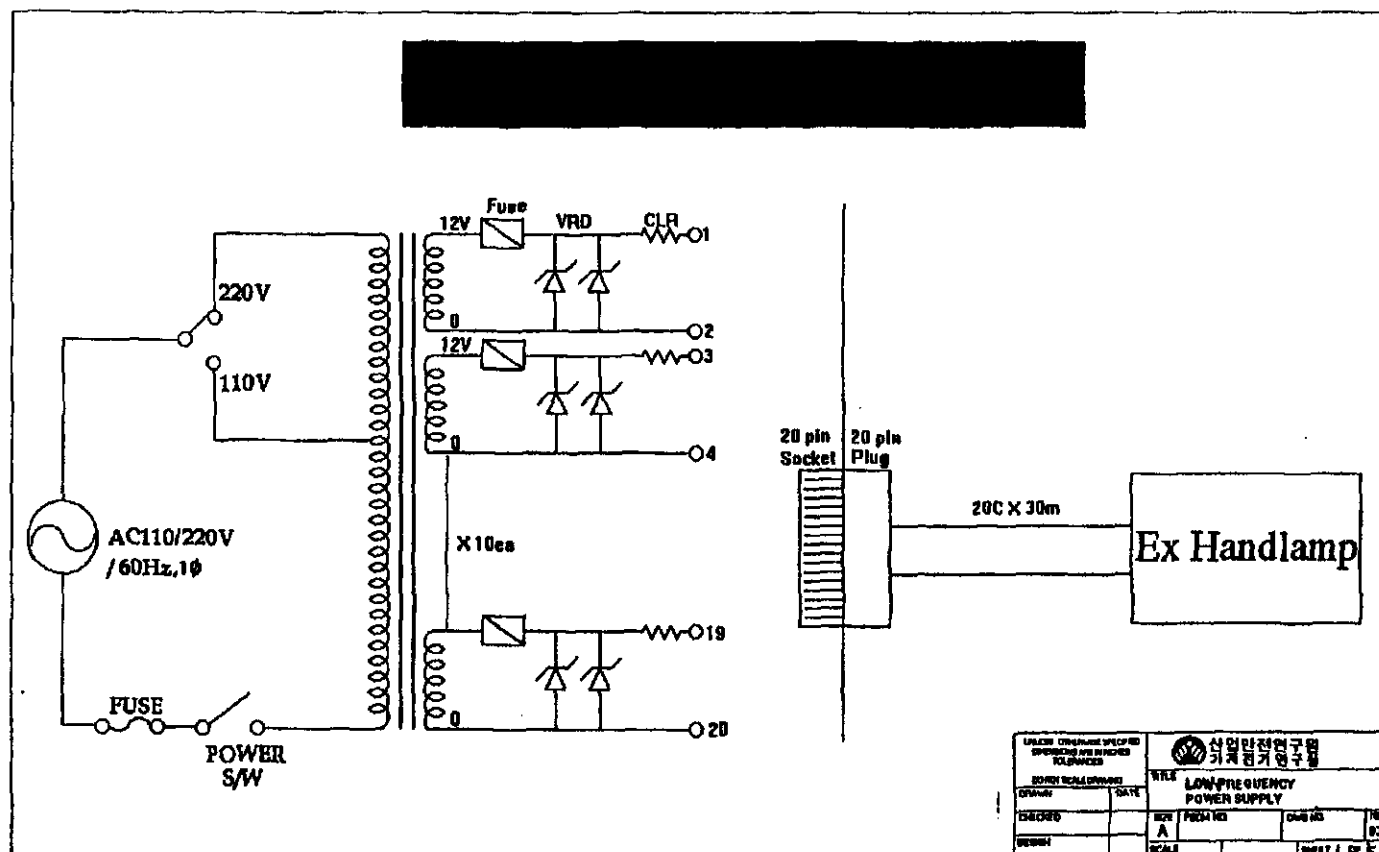
12. オーム社, 照明ハンドブック, 1978.
13. KS C “조명용어”, 1991.
14. KS C “전구류 시험 방법 통칙”, 1989.
15. KS C “휘도 측정 방법”, 1979.
16. KS C “백열 전구(일반 조명용)”, 1994.
17. KS C “휴대 전등용 전구”, 1987.
18. KS C “적외선 전구”, 1985.
19. KS C “형광 램프(일반 조명용)”, 1995.
20. KS C “철도 차량용 전구”, 1980.
21. KS C “자동차용 전구”, 1985.
22. KS C “철도 신호용 전구”, 1984.
23. 조사-기전 ('96), “방폭등”, 산업기술정보원 특허조사자료, 1996. 1.
24. Catalogue, EE-CIRC-IF, “Circular Connectors”, 달성전자주식회사.
25. “80% 초절전 삼파장램프 기술자료”, 국제조명주식회사.
26. Catalogue #PLC-994, “The Boss of portable lighting”, Specialty Lighting INC.
27. Catalogue, Appleton Electric Company, 1991.
28. Catalogue, Crouse-Hinds Company, 1980.

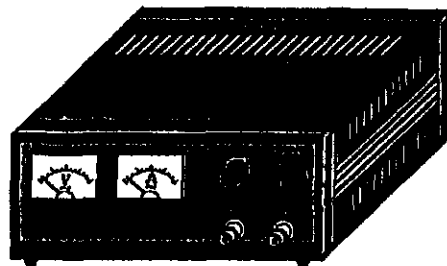
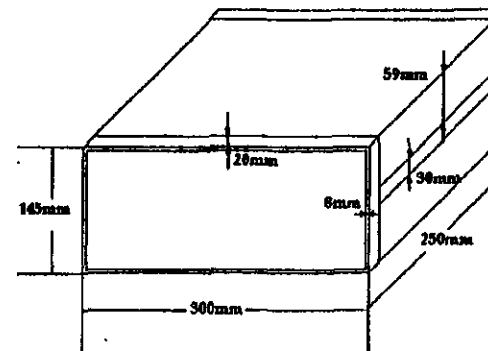
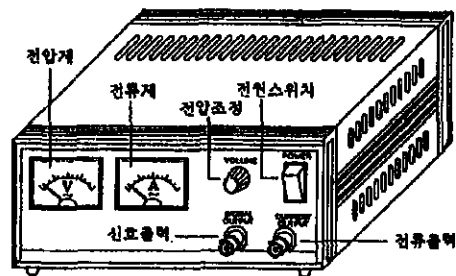
29. Catalogue, Killark Electric Manufacturing Company, 1991.
30. Catalogue, R. STAHL SCHALTGERÄTE GMBH, 1993.

부록

시제품 설계 도면

- | | |
|------------------------|----|
| 1. 저주파 전원공급기 | 82 |
| 2. 고주파 전원공급기 | 83 |
| 3. 작업등 | 93 |

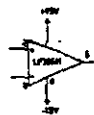


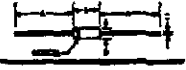


UNITS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS FOR FINISHES TOLERANCES		 산업인전연구원 기계전기연구소			
DO NOT SCALE DRAWING		TITLE 장비의형및 치수			
DRAWN	DATE	SIZE A	FORM NO.	DWG NO.	REV 03
CHECKED		SCALE	SHEET 3 of 5		
DESIGN					

HIGH FREQUENCY PART LIST

HIGH FREQUENCY Part List 1				
MAIN AMP.				
번호	품 명	규 격	수량	기 타
1	TRANSISTOR	2SA1015	2	
2	TRANSISTOR	2SC945	2	
3	TRANSISTOR	D668A	1	
4	TRANSISTOR	B648A	1	
5	DARLINGTON TRANSISTOR	TIP147(PNP)	4	
6	DARLINGTON TRANSISTOR	TIP142(NPN)	4	
7	FET	K30A	2	
8	RESISTOR	10K	4	
9	RESISTOR	3.3K	2	
10	RESISTOR	22K	1	
11	RESISTOR	1K	4	
12	RESISTOR	330	1	
13	RESISTOR	82	1	
14	RESISTOR	5.6K	1	
15	RESISTOR	560	2	
16	RESISTOR	100(5BAND)	2	
17	RESISTOR	1	1	
18	METAL PLATE	0.22	6	
19	VR	1K	1	
20	VR	5K	1	
21	VR	10K	1	
22	CERAMIC CONDENSOR	104	4	
23	CERAMIC CONDENSOR	102	1	
24	DIODE	1N4148	2	
25	CONNECTOR	4PIN	2	
26	HITSINK		1	

HIGH FREQUENCY Part List 2				
SIGNAL GENERATOR				
번호	품 명	규 격	수량	기 타
1	OP. AMP.	LF356H	1	
2	FET	2SK119	1	
3	전해콘덴서	16V/10U	1	
4	전해콘덴서	25V/1U	2	
5	CERAMIC CONDENSOR	0.33	2	
6	CERAMIC CONDENSOR	104	2	
7	RESISTOR	20K	2	
8	RESISTOR	510K	1	
9	RESISTOR	24K	1	
10	RESISTOR	4.3K	2	
11	RESISTOR	56K	1	
12	RESISTOR	620	1	
13	VR	50K(2번)		

HIGH FREQUENCY Part List 3				
POWER CIRCUIT				
번호	품명	규격	수량	기타
1	TRANS	110/220V OUTPUT : 30V DUAL 32V DUAL 15V DUAL AMP. : 6A	1	
2	FAN	110V/60Hz	1	
3	BD	10A	1	
4	BD	5A	1	
5	HALL SENSOR	20A/4V	1	
6	S/W IC	JRC4558DD	1	
7	FET	K30A	2	
8	METER	VOLT. CLASS : 2.5 FS : 300V	1	
9	METER	AMP. CLASS : 2.5 LINE VOLT: 500V	1	
10	RELAY	5A/12V/2점점	1	
11	SCR	2P4M	1	
12	REGULATOR	7815	1	
13	REGULATOR	7915	1	
14	DIODE	1N4148	1	(1N4148) DO-35 
15	전해콘덴서	100WV/470U	2	
16	전해콘덴서	60V/220U	6	
17	전해콘덴서	30V/47U	1	
18	전해콘덴서	30V/10U	1	
19	VR	1K	1	
20	VR	5K	1	
21	RESISTER	10K	2	
22	RESISTER	1K	2	
23	RESISTER	33K	1	
24	RESISTER	3.3K	1	
25	RESISTER	47	1	
26	FUSE	220V/10A	1	

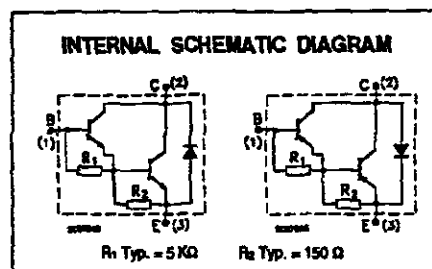
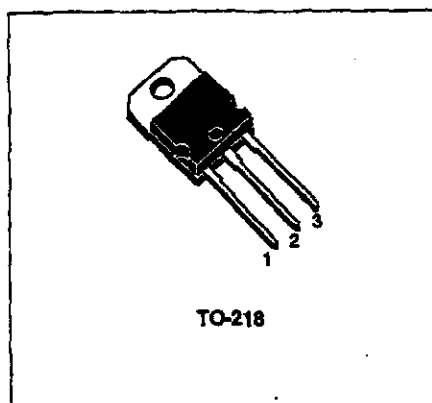
**COMPLEMENTARY SILICON POWER
DARLINGTON TRANSISTORS**

■ SGS-THOMSON PREFERRED SALESTYPES

DESCRIPTION

The TIP141 and TIP142 are silicon epitaxial-base NPN power transistors in monolithic Darlington configuration and are mounted in TO-218 plastic package. They are intended for use in power linear and switching applications.

The complementary PNP types are TIP146 and TIP147 respectively.



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Symbol	Parameter	Value			Unit
		NPN	TIP141	TIP142	
V _{CB0}	Collector-Base Voltage (I _E = 0)		80	100	V
V _{CE0}	Collector-Emitter Voltage (I _E = 0)		80	100	V
V _{EB0}	Emitter-Base Voltage (I _C = 0)		5		V
I _C	Collector Current		10		A
I _{CM}	Collector Peak Current		20		A
I _B	Base Current		0.5		A
P _{tot}	Total Dissipation at T _{case} ≤ 25 °C		125		W
T _{stg}	Storage Temperature		-65 to 150		°C
T _J	Max. Operating Junction Temperature		150		°C

* For PNP types voltage and current values are negative.

TIP141/TIP142/TIP146/TIP147

THERMAL DATA

R_{th-jc}	Thermal Resistance Junction-case	Max	1	°C/W
-------------	----------------------------------	-----	---	------

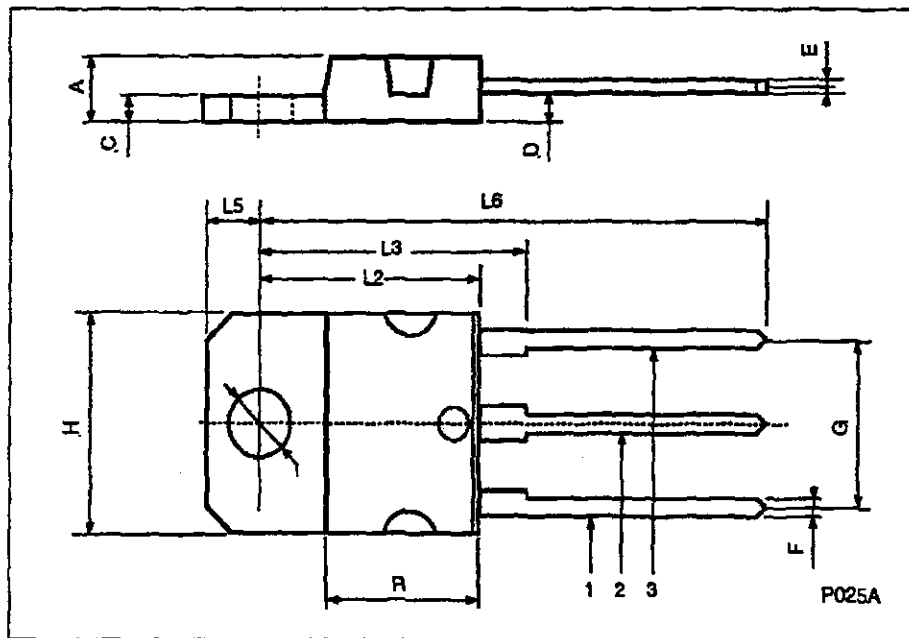
ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{case} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

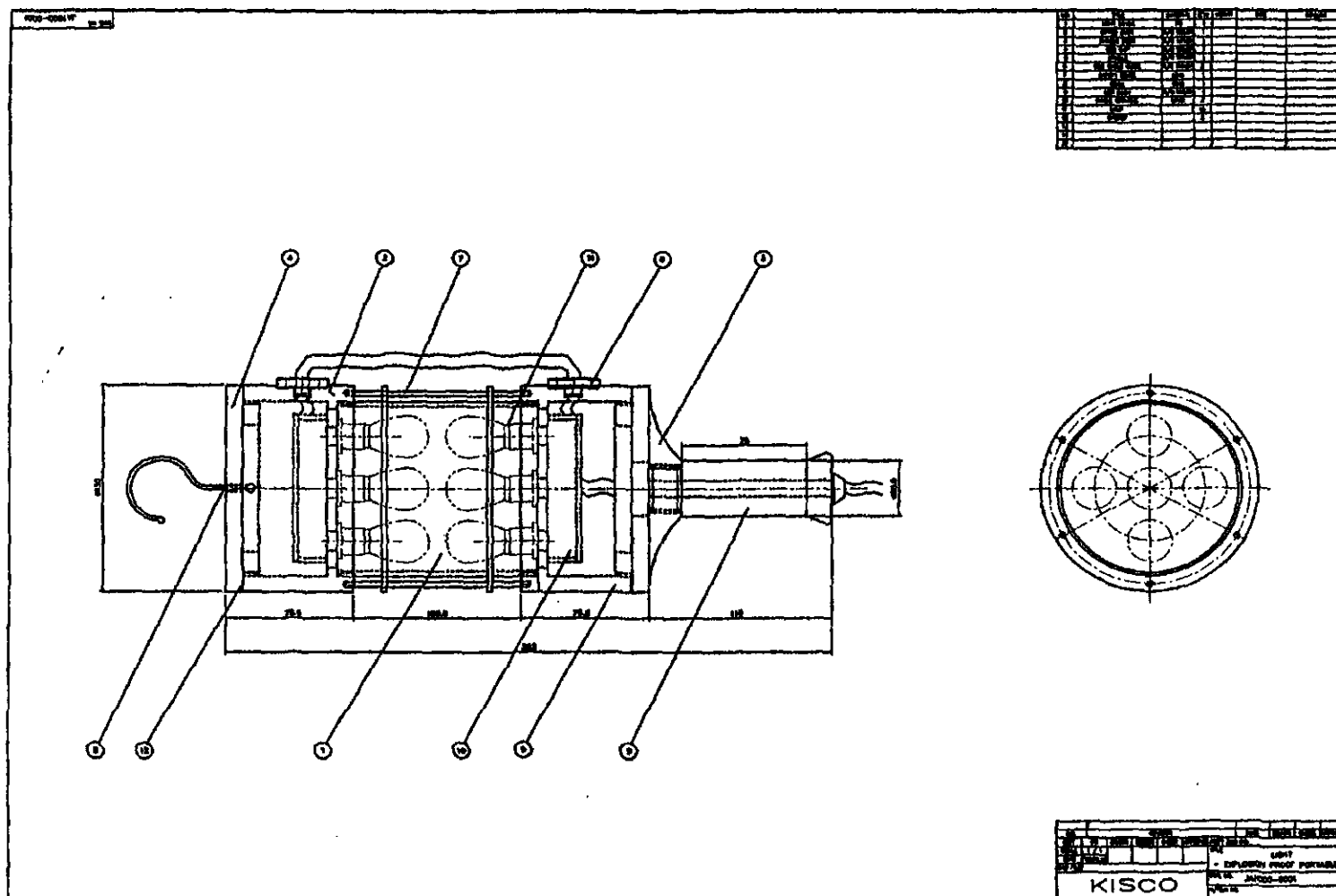
Symbol	Parameter	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_{CBO}	Collector Cut-off Current ($I_E = 0$)	for TIP141/146 $V_{CB} = 80\text{ V}$ for TIP142/147 $V_{CB} = 100\text{ V}$			1 1	mA
I_{CEO}	Collector Cut-off Current ($I_B = 0$)	for TIP141/146 $V_{CE} = 40\text{ V}$ for TIP142/147 $V_{CE} = 50\text{ V}$			2 2	mA
I_{EBO}	Emitter Cut-off Current ($I_C = 0$)	$V_{EB} = 5\text{ V}$			2	mA
$V_{CE(sus)}^*$	Collector-Emitter Sustaining Voltage ($I_B = 0$)	$I_C = 30\text{ mA}$ for TIP141/146 for TIP142/147	80 100			V V
$V_{CE(sat)}^*$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 5\text{ A}$ $I_B = 10\text{ mA}$ $I_C = 10\text{ A}$ $I_B = 40\text{ mA}$			2 3	V V
$V_{BE(on)}^*$	Base-Emitter Voltage	$I_C = 10\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ V}$			3	V
h_{FE}^*	DC Current Gain	$I_C = 5\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ V}$ $I_C = 10\text{ A}$ $V_{CE} = 4\text{ V}$	1000 500			
t_{on}	Turn-on Time	$I_C = 10\text{ A}$ $I_{B1} = 40\text{ mA}$		0.9		μs
t_{off}	Turn-off Time	$I_{E2} = -40\text{ mA}$ $R_L = 3\text{ }\Omega$		4		μs

* For PNP types voltage and current values are negative.

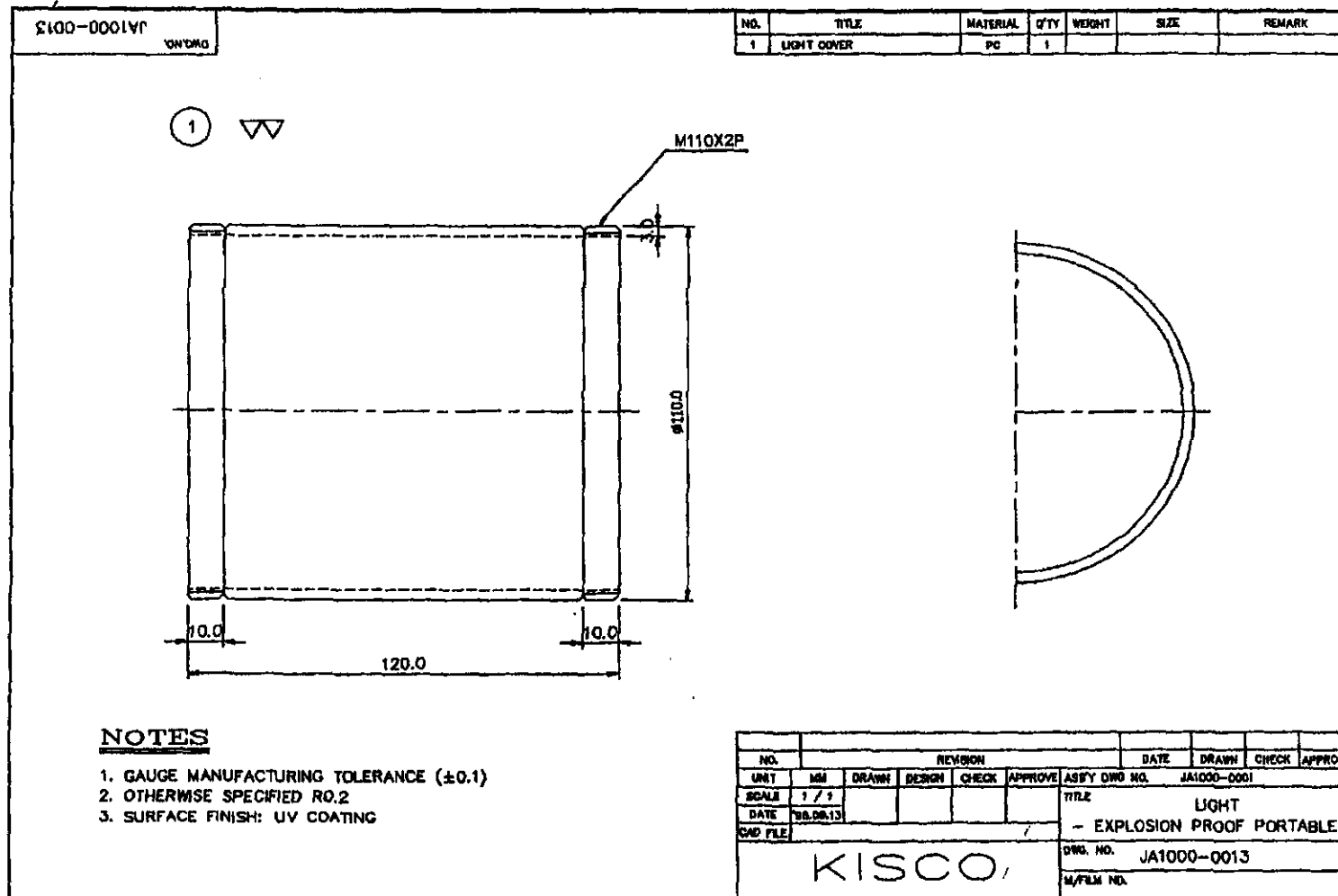
TO-218 (SOT-93) MECHANICAL DATA

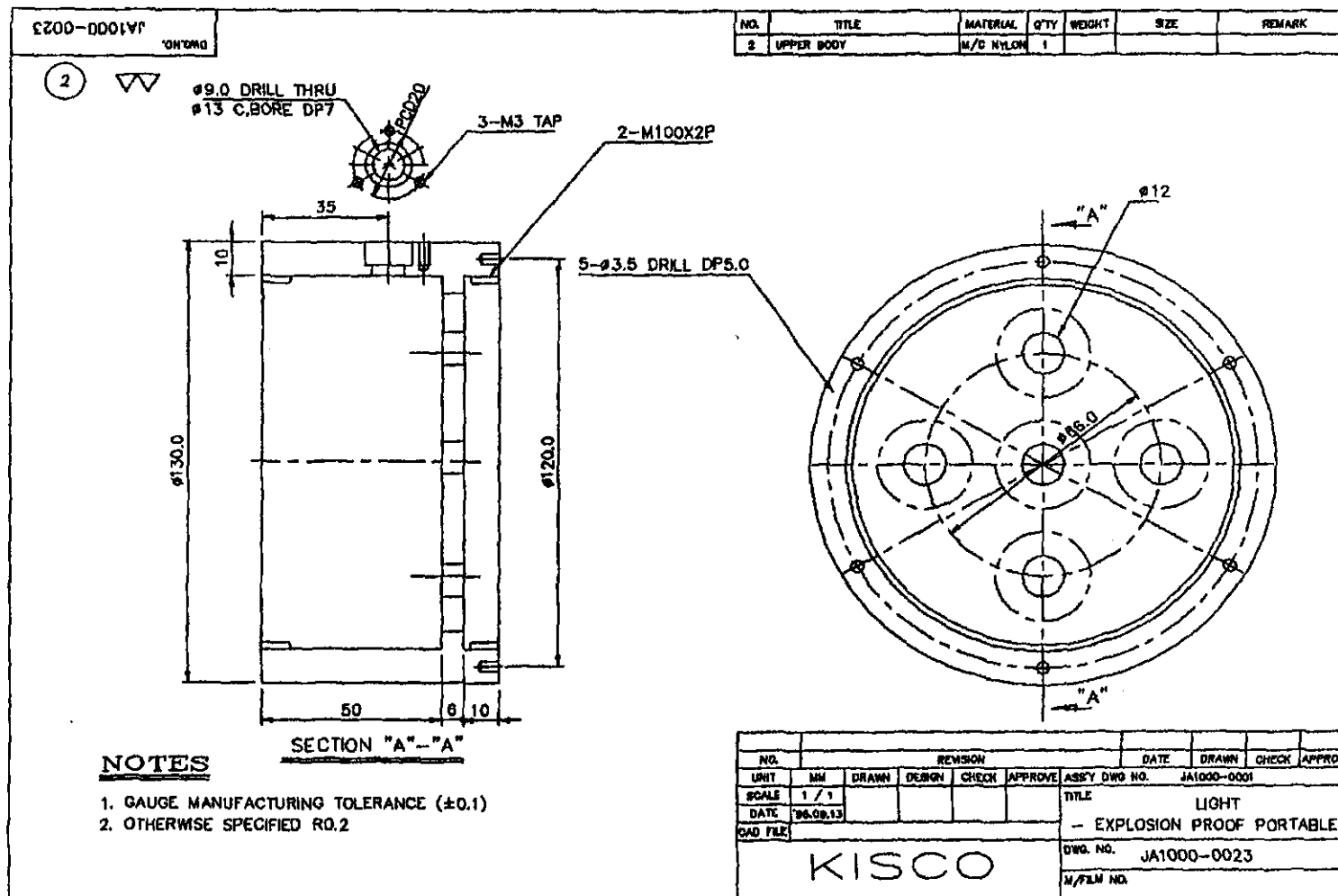
DIM.	mm			inch		
	MIN.	TYP.	MAX.	MIN.	TYP.	MAX.
A	4.7		4.9	0.185		0.193
C	1.17		1.37	0.046		0.054
D		2.5			0.098	
E	0.5		0.78	0.019		0.030
F	1.1		1.3	0.043		0.051
G	10.8		11.1	0.425		0.437
H	14.7		15.2	0.578		0.598
L2	—		16.2	—		0.637
L3		18			0.708	
L5	3.95		4.15	0.155		0.163
L6		31			1.220	
R	—		12.2	—		0.480
Ø	4		4.1	0.157		0.161

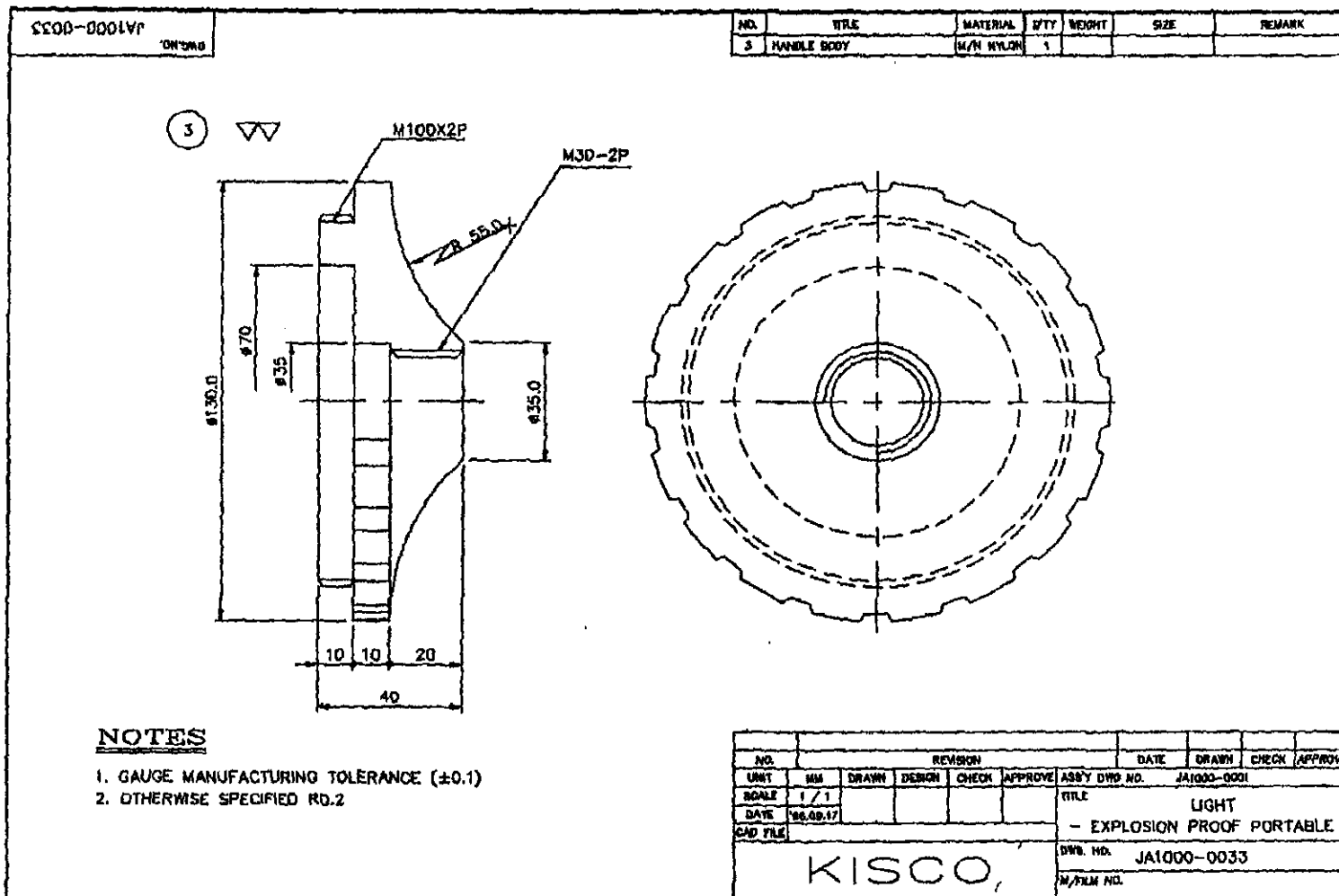




NO.	TITLE	MATERIAL	Q'TY	WEIGHT	SIZE	REMARK
1	LIGHT COVER	PC	1			
2	UPPER BODY	M/C NYLON	1			
3	HANDLE BODY	M/C NYLON	1			
4	END CAP	M/C NYLON	1			
5	HANDLE	M/C NYLON	1			
6	SIDE CABLE GUIDE	M/C NYLON	2			
7	SAFETY FENCE	SS41	1			
8	HOOK	SS41	1			
9	LOW BODY	M/C NYLON	1			
10	CABLE TERMINAL	SPCC	2			
11	LAMP		10			
12	GASKET		2			
13						
14						
15						







Dwg. No. JA1000-0043	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 5%;">NO.</th> <th style="width: 35%;">TITLE</th> <th style="width: 15%;">MATERIAL</th> <th style="width: 10%;">Q'TY</th> <th style="width: 10%;">WEIGHT</th> <th style="width: 10%;">SIZE</th> <th style="width: 25%;">REMARK</th> </tr> <tr> <td>4</td> <td>END CAP</td> <td>M/C NYLON</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	NO.	TITLE	MATERIAL	Q'TY	WEIGHT	SIZE	REMARK	4	END CAP	M/C NYLON	1			
NO.	TITLE	MATERIAL	Q'TY	WEIGHT	SIZE	REMARK									
4	END CAP	M/C NYLON	1												

Side View Dimensions:
 Total Length: 130.0
 Hole Diameter: 4.5
 Outer Diameter: 70
 Bottom Segments: 10, 10

Top View

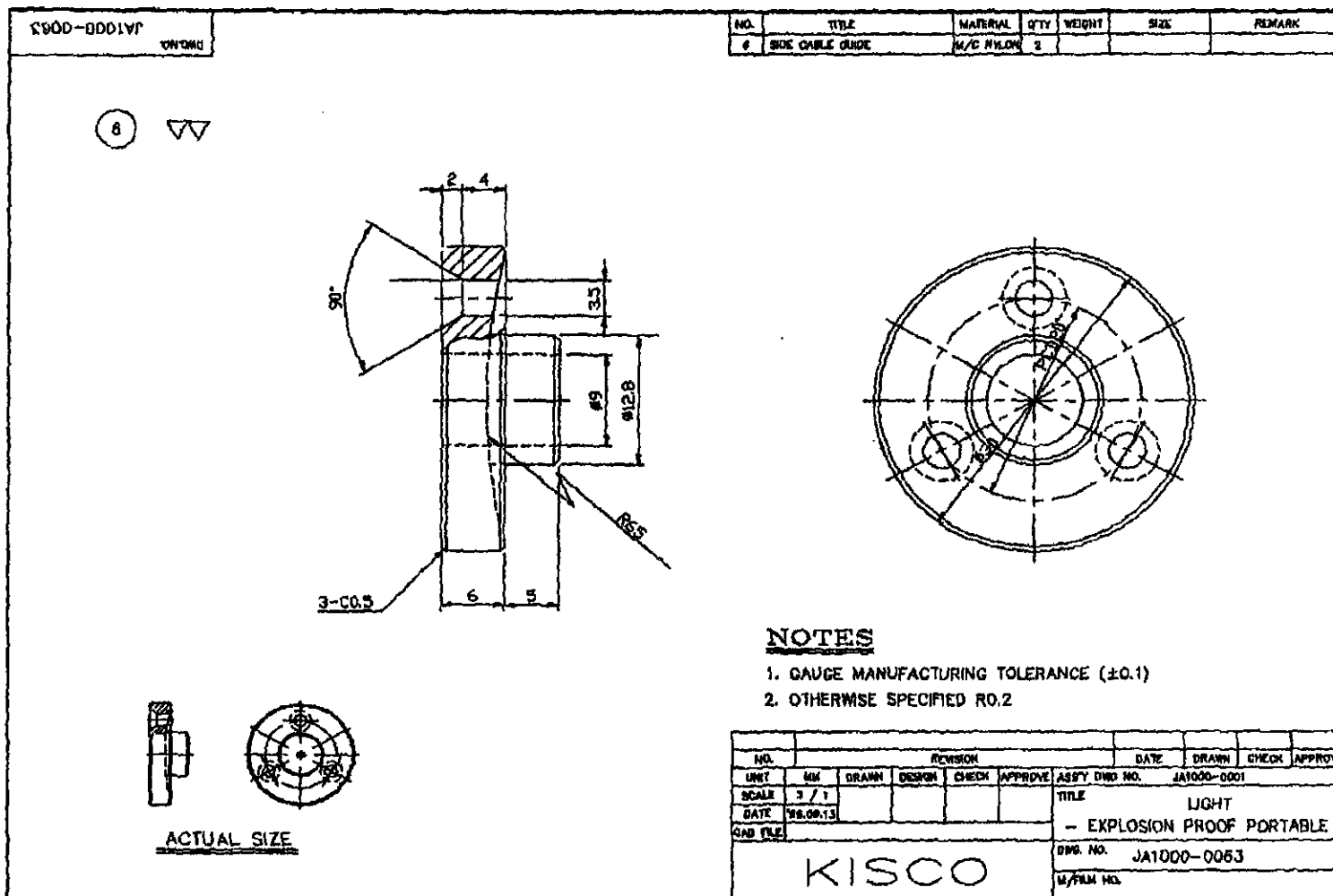
NOTES

- GAUGE MANUFACTURING TOLERANCE (± 0.1)
- OTHERWISE SPECIFIED CD.2

NO.	REVISION					DATE	DRAWN	CHECK	APPROVE
UNIT	MM	DRAWN	DESIGN	CHECK	APPROVE	ASBY DWG NO.	JA1000-0001		
SCALE	1 / 1					TITLE - EXPLOSION PROOF PORTABLE -			
DATE	99.08.13								
CAD FILE						DWG. NO. JA1000-0043 M/FILM NO.			

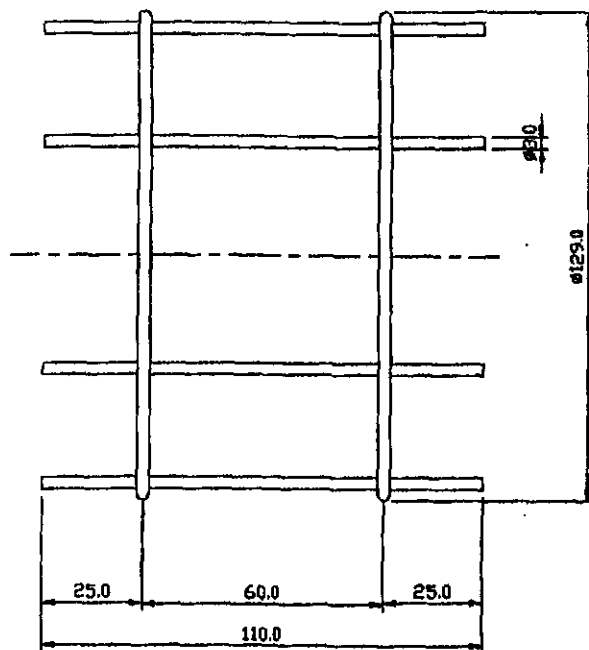
KISCO

5900-0001V ON Dwg	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 5%;">NO.</th> <th style="width: 45%;">TITLE</th> <th style="width: 15%;">MATERIAL</th> <th style="width: 10%;">QTY</th> <th style="width: 10%;">WEIGHT</th> <th style="width: 10%;">SIZE</th> <th style="width: 15%;">REMARK</th> </tr> <tr> <td>5</td> <td>HANDLE</td> <td>M/N NYLON</td> <td>1</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table> M30X2P SCREW #13 DRILL NOTES 1. GAUGE MANUFACTURING TOLERANCE (± 0.1) 2. OTHERWISE SPECIFIED RD.2 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 5%;">NO.</th> <th colspan="5" style="width: 45%;">REVISION</th> <th style="width: 10%;">DATE</th> <th style="width: 10%;">DRAWN</th> <th style="width: 10%;">CHECK</th> <th style="width: 15%;">APPROVE</th> </tr> <tr> <td>UNIT</td> <td>MM</td> <td>DRAWN</td> <td>DESIGN</td> <td>CHECK</td> <td>APPROVE</td> <td>ASSY DWG NO.</td> <td colspan="3">JA1000-0001</td> </tr> <tr> <td>SCALE</td> <td>1 / 1</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td colspan="4" rowspan="2">TITLE - EXPLOSION PROOF PORTABLE -</td> </tr> <tr> <td>DATE</td> <td>98.09.17</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">GAD FILE</td> <td colspan="4">DWG. NO. JA1000-0053</td> </tr> <tr> <td colspan="6" rowspan="2" style="text-align: center; vertical-align: middle; font-size: 2em;">KISCO</td> <td colspan="4">M/PRM NO.</td> </tr> <tr> <td colspan="4"></td> </tr> </table>	NO.	TITLE	MATERIAL	QTY	WEIGHT	SIZE	REMARK	5	HANDLE	M/N NYLON	1				NO.	REVISION					DATE	DRAWN	CHECK	APPROVE	UNIT	MM	DRAWN	DESIGN	CHECK	APPROVE	ASSY DWG NO.	JA1000-0001			SCALE	1 / 1					TITLE - EXPLOSION PROOF PORTABLE -				DATE	98.09.17					GAD FILE						DWG. NO. JA1000-0053				KISCO						M/PRM NO.							
NO.	TITLE	MATERIAL	QTY	WEIGHT	SIZE	REMARK																																																																					
5	HANDLE	M/N NYLON	1																																																																								
NO.	REVISION					DATE	DRAWN	CHECK	APPROVE																																																																		
UNIT	MM	DRAWN	DESIGN	CHECK	APPROVE	ASSY DWG NO.	JA1000-0001																																																																				
SCALE	1 / 1					TITLE - EXPLOSION PROOF PORTABLE -																																																																					
DATE	98.09.17																																																																										
GAD FILE						DWG. NO. JA1000-0053																																																																					
KISCO						M/PRM NO.																																																																					

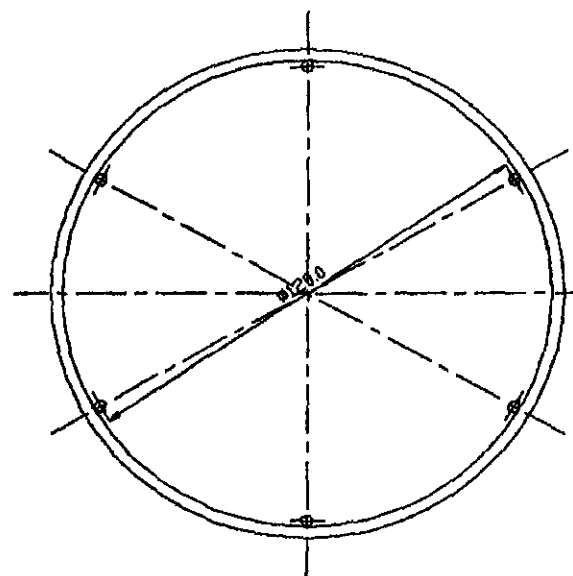


DWG. NO. JA1000-0073

7



NO.	TITLE	MATERIAL	Q'TY	WEIGHT	SIZE	REMARK
7	SAFETY FENCE	SS41	1			

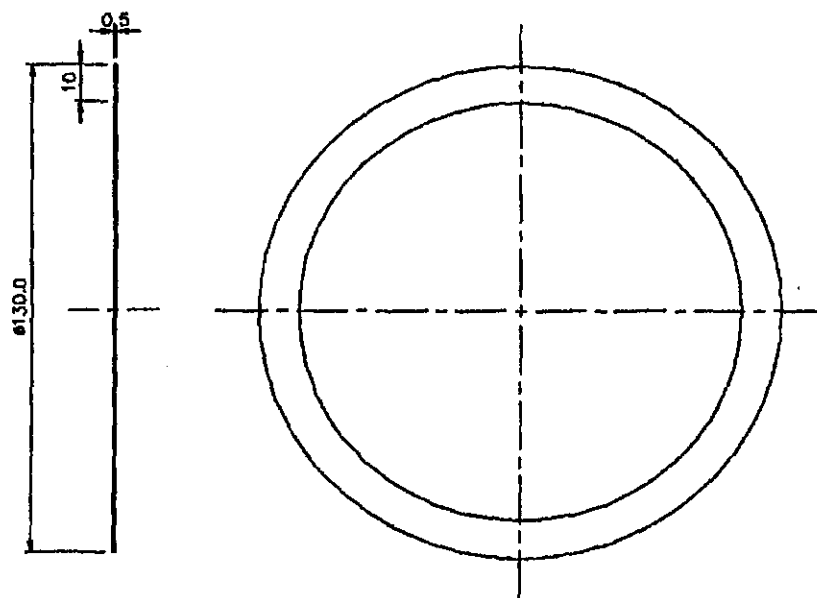


NO.		REVISION				DATE	DRAWN	CHECK	APPROVE
UNIT	MM	DRAWN	DESIGN	CHECK	APPROVE	ASSY. DWG. NO.	JA1000-0001		
SCALE	N / S					TITLE			
DATE	98.08.13					LIGHT			
QAD FILE						- EXPLOSION PROOF PORTABLE -			
KISCO						DWG. NO. JA1000-0073			
						M/FILM NO.			

JA1000-0083
DWS

NO.	TITLE	MATERIAL	Q'TY	WIGHT	SIZE	REMARK
2	GABGET		2			

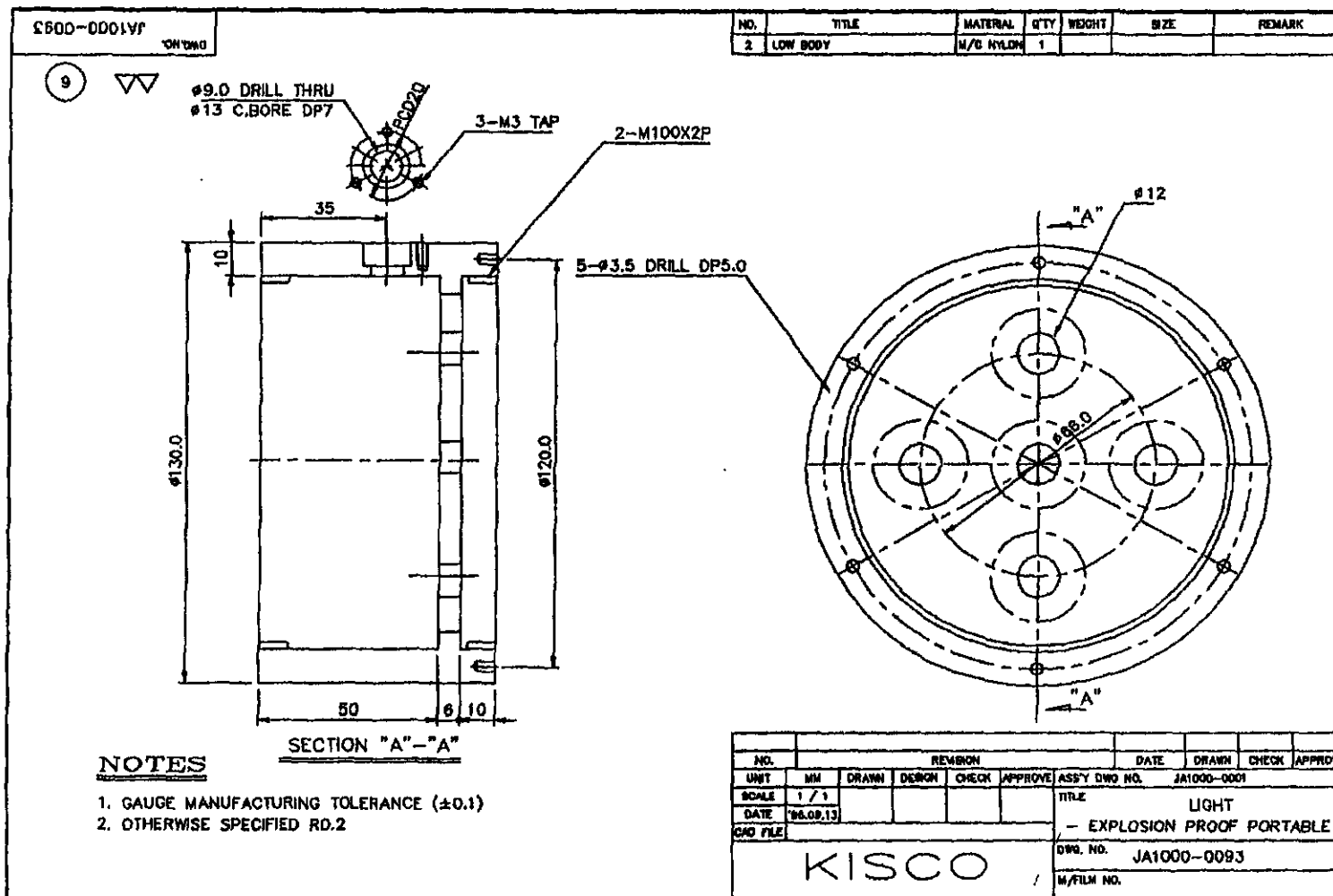
12



NOTES

1. GAUGE MANUFACTURING TOLERANCE (± 0.1)
2. OTHERWISE SPECIFIED RD.2

NO.		REVISION				DATE	DRAWN	CHECK	APPROVE
UNIT	MM	DRAWN	DESIGN	CHECK	APPROVE	ASSY DWO NO.	JA1000-0001		
SCALE	1 / 1					TITLE			
DATE	2008.13					LIGHT			
END FILE						- EXPLOSION PROOF PORTABLE -			
KISCO						DWS. NO. JA1000-0083			
						N/FILM NO.			



NO.	TITLE	MATERIAL	Q'TY	WEIGHT	SIZE	REMARK
1	LIGHT COVER	PC	1			
3	HANDLE BODY	M/C NYLON	1			
5	HANDLE	M/C NYLON	1			
7	SAFETY FENCE	SS41	1			
9	LOW BODY	M/C NYLON	1			
11	LAMP		9			
12	GASKET		2			
13						
14						
15						

휴대용 방폭형 작업등의 경량화 연구

(기안연 96-5-5)

=====

발 행 일 : 1996. 12.

발 행 인 : 산업안전연구원장 이 한훈

연구 책임자 : 선임연구원 최 상원

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전연구원

기전안전연구실

주소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

TEL : (032) 5100-838

FAX : (032) 513-6483

=====

<비매품>

인쇄 : 웃고문화사 (TEL : 02-267-3956)