

안전분야-연구자료
연구원-2000-13-133
S-RD-I-2000-13-133

전기기기의 본질안전화에 의한 방폭기술 개발

The Development of Intrinsically Safe Technique for
Explosion-Proof Electrical Apparatus

한국산업안전공단
산업안전보건연구원

제 출 문

한국산업안전공단 이사장 귀하

본 보고서를 산업재해 예방기술의 연구개발 및 보급사업의 일환으로 수행한 “전기기기의 본질안전화에 의한 방폭기술 개발”의 최종 보고서로 제출합니다.

1999. 12.

연구 기관: 산업안전보건연구원 안전공학연구실

연구책임자: 선임연구원 최 상원

요 약 문

1. 과제명

전기기기의 본질안전화에 의한 방폭기술 개발

2. 연구 기간

1999. 1. ~ 12. (12개월)

3. 연구자

산업안전보건연구원 안전공학연구실 선임연구원 최 상원

4. 연구 목적

현재 국내에서 사용되는 가연성 가스·증기를 대상으로 한 전기기기의 방폭화 기술 9가지 (내압, 압력, 안전증, 유입, 충전, 비점화, 몰드, 본질안전 및 특수 방폭구조) 중에서 대부분 내압 방폭구조 및 안전증 방폭구조를 채용하고 있는 바 이의 단점 때문에 무겁거나 신뢰성이 약한 편이다. 또한, 노동부 고시 제93-19호 「사업장 방폭구조 전기기계·기구 배선 등의 선정·설치 및 보수 등에 관한 지침」에서 내압 방폭구조는 방폭지역의 위험등급 (0, 1, 2종)중 1종장

소에서 사용하며, 안전중 방폭구조는 2종장소에서만 사용할 수 있기 때문에 위험등급이 높은 0종장소에서는 사용할 수 없다.

위험등급이 가장 높은 0종장소에서 사용될 수 있는 적용 가능한 방폭구조는 본질안전뿐이다. 그러나 제조업체의 입장에서 볼 때 이에 대한 설계기술 및 적용기술에 대한 지식이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 계측기 등과 같은 소전력 전기기기는 이미 선진국에서는 경제성 및 신뢰성에서 내압 방폭구조를 탈피하여 본질안전 방폭구조 대치되어 가고 있는 실정이나 국내에서는 이러한 본질안전화 기술이 미미하여 아직도 내압 방폭구조를 선호하고 있는 실정을 고려하여 기존의 내압 방폭기기를 적용하고 있거나 방폭구조가 아닌 소전력 전기기기를 본질안전 방폭구조로 적용시키는 기술을 개발하는데 그 목적이 있다.

5. 연구 내용

본질안전화 기술을 다음의 전기기기에 적용시켜 자체 또는 공동연구 업체에서 시제품을 제작하는 본 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 정전기 접지용 커넥터의 본질안전 방폭화 기술
- 디지털 만능계측기의 본질안전 방폭화 기술
- 카메라의 본질안전 방폭화 기술
- 2차 전지 단락에 의한 점화 방지기의 본질안전 방폭화 기술
- Robot용 Teaching Pendant의 본질안전 방폭화 기술
- 기타 방폭지역에서 사용하는 전기기기의 본질안전 방폭화 기술

본 연구과제의 내용 중 디지털 만능 계측기 및 Robot 용 Teaching Pendant에 대한 참여기업과의 역할 분담은 다음과 같다.

연구 내용	역 할 분 담	
	연구원	참여기업
국내외 기술/특허조사	○	
개발품 선정 및 주요 사양결정	○	
관련 국내외 제품 수집, 분석 평가	○	
이론정립 및 물성치 측정	○	
기본개념 정립 및 시제품 설계	○	
시제품의 현장의견 조사 및 대책 수립	○	○
생산원가 분석		○
시제품 제작		○
시제품 평가	○	
보완 (설계, 평가)	○	○
보고서 작성	○	

6. 활용 계획

본 연구의 결과는 계측기 등과 같은 소전력 전기기기를 본질안전 방폭구조로 적용시키는 기술을 개발하여 고 신뢰성화 및 경량화 시킴으로써 수입대체 효과는 물론 역으로 선진 외국에 수출함으로써 직접적으로는 외화획득과 간접적으로는 고도의 안전을 확보하여 사업장에 보급할 수 있으며, 향후 활용 계획은 다음과 같다.

- 방폭 전기기기 제조업체: 경제성 및 신뢰성을 갖는 본질안전 설계기술 제공
- 방폭 전기기기 사용 사업장: 안전성이 확보된 국산품의 방폭 전기기기 제공
- 방폭성능의 검정 및 평가에 활용
- 화재·폭발 재해감소에 기여
- 수입대체 효과 및 수출기대 효과
- 특허 또는 실용신안 획득으로 Royalty 기대

7. 연구 개요

본 연구에서는 계측기 등과 같은 소전력 전기기기를 본질안전 방폭구조를 적용시키는 기술을 개발하여 고 신뢰성화 및 경량화시킨 4종 (만능계측기, 정전기 접지용 커넥터, 점화 방지기, Robot용 Teaching Pendant)의 시제품을 공동/자체 연구를 통하여 제작한 후 점화 위험성에 대한 평가를 실시하여 안전성을 입증코자 하였다.

본 연구의 주된 연구결과는 다음과 같다.

- Digital Multimeter, Digital Clamp Meter, Ground Controller & Wiring Device, Personal Communication Service, Camera 등 20여종의 기존 샘플의 점화 위험성을 평가하였다.
- 기존 샘플의 점화 위험성 평가결과를 바탕으로 만능계측기, 정전기 접지용 커넥터, 점화 방지기 및 Robot용 Teaching Pendant를 제작하여 본질안전 방폭성능에 대한 제반 요건과 점화 위험성을 평가하여 이를 만족한다는 것을 입증하였다.

8. 중심어

방폭 (Explosion Proof), 본질안전 방폭구조 (Intrinsically Safe Construction), 점화 위험성 (Ignition Hazards), 최소 점화 에너지 (Minimum Ignition Energy)

차 례

제 출 문	
요 약 문	i
표 목 차	viii
그림 목차	ix
제 1 장 서 론	1
1. 연구 배경	1
2. 연구 추진 내용 및 범위	3
3. 연구 추진 방법	3
제 2 장 본질안전 방폭성능의 평가	5
1. 실험 방법 및 실험 장치의 구성	5
가. IEC형 불꽃점화 실험장치	5
나. 최소 점화 에너지 측정장치	8
2. 기존 샘플의 사양 및 특성	9
가. Digital Multimeter	9
나. Digital Clamp Meter	10
다. Ground Controller & Wiring Device	10
라. Camera	10
마. Personal Communication Service	12
바. Robot용 Teaching Pendant	13
사. 기타	13

3. 기존 샘플의 점화 위험성 평가	24
가. Digital Multimeter	24
나. Digital Clamp Meter	24
다. Ground Controller & Wiring Device	24
라. Camera	25
마. 이동가입 무선전화 장치	25
사. Robot용 Teaching Pendant	26
4. Hot-Wire Ignition에 의한 점화 위험성	26
5. 건전지에 의한 점화 위험성	27
 제 3 장 시제품의 설계 및 제작	51
1. 관련 제품의 해외 특허기술 분석	51
가. 소형 활선 저항 측정기	51
나. 측정기구의 과부하를 방지하는 장치	51
다. 정전기에 다른 전기불꽃의 보호	53
라. 정전 전하를 검출하는 방법	54
2. 설계 기준	55
가. Digital Multimeter	55
나. 정전기 접지용 커넥터	56
다. 점화 방지기	58
라. Robot용 Teaching Pendant	59
3. 제작 방법	59
 제 4 장 개발품의 사양 및 평가	60
1. 개발품의 사양 및 특성	60
가. Digital Multimeter	60
나. 정전기 접지용 커넥터	61

다. 점화 방지기	61
라. Robot용 Teaching Pendant	62
2. 점화 위험성 평가	63
가. 실험장치의 구성 및 평가방법	63
나. 실험결과 및 고찰	64
 제 5 장 결 론	 79
참고 문헌	81

표 목차

<표 2-1>	제한 사항	6
<표 2-2>	Digital Multimeter의 사양	11
<표 2-3>	Digital Clamp Meter의 사양	11
<표 2-4>	Ground Controller & Wiring Device의 사양	12
<표 2-5>	카메라의 사양	12
<표 2-6>	이동가입 무선전화 장치의 사양	13
<표 2-7>	전극 직경 및 재질에 따른 점화전류의 영향	27
<표 2-8>	1차 전지에서서의 최소 점화 한계	28
<표 4-1>	Digital Multimeter의 사양	60
<표 4-2>	정전기 접지용 커넥터의 사양	61
<표 4-3>	점화 방지기의 사양	62
<표 4-4>	Robot용 Teaching Pendant의 사양	63
<표 4-5>	실험 기기 및 계측기의 사양	64

그림 목차

[그림 2-1]	IEC형 불꽃점화 실험장치의 구성도	6
[그림 2-2]	IEC 불꽃점화 실험장치 외형 사진	7
[그림 2-3]	IEC형 불꽃점화 실험장치의 전극부 상세도	7
[그림 2-4]	MIE 실험장치의 구성도	8
[그림 2-5]	MIE 실험장치의 외형 사진	9
[그림 2-6]	Digital Multimeter의 외형 사진	15
[그림 2-7]	Digital Clamp Meter의 외형 사진	15
[그림 2-8]	Ground Controller & Wiring Device의 외형 사진	16
[그림 2-9]	일반용 카메라의 외형 사진	16
[그림 2-10]	디지털 카메라의 외형 사진	17
[그림 2-11]	휴대폰의 외형 사진 (SCH-100S)	17
[그림 2-12]	휴대폰의 외형 사진 (SCH-700)	18
[그림 2-13]	휴대폰의 외형 사진 (SCH-400형)	18
[그림 2-14]	휴대폰의 외형 사진 (SCH-A100형)	19
[그림 2-15]	휴대폰의 외형 사진 (LDP-200형)	19
[그림 2-16]	휴대폰의 외형 사진 (MISCELL형)	20
[그림 2-17]	휴대폰의 외형 사진 (HGC-990)	20
[그림 2-18]	휴대폰의 외형 사진 (TAC B.C.-2형)	21
[그림 2-19]	휴대폰의 외형 사진 (TAC 2800형)	21
[그림 2-20]	휴대폰의 외형 사진 (TAC 500형)	22
[그림 2-21]	방폭형 Robot용 Teaching Pendant의 외형 사진	22
[그림 2-22]	일반형 Robot용 Teaching Pendant의 분해 사진	23

[그림 2-23]	휴대용 무선기의 외형 사진	23
[그림 2-24]	만능계측기용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (R社)	29
[그림 2-25]	만능계측기용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社)	29
[그림 2-26]	만능계측기용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (R社)	30
[그림 2-27]	만능계측기용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社)	30
[그림 2-28]	Ground Controller의 클램프 접촉시 방전 전압 및 전류 파형 .	31
[그림 2-29]	디지털 카메라용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (F社)	31
[그림 2-30]	디지털 카메라용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (F社)	32
[그림 2-31]	일반 카메라용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (K社)	32
[그림 2-32]	일반 카메라용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (K社)	33
[그림 2-33]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社L-SCH-100S) .	33
[그림 2-34]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社L-SCH-100S) .	34
[그림 2-35]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社S-SCH-100S) ..	34
[그림 2-36]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社S-SCH-100S) ..	35
[그림 2-37]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社-SCH-700)	35
[그림 2-38]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社-SCH-700)	36
[그림 2-39]	휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류 파형 (S社L-SCH-A100) ..	36
[그림 2-40]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社L-SCH-A100) .	37
[그림 2-41]	휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류 파형 (S社S-SCH-A100) ...	37
[그림 2-42]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社S-SCH-A100) .	38
[그림 2-43]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (L社-LDP-200형) ..	38
[그림 2-44]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (L社-LDP-200형) ..	39
[그림 2-45]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (L社L-MISELL)	39
[그림 2-46]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (L社L-MISELL)	40
[그림 2-47]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (L社S-MISELL)	40
[그림 2-48]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (L社S-MISELL)	41
[그림 2-49]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (H社L-HGC-990) .	41

[그림 2-50]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (H社L-HGC-990) .	42
[그림 2-51]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (H社S-HGC-990) ..	42
[그림 2-52]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (H社S-HGC-990) ..	43
[그림 2-53]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (M社-2800형-1)	43
[그림 2-54]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (M社-2800형-1)	44
[그림 2-55]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형-1 (M社-2800형-2) .	44
[그림 2-56]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형-2 (M社-2800형-2) .	45
[그림 2-57]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (M社-2800형-2)	45
[그림 2-58]	휴대폰용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (M社-TAC B.C-2형) .	46
[그림 2-59]	휴대폰용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (M社-TAC B.C-2형) .	46
[그림 2-60]	Teaching Pendant의 정상 상태의 입력 전압 및 전류 파형	47
[그림 2-61]	Teaching Pendant의 개폐 상태의 입력 전압 및 전류 파형-1	47
[그림 2-62]	Teaching Pendant의 개폐 상태의 입력 전압 및 전류 파형-2	48
[그림 2-63]	Capacitor의 정상상태 (5.5V)의 방전 전압 및 전류 파형	48
[그림 2-64]	Capacitor의 정상상태 (5.5V)의 개폐 전압 및 전류 파형-1	49
[그림 2-65]	Capacitor의 정상상태 (5.5V)의 개폐 전압 및 전류 파형-2	49
[그림 2-66]	Capacitor의 과전압 상태 (8.3V)의 개폐 전압 및 전류 파형-1	50
[그림 2-67]	Capacitor의 과전압 상태 (8.3V)의 개폐 전압 및 전류 파형-2	50
[그림 3-1]	소형 활성 저항 측정기의 구조도	52
[그림 3-2]	측정기구의 과부하 방지회로	52
[그림 3-3]	정전기 방전 보호기구의 구조도	53
[그림 3-4]	만능 계측기를 사용한 정전하 측정회로	54
[그림 3-5]	정전기 접지용 커넥터의 접속도	57
[그림 3-6]	정전기 접지용 커넥터의 구성도	57
[그림 3-7]	접화 방지기의 구성도	58
[그림 4-1]	Digital Multimeter의 외형 사진	67
[그림 4-2]	Digital Multimeter의 분해 사진	67

[그림 4-3]	정전기 접지용 커넥터의 외형 사진	68
[그림 4-4]	정전기 접지용 커넥터의 분해 사진	68
[그림 4-5]	점화 방지기의 외형 사진	69
[그림 4-6]	점화 방지기의 분해 사진	69
[그림 4-7]	Teaching Pendant의 외형 사진	70
[그림 4-8]	Teaching Pendant의 분해 사진	70
[그림 4-9]	IEC형을 사용한 점화실험 회로도	71
[그림 4-10]	MIE형을 사용한 점화실험 회로도	71
[그림 4-11]	점화 위험성 실험장치의 구성사진	72
[그림 4-12]	만능계측기용 건전지의 방전 전압 및 전류 파형 (R社)	72
[그림 4-13]	만능계측기용 건전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社)	73
[그림 4-14]	만능계측기용 건전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (R社)	73
[그림 4-15]	만능계측기용 건전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社)	74
[그림 4-16]	만능계측기의 정상상태 전압 및 전류 파형	74
[그림 4-17]	만능계측기의 버저 동작시 전압 및 전류 파형	75
[그림 4-18]	만능계측기의 정상 상태시 개폐 전압 및 전류 파형	75
[그림 4-19]	만능계측기의 버저 동작시 개폐 전압 및 전류 파형	76
[그림 4-20]	정전기 접지용 커넥터의 클램프 접촉시 방전 전압 및 전류 파형	76
[그림 4-21]	점화 방지기의 최소 점화지연 시간의 측정결과	77
[그림 4-22]	Teaching Pendant의 정상 상태 전압 및 전류 파형	77
[그림 4-23]	Teaching Pendant의 개폐 상태 전압 및 전류 파형	78

제 1 장 서 론

1. 연구 배경

산업재해를 기인물 및 발생형태별로 살펴보면 화재·폭발이 차지하는 비율은 전체 산업재해에 비하여 그다지 큰 비율을 차지하고 있지는 않으나 전기기기가 점화원이 되어 일어나는 화재·폭발은 일반 산업재해에 비하여 사망률이 높고, 폭발 후 2차적으로 화재를 동반하기 때문에 피해복구가 불가능하며, 또한 사고시 피해액이 크므로 사전에 이를 방지하는 것이 가장 효과적이다.

현재 국내에서 사용되는 가연성 가스·증기를 대상으로 한 전기기기의 방폭화 기술 9가지 (내압, 압력, 안전증, 유입, 충전, 비점화, 몰드, 본질안전 및 특수 방폭구조) 중에서 대부분 내압 방폭구조 및 안전증 방폭구조를 채용하고 있는 바 이의 단점 때문에 무겁거나 신뢰성이 약한 편이다. 또한, 노동부 고시 제93-19호 「사업장 방폭구조 전기기계·기구 배선 등의 선정·설치 및 보수 등에 관한 지침」에서 내압 방폭구조는 방폭지역의 위험등급 (0, 1, 2종)중 1종장소에서 사용하며, 안전증 방폭구조는 2종장소에서만 사용할 수 있기 때문에 위험등급이 높은 0종장소에서는 사용할 수 없다.^{[1]~[4]}

위험등급이 가장 높은 0종장소에서 사용될 수 있는 적용 가능한 방폭구조는 본질안전 뿐이다. 그러나 제조업체의 입장에서 볼 때 이에 대한 설계기술 및 적용기술에 대한 지식이 부족한 실정이다.

본 연구에서는 계측기 등과 같은 소전력 전기기기는 이미 선진국에서는 경

제성 및 신뢰성에서 내압 방폭구조를 탈피하여 본질안전 방폭구조 대치되어 가고 있는 실정이나 국내에서는 이러한 본질안전화 기술이 미미하여 아직도 내압 방폭구조를 선호하고 있는 실정을 고려하여 기존의 내압 방폭기기를 적용하고 있거나 방폭구조가 아닌 소전력 전기기기를 본질안전 방폭구조를 적용시키는 기술을 개발하는데 그 목적이 있다.

또한, 노동부 고시 제93-19호 및 IEC 60079-17 (Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas)에서 방폭지역에서 계측기를 사용하여야 할 점검항목은 안전증 방폭구조에서는 전압, 전류 및 주파수를, 본질안전 방폭구조의 본안회로 단자의 개방전압, 본안회로 단자의 단락전류 및 절연저항 (내전압 포함)을, 방폭 전기배선에서는 절연저항 및 접지저항을 측정하여야 한다.^{[22],[24]} 그러나 이들을 측정하기 위한 계측기는 선진국에서는 일부분 개발되어 있으나 국내에서는 전무한 실정이다. 아울러 노동부 고시 제93-22호 「정전기 재해예방을 위한 기술상의 지침」 및 NFPA 77 (Recommended practice on static electricity)에서 제시하는 정전기 대전방지를 위한 본딩 및 접지는 $1M\Omega \sim 10G\Omega$ 과 $10M\Omega \pm 1 \sim 2M\Omega$ 으로 제시하고 있다.^{[23],[26]} 유통되고 있는 Ground Controller & Wiring Device는 내압 방폭구조를 채택하고 있기 때문에 위에서 언급한 단점이 있어 이를 개선코자하였다. Mobile Phone의 경우 Dupont사에서는 방폭지역 내에서 사용을 금지하고 있으며, Finland에서는 주유소 내에서도 사용을 금지하고 있으며^[20], 또한 국내의 경우 카메라에 의한 수소 저장탱크 수리 중 폭발사고가 있는 등 끊임없이 Pager 등 개인 휴대용 전기/전자기기의 방폭성능 입증을 요구하고 있는 실정이다.

본 연구에서는 계측기 등과 같은 소전력 전기기기를 본질안전 방폭구조로 적용시키는 기술을 개발하여 고 신뢰성화 및 경량화 시킴으로써 수입대체효과는 물론 역으로 선진 외국에 수출함으로써 직접적으로는 외화획득과 간접적으

로는 고도의 안전을 확보하여 사업장에 보급코자 하였다.

2. 연구 추진 내용 및 범위

본질안전화 기술을 다음의 전기기기에 적용시켜 자체 또는 공동연구 업체에서 시제품을 제작하는 본 연구개발의 내용 및 범위는 다음과 같다.

- 정전기 접지용 커넥터의 본질안전 방폭화 기술
- 디지털 만능계측기의 본질안전 방폭화 기술
- 카메라의 본질안전 방폭화 기술
- 2차 전지 단락에 의한 점화 방지기의 본질안전 방폭화 기술
- Robot용 Teaching Pendant의 본질안전 방폭화 기술
- 기타 방폭지역에서 사용하는 전기기기의 본질안전 방폭화 기술

3. 연구 추진 방법

관련 특허, 기술자료 등을 검색/입수 및 분석을 통하여 Digital Multimeter, Digital Clamp Meter, Ground Controller & Wiring Device, Personal Communication Service, Camera 등 20여종의 기존 샘플의 점화 위험성을 평가하였다. 아울러 검토한 기술과 평가 데이터를 이용하여 아래의 품목에 대한 방폭형 시제품을 공동/자체연구를 통하여 개발하고 평가를 실시하였다.

- 만능계측기 (참여기업: 삼성계측제어)
- 정전기 접지용 커넥터 (자체)
- Robot용 Teaching Pendant (참여기업: 태하메카트로닉스)
- 2차 전지 단락에 의한 점화 방지기 (자체)

본 연구의 계획상에 있던 카메라의 시제품 제작은 방폭제품의 특성 등으로 인하여 국내의 참여기업이 없어 일반형의 점화 위험성만 평가하는데 만족해야 하는 아쉬움이 있었다.

제 2 장 본질안전 방폭성능의 평가

1. 실험 방법 및 실험 장치의 구성

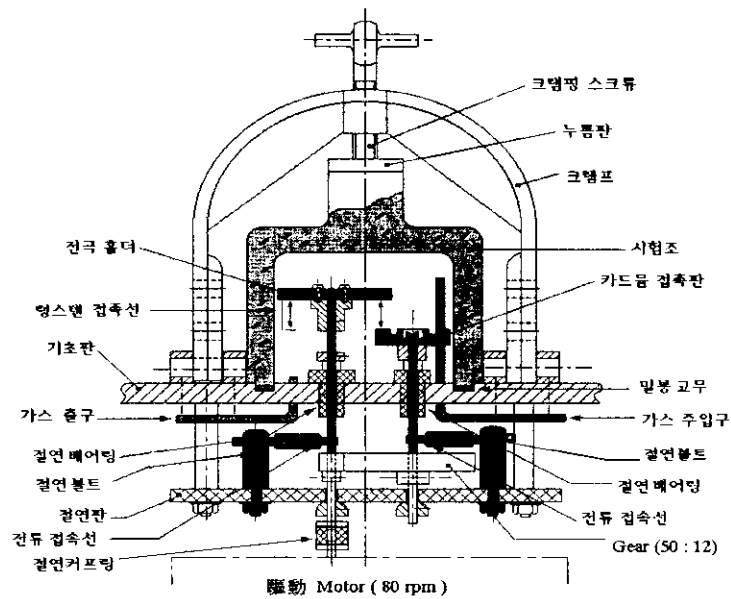
가. IEC형 불꽃점화 실험장치

그림 2-1 및 그림 2-2는 IEC 60079-3 (Spark-test apparatus for intrinsically-safe circuit)에서 현재까지는 직류와 상용 주파수만을 사용하여 저압 회로에서의 최소 점화 에너지를 구하는 불꽃점화 실험장치이며^[25], 그림 2-3은 이 실험장치의 전극부 형태를 나타낸 것이다. IEC형 불꽃점화 실험장치는 공인된 실험장치이며 또한, 가장 불규칙적인 개폐불꽃을 발생시킨다는 장점이 있으나 표 2-1과 같은 제한 사항이 따르며 특히, 본 실험장치의 특성상 주파수가 증가하게 되면 장치에서 발생하는 임피던스의 증가 때문에 영국의 BS 6656 (Guide to prevention of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency) 규격에서는 10MHz까지의 주파수에서는 이 실험장치를 사용토록 권고하고 있다.^[27]

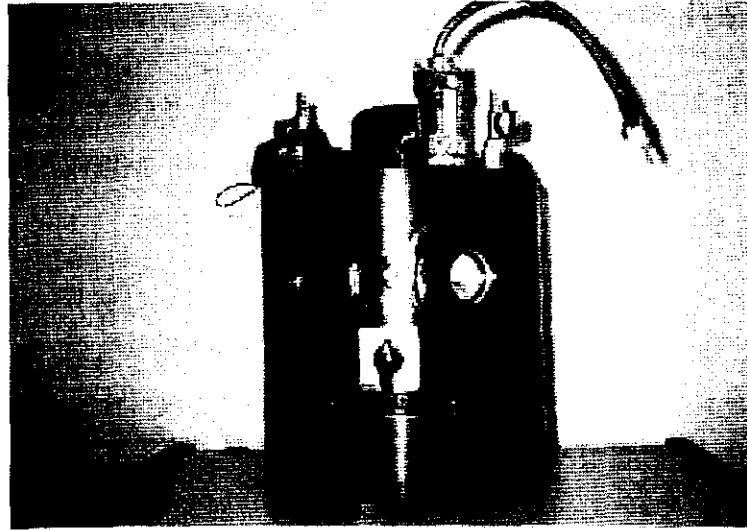
본 연구에서는 본질안전에 관련된 점화 위험성을 평가하기 위하여 저압회로를 갖는 기존의 샘플과 새로이 개발한 시제품에 대한 성능 평가를 IEC형 불꽃점화 실험장치를 사용하여 실시하였다.

<표 2-1> 제한 사항

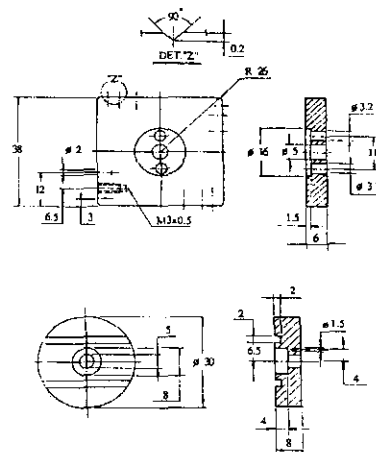
정격전류	2A이하
저항성/용량성	300V 이하
유도성	1H
기타	직류 및 상용주파수



[그림 2-1] IEC형 불꽃점화 실험장치의 구성도



[그림 2-2] IEC 불꽃점화 실험장치 외형 사진

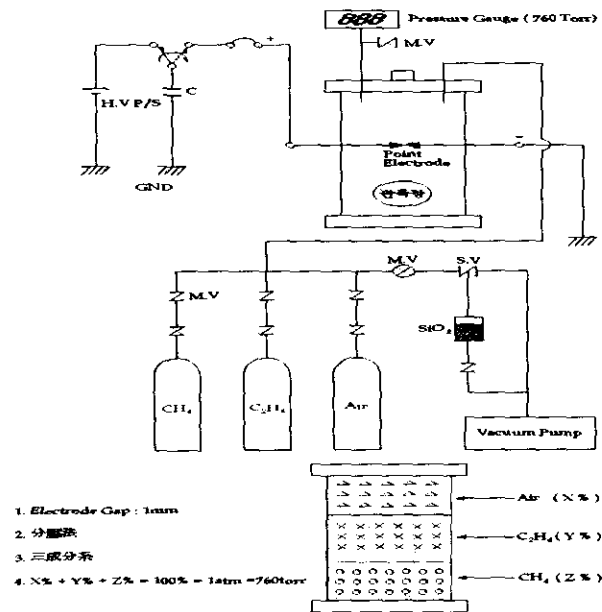


[그림 2-3] IEC형 불꽃점화 실험장치의 전극부 상세도

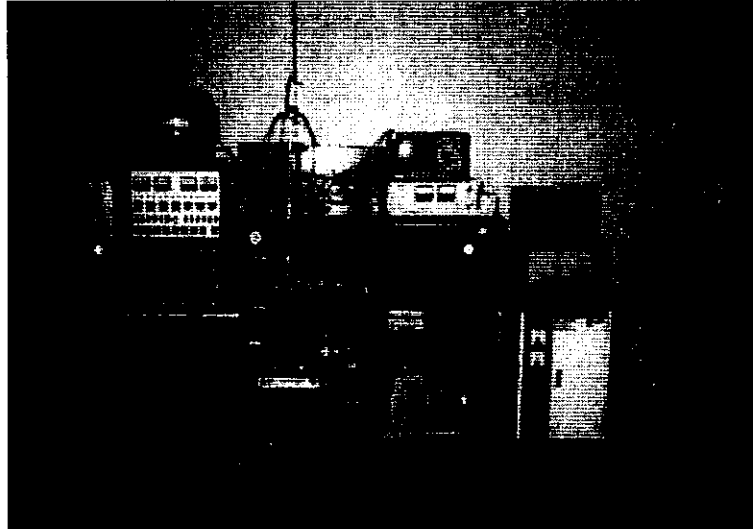
나. 최소 점화 에너지 측정장치

그림 2-4 및 2-5는 고압의 커패시터에 에너지를 충전/방전시켜 가연성 혼합 물질의 최소 점화 에너지 (Minimum Ignition Energy; MIE)를 구하는 실험장치로 본 실험장치의 장점은 400V 이상의 전압에서 MIE를 구하는데 널리 사용되고 있다.

본 연구에서는 본질안전에 관련된 점화 위험성을 평가하기 위하여 400V를 초과하는 회로를 갖는 기존의 샘플과 새로이 개발한 시제품에 대한 성능 평가를 실시하는데 MIE 실험장치를 사용하였다.



[그림 2-4] MIE 실험장치의 구성도



[그림 2-5] MIE 실험장치의 외형 사진

2. 기존 샘플의 사양 및 특성

가. Digital Multimeter

만능 계측기를 방폭화하여 세계적으로 유통되고 있는 제품은 유일하게 독일의 BARTEC社 하나뿐인 것으로 조사되었다. 그림 2-6은 이 제품의 외형 사진을 나타낸 것이다.

본 제품의 사양은 표 2-2와 같이 본질안전 방폭구조를 적용한 것으로 우리나라에서도 시중에서 유통되고 있는 비 방폭형의 측정기능을 모두 포함하고 있으나, 방폭지역에서의 전압 및 전류 측정시에는 제한 범위 내에서 사용하여

야 한다는 단점을 가지고 있다. 또한 만능 계측기 회로를 구동시키는 전압도 높은 편이다.

나. Digital Clamp Meter

Digital Clamp Meter는 상기 가. 항과 마찬가지로 동일회사 제품으로서 Digital Multimeter와 같은 장·단점을 가지고 있으며, 특히 표 2-3과 같이 전류 측정범위가 높다는 특징을 가지고 있다. 그림 2-7은 이 제품의 외형 사진을 나타낸 것이다.

다. Ground Controller & Wiring Device

Ground Controller & Wiring Device의 기능은 LNG/LPG/유류 저장소에서 선적 및 하역할 때 액체의 유동대전에 의해 발생하는 정전기를 제거하기 위한 제어기로서 표 2-4와 같이 국내에서도 이미 국가 공인기관의 성능검정을 받아 유통되고 있다. 본 제품은 방폭지역에서 사용할 수 있고 정전기의 제어성능이 뛰어나다는 장점이 있는 반면, 내압 방폭구조를 채용하고 있기 때문에 가격이 비싸고, 이동용으로 사용하는 데에는 불편하다는 단점이 있다. 그림 2-8은 이 제품의 외형 사진을 나타낸 것이다.

라. Camera

휴대용의 방폭형 카메라는 현재 세계적으로 개발되고 있지 않으나, 환경조건이 열악한 화학공장 등에서 반응로 등을 감시하기 위한 공업용 폐쇄회로 카메라는 개발되어 있다.

본 연구에서 카메라에 의한 점화위험성을 평가하기 위한 샘플로 그림 2-9는

일반형 카메라를, 그림 2-10은 디지털 카메라의 외형 사진을 나타낸 것이며, 표 2-5는 이들의 사양을 나타낸 것이다.

<표 2-2> Digital Multimeter의 사양

측정 기능	직/교류 전압 (1000V Max.), 직/교류 전류 (20A Max.) 저항 (100M Ω)
방폭구조	EEx ib IIC T6
승인기관	PTB Nr. Ex-96.D.2035
형식	EXAVO 160i
승인조건	방폭지역에서 측정범위: 60V/500mA 미만
제조사	BARTEC (독일)
전원	9V용 1차 전지 사용

<표 2-3> Digital Clamp Meter의 사양

측정 기능	직류 전압 (1000V Max.), 교류 전압 (750V Max.) 교류 전류 (1000A Max.), 저항 (2000 Ω)
방폭구조	EEx ib IIC T6
승인기관	PTB Nr. Ex-88.B.2124
형식	17-71S1
승인조건	방폭지역에서 측정범위: 65V/500A 미만
제조사	BARTEC (독일)
전원	12V용 2차 전지 사용

<표 2-4> Ground Controller & Wiring Device의 사양

방폭구조	Ex d IIB T6
승인기관	한국가스안전공사, Ex 97.02-S 0217
형식	SGC-001
정격	110/220V
제조사	현대방폭전기(주)
회로저항	1~100M Ω

<표 2-5> 카메라의 사양

구분	일반형	디지털형
형식	Z115f	SDC-85
정격	DC3V (1차 Lithium 전지)	DC5V (2차 Ni-MH 전지(1.2V×4ea))
제조사	삼성전자(주)	삼성전자(주)

마. Personal Communication Service

이동가입 무선전화 장치는 현재 방폭형으로 유통되는 것은 없으며, 핀란드의 경우는 주유소 내에서의 휴대폰 사용을 금하고 있다.^[20]

표 2-6은 실험에 사용한 휴대폰의 사양을 나타낸 것이며, 그림 2-11부터 그림

2-20까지는 이들의 외형사진을 나타낸 것이다.

<표 2-6> 이동가입 무선전화 장치의 사양

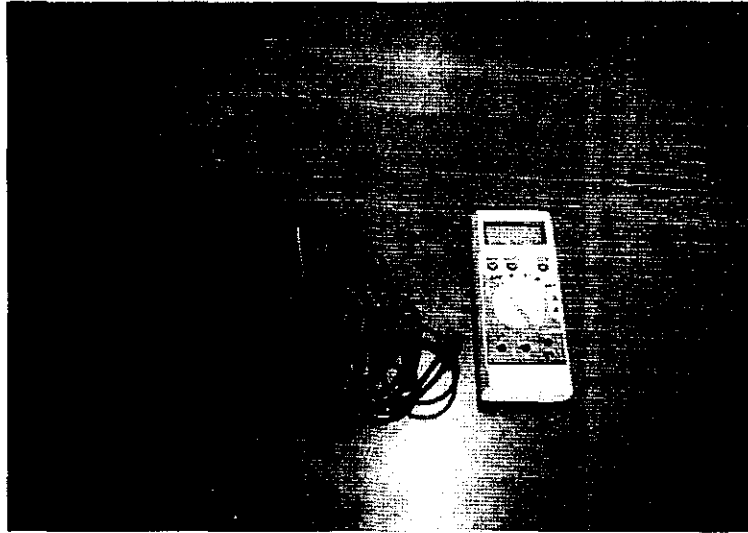
제 조 회 사	형 식	전 원 용 량
삼성전자(주)	SCH-100S	7.2V, Li-Ion(대/소용량)
삼성전자(주)	SH-700	4.8V/1300mAh, Ni-Cd
삼성전자(주)	SCH-400형	
삼성전자(주)	SCH-A100형	3.6V, Li-Ion(대/소용량)
LG정보통신(주)	LDP-200형	4.8V/1800mAh, Li-MH
LG정보통신(주)	MISELL형	3.6V, Li-Ion(대/소용량)
현대전자(주)	HGC-990	3.6V, Li-Ion(대/소용량)
MOTOROLA	TAC B.C.-2형	6V, Ni-Cd
MOTOROLA	TAC 2800형	6V, Ni-Cd
MOTOROLA	TAC 5000형	6V, Ni-Cd

바. Robot용 Teaching Pendant

그림 2-21은 Robot 용 Teaching Pendant로 일본에서 제작된 방폭형으로 자세한 사양은 알 수 없으나 현재 국내의 페인트 도장공정의 방폭지역에서 사용되고 있으며, 그림 2-22는 국내에서 제작되고 있는 비방폭형 Robot용 Teaching Pendant를 나타낸 것이다.

사. 기타

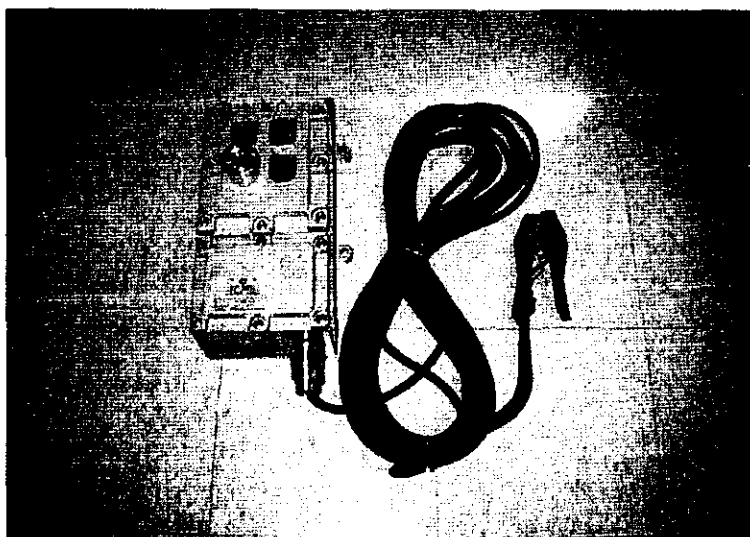
본 연구에서는 연구 계획상 FM Portable Radios (휴대용 무전기)를 방폭형으로 국산화를 시도하였으나, 본 연구 착수단계에서 이미 국제전기공업(주)에서 개발을 완료하고, 우리 연구원 실시하는 성능에 합격 (VHF 무전기, Ex ib IIB T4, 99-1083/1084-Q1)한 관계로 제외하였다. 그림 2-23은 이 제품의 외형 사진을 나타낸 것이다.



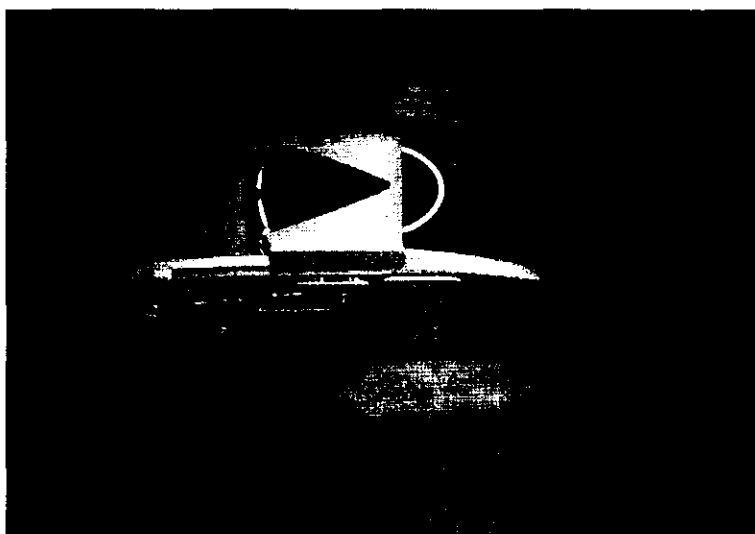
[그림 2-6] Digital Multimeter의 외형 사진



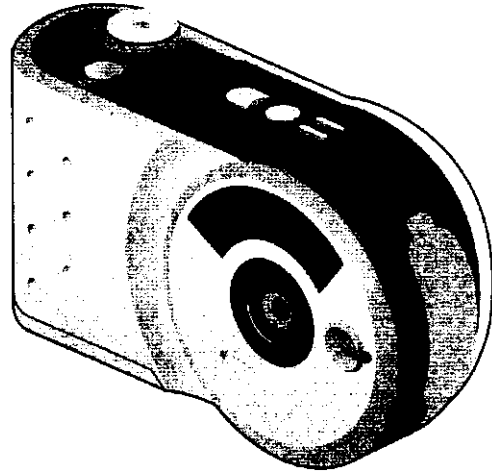
[그림 2-7] Digital Clamp Meter의 외형 사진



[그림 2-8] Ground Controller & Wiring Device의 외형 사진



[그림 2-9] 일반용 카메라의 외형 사진



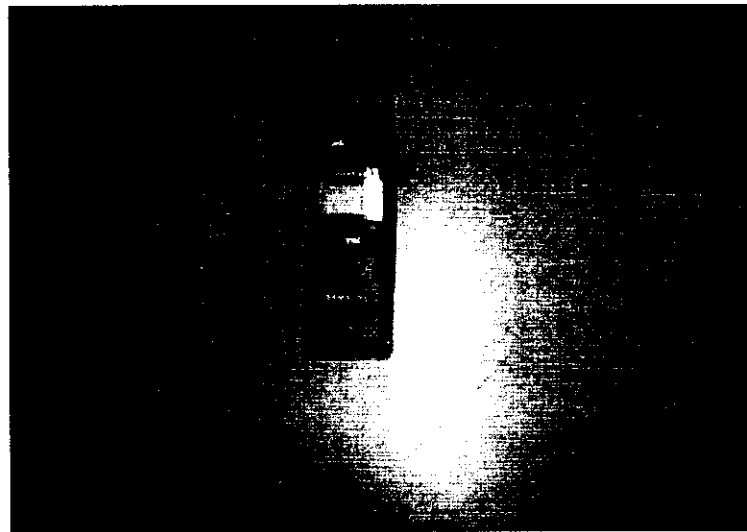
[그림 2-10] 디지털 카메라의 외형 사진



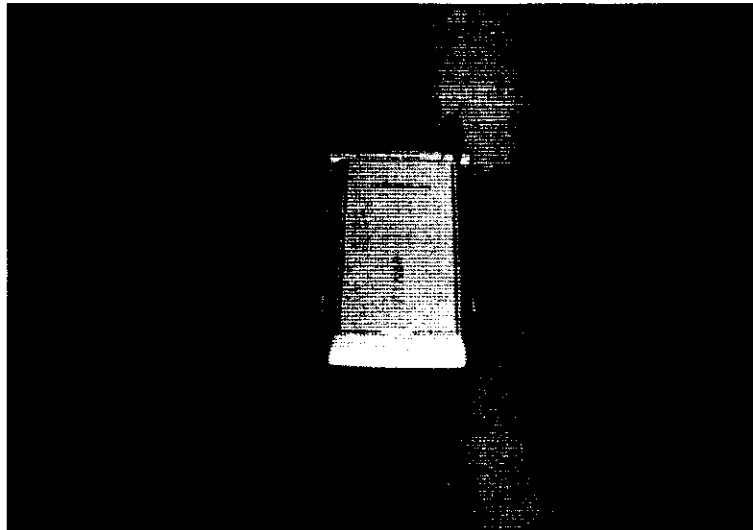
[그림 2-11] 휴대폰의 외형 사진 (SCH-100S)



[그림 2-12] 휴대폰의 외형 사진 (SCH-700)



[그림 2-13] 휴대폰의 외형 사진 (SCH-400형)



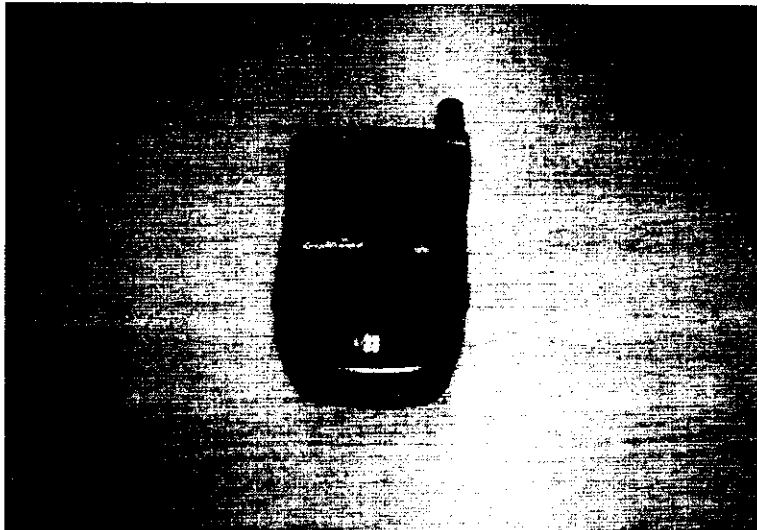
[그림 2-14] 휴대폰의 외형 사진 (SCH-A100형)



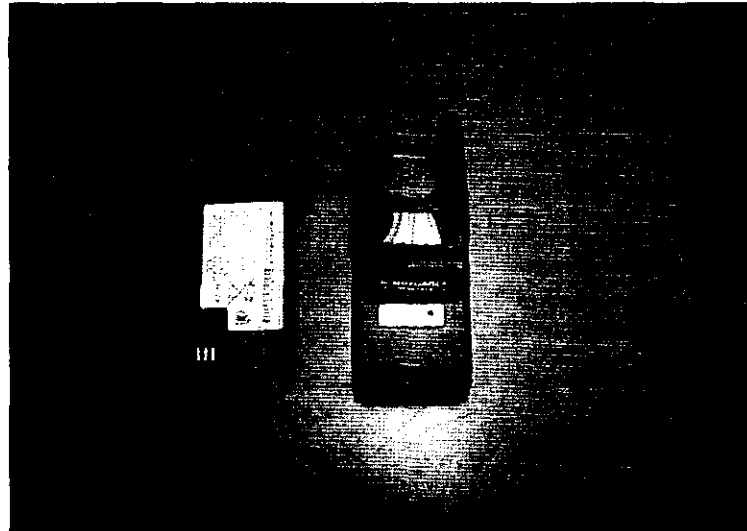
[그림 2-15] 휴대폰의 외형 사진 (LDP-200형)



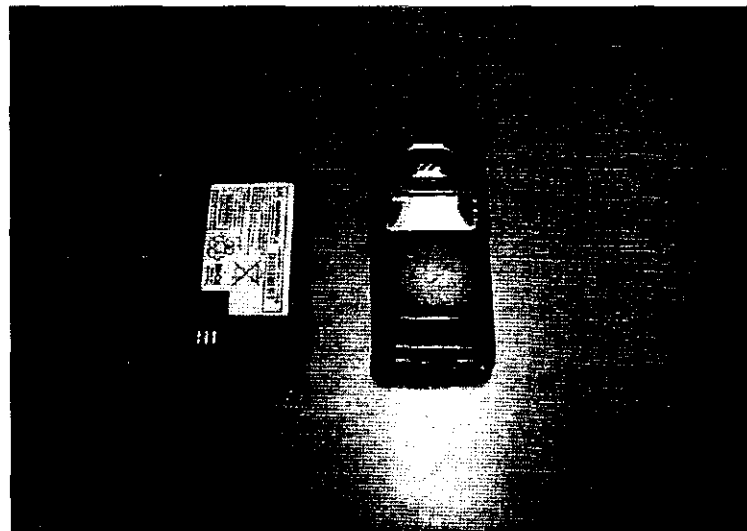
[그림 2-16] 휴대폰의 외형 사진 (MISCELL형)



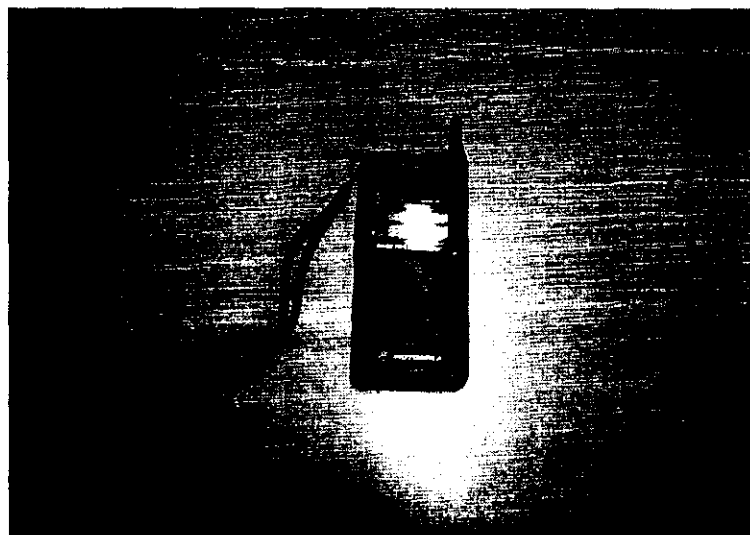
[그림 2-17] 휴대폰의 외형 사진 (HGC-990)



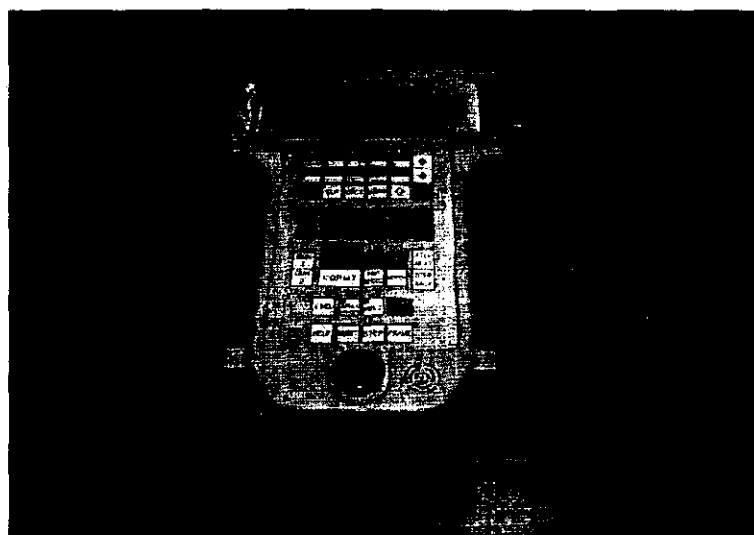
[그림 2-18] 휴대폰의 외형 사진 (TAC B.C.-2형)



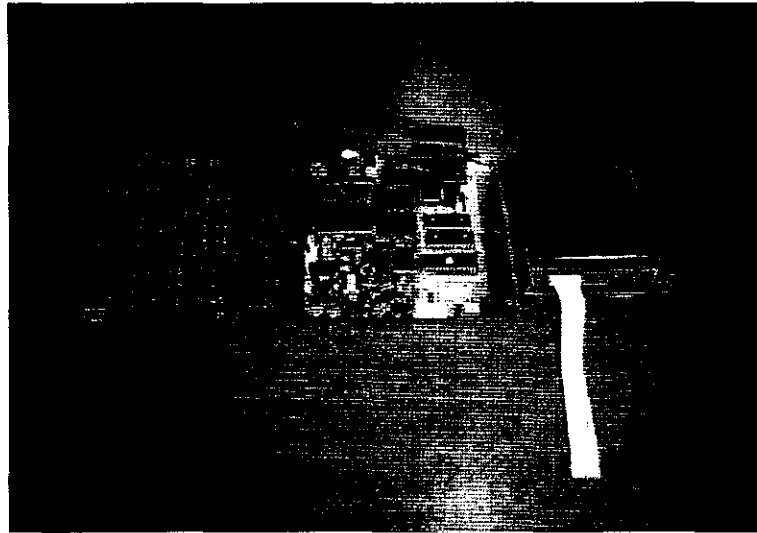
[그림 2-19] 휴대폰의 외형 사진 (TAC 2800형)



[그림 2-20] 휴대폰의 외형 사진 (TAC 500형)



[그림 2-21] 방폭형 Robot용 Teaching Pendant의 외형 사진



[그림 2-22] 일반형 Robot용 Teaching Pendant의 분해 사진



[그림 2-23] 휴대용 무선기의 외형 사진

3. 기존 샘플의 점화 위험성 평가

가. Digital Multimeter

그림 2-24부터 그림 2-27까지는 기존의 방폭형 만능 계측기의 회로에 공급하는 1차 전지에서서의 점화 위험성을 평가한 것이다. 전지는 국내에서 생산되는 6F22 (FC-1, 9V용) 형식의 2개사 제품에 대한 방전실험과 IEC 형 불꽃점화 실험장치를 이용한 개폐 전압 및 전류와 최소 점화 지연시간을 측정한 것이다.

그림에서 알 수 있듯이 2개사 방전 전압 및 전류 파형은 서로 다르게 나타나고 있으나, 이는 건전지의 제조 후 기간, 보관조건 및 자체특성에 지배되기 때문에 나타나는 현상으로 간주 할 수 있다. 그러나 개폐 전압 및 전류 파형은 2개사 모두 유사하게 나타나고 있으며, 최대 2A를 초과하지 않으므로 IEC 형을 이용하고 얻은 결과로 점화가 발생하지 않았음을 신뢰할 수 있다.

나. Digital Clamp Meter

Digital Clamp Meter는 상기 가. 항목 개발하기 위한 샘플로 회로를 구동하기 위한 2차 전지의 사양을 알 수가 없어 점화 위험성을 평가 대상에서 제외하였다.

다. Ground Controller & Wiring Device

그림 2-28은 Ground Controller의 클램프를 고압전원 공급기 (DC 10000V)의 정극성 측에 접촉할 때의 방전전압 및 방전전류를 측정한 것이다. 접촉시에 상당한 크기의 전압 및 전류의 방전 현상이 나타나므로 이 때 점화 위험성이 있

는 것으로 판단된다. 그러므로 본 샘플의 Controller 본체는 방폭지역에서 설치하고 대전물체를 Clamping하는 장소는 비 방폭지역에서 하여야 할 것으로 판단된다.

라. Camera

그림 2-29 및 그림 2-30은 디지털 카메라에서 사용되는 F社의 Ni-MH 2차 전지 ($1.2V \times 4ea$)의 방전 전압 및 전류 파형과 개폐 전압 및 전류 파형을 나타낸 것이며, 그림 2-31 및 그림 2-32는 일반 카메라에 사용되는 리튬 1차 전지 (3V)에서의 방전 전압 및 전류 파형과 개폐 전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다.

실험 결과 카메라에 사용되는 2가지 형태의 건전지의 개폐에서 모두 점화가 발생되었는데 이는 개폐시의 스파크에 의한 점화라기 보다는 IEC형 불꽃점화 실험장치의 전극에서 발생하는 주울열에 의한 즉, Hot Wire에 의한 점화로 추정된다. 그 이유는 개폐시의 전류가 2A를 초과하기 때문이다.

마. 이동가입 무선전화 장치

그림 2-33부터 그림 2-59까지는 휴대폰의 전자회로 구동용 2차 전지의 대/소에 따라 국내의 3개사 제품과 국외의 1개사 제품에 대한 방전 전압 및 전류 파형과 개폐 전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다.

실험 결과 상기 라. 항과 마찬가지로 2가지 형태의 건전지의 개폐에서 모두 점화가 발생되었는데 이는 개폐시의 스파크에 의한 점화라기 보다는 IEC형 불꽃점화 실험장치의 전극에서 발생하는 주울열에 의한 즉, Hot Wire에 의한 점화로 추정된다. 그 이유는 개폐시의 전류가 본 실험장치의 제한 사항을 초과하기 때문이다. 또한, 특정회사의 경우 전지 단락 보호회로를 내장하고 있으나

단락보호를 위한 회로의 차단시간이 수소/공기 혼합기체의 경우 최소 점화 지연시간 약 $20\mu s$ 를 초과하고 있다.

사. Robot용 Teaching Pendant

그림 2-60부터 그림2-67까지는 비방폭형 Robot용 Teaching Pendant의 입력 전원 (DC12V)과 비상 전원 축적용 Super Capacitor (5.5V, 1F)에서의 정상상태의 전압 및 전류 파형과 개폐 전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다.

입력전압 DC12V에서 대기시 약 280mA의 전류가 흐르고, IEC형 불꽃점화 실험장치에 위의 조건으로 개폐시켰을 때 약 10A의 개폐전류가 발생됨에 따라 실험결과 Robot용 Teaching Pendant에 공급되는 전력은 본질안전회로를 적용하기에는 큰 전력이므로 입력 전원을 분할하여 공급하여야 하고, Super Capacitor에 축적된 에너지는 본질안전 회로에 적합한 것으로 판단된다.

LCD에 공급하기 위한 전원으로 Regulating Transistor에 의한 DC 전압 강하 (12V→6V) 방법은 TR에서 과대한 열이 발생되므로 이의 방법은 대상 가스의 발화온도와 관계되어 지양하는 것이 바람직하며, 또한 Main Board에 공급되는 전력 (DC12V, 약 1A)은 폭발등급 (IIC)과 본질안전 방폭구조 (ia)를 대상으로 하여 안전율을 1.5배하였을 경우 점화를 일으키므로 입력전력을 나누거나 방폭 구조를 ib로 내리는 방법을 검토하여야 한다. 왜냐면 DC 12V, 1A의 정격에 걸맞는 Zener Barrier를 제작하는 것은 현실적으로 곤란하기 때문이다.

4. Hot-Wire Ignition에 의한 점화 위험성

샘플의 평가시 IEC형의 실험장치에서의 제한 사항에서 언급한 바와 같이 회로 전류가 2A를 초과할 때에는 고온 표면에 의한 일반적인 점화현상의 제한된

경우를 고려하여야 하는 데 바로 전극의 고온 발생에 의한 점화의 가능성이다.

표 2-7은 Thornton에 의해 보고된 전극의 직경 및 재질에 따른 점화 전류의 영향을 나타낸 것이다. 이때 실험 가스는 30%의 수소/공기를 사용하였다.^[3]

<표 2-7> 전극 직경 및 재질에 따른 점화전류의 영향

Material	Ignition Current [A]		
	Wire Diameter [mm]		
	0.1	0.2	0.3
Molybdenum	2.1	5.2	8.7
Tungsten	1.8	5.2	8.2
Silver	1.1	3.4	6.7
Gold	1.1	3.3	5.3
Nickel	1.4	3.3	5.2
Iron	1.1	2.8	4.5
Platinum	1.1	2.5	3.8

5. 건전지에 의한 점화 위험성

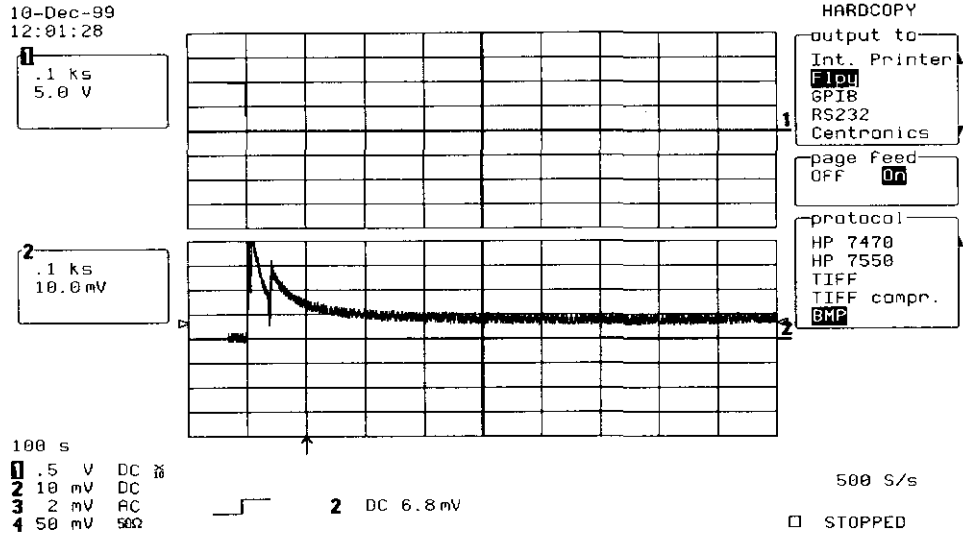
본질안전 방폭구조를 적용하는 전기기기가 휴대용인 경우는 대체적으로 건전지 (1차 및 2차 전지를 포함)를 사용한다. 이때 기기의 회로를 구동시키는 전압에 따라 건전지를 직/병렬 접속하여 사용하게 되는데 여기에서의 점화 위험성에 대한 평가를 다음 표 2-8과 같이 발표하고 있으나^[13] 이는 상기 4.항의 고온 전극에 의한 점화 가능성을 배제한 것이므로 IEC형의 실험 장치에 의한

평가로는 제한 전류를 초과하기 때문에 실제로 적용하기에는 실용적이지 못하다.

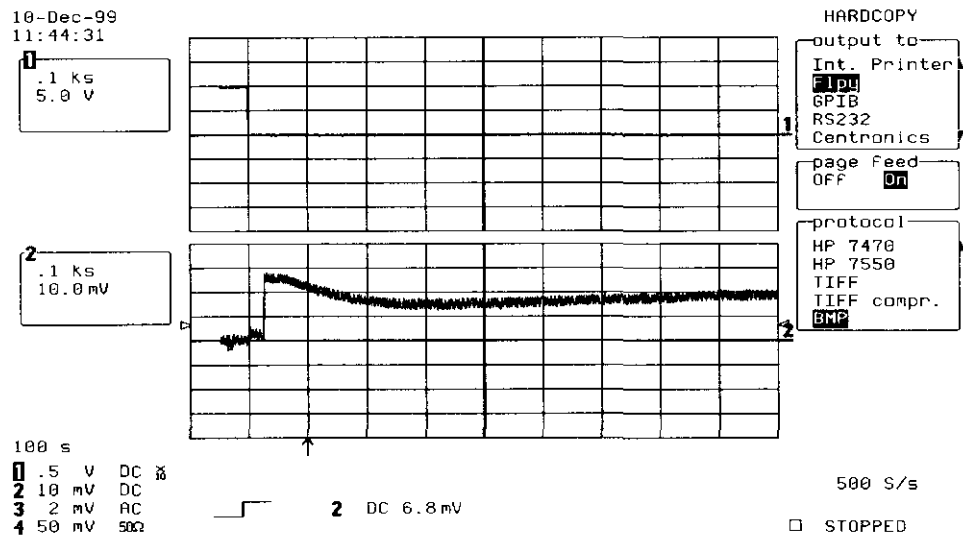
표 2-8에서 사용한 실험장치는 IEC형이고, 실험가스는 $21 \pm 2\%$ 의 수소/공기를 사용하였다.

<표 2-8> 1차 전지에서의 최소 점화 한계

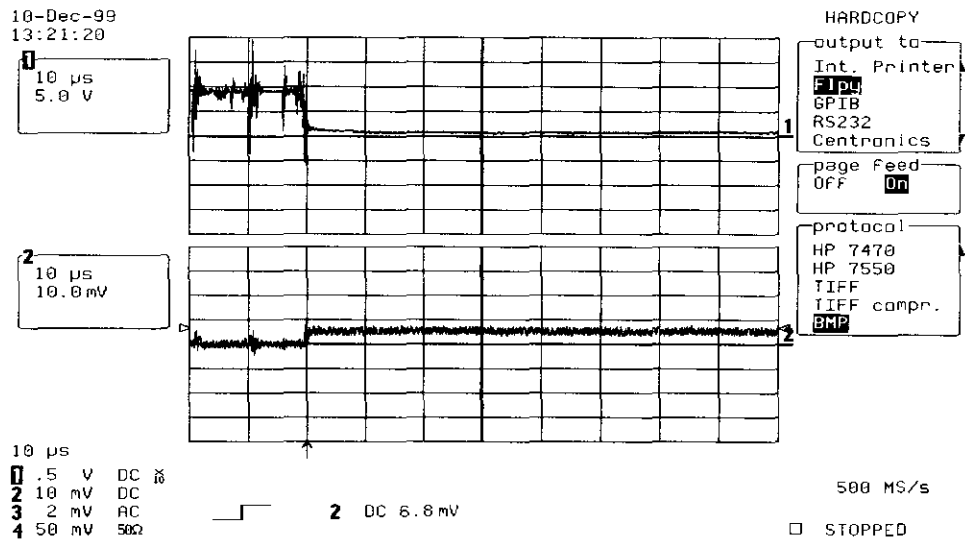
형식	공칭전압 [V]	단락전류 [A]		점화유무	
		A회사	B회사	A회사	B회사
R6	1.5	5.53	5.11	유(8개직렬)	유(10개직렬)
R14	1.5	4.82	4.65	유(10개직렬)	유(10개직렬)
R20	1.5	6.42	5.14	유(8개직렬)	유(9개직렬)
LR03	1.5	7.52	6.85	유(7개직렬)	유(8개직렬)
LR6	1.5	10.24	7.99	유(3개직렬)	유(4개직렬)
6DM	9	4.78	5.70	유(1개)	무(1개)
6F22	9	0.74	0.85	무(1개)	무(1개)
4DM	6	4.09	4.65	무(1개)	무(1개)
4R25	6	5.55	8.41	무(1개)	유(1개)



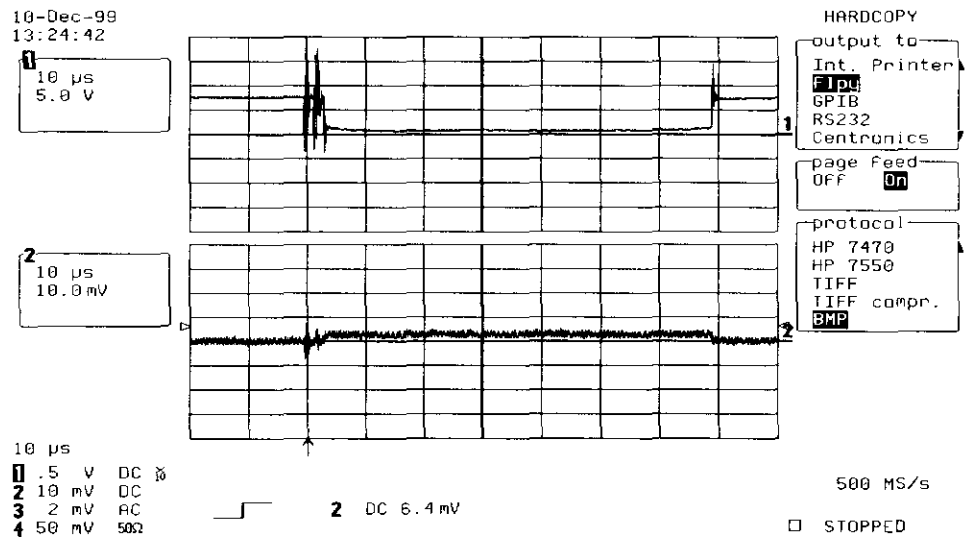
[그림 2-24] 만능계측기용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (R社, ch2:100mA/Div.)



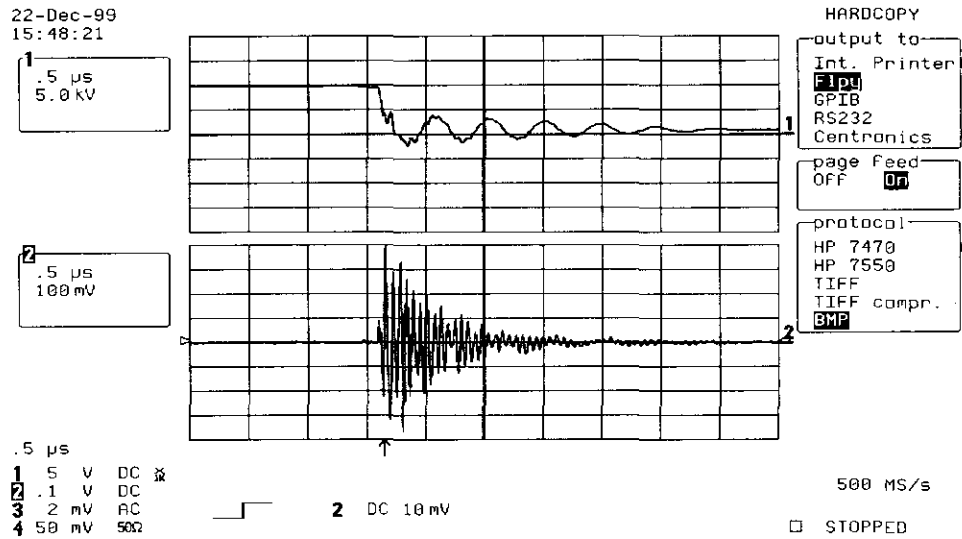
[그림 2-25] 만능계측기용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (S社, ch2:100mA/Div.)



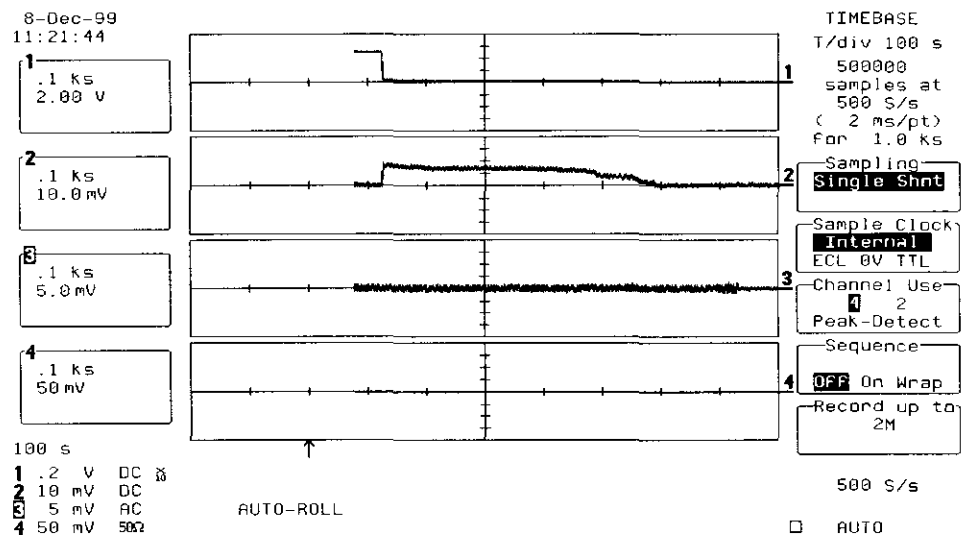
[그림 2-26] 만능계측기용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (R社, ch2:2A/Div.)



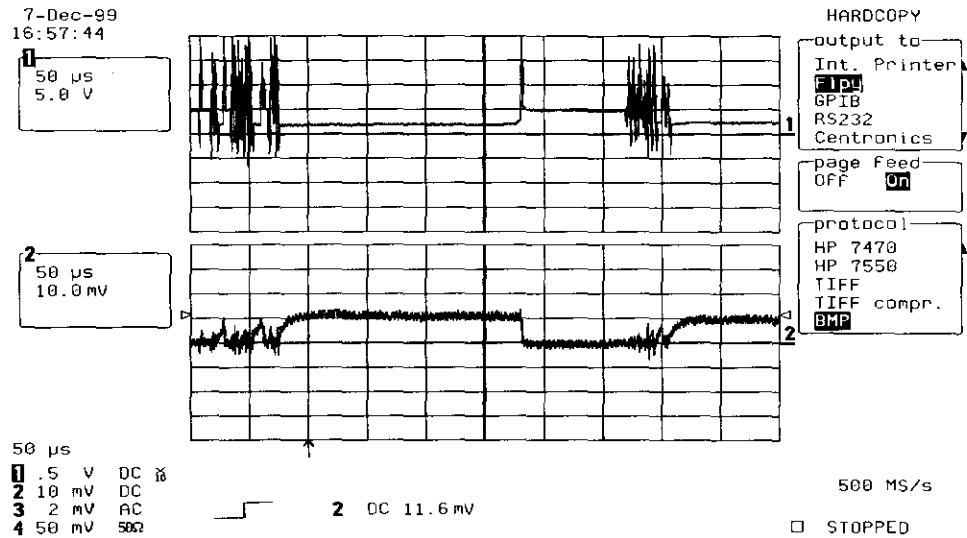
[그림 2-27] 만능계측기용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社, ch2:2A/Div.)



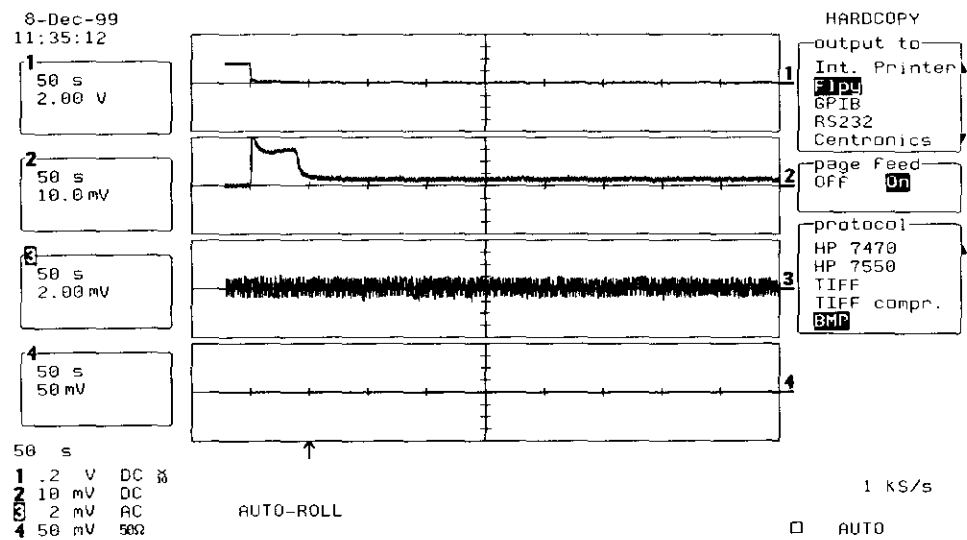
[그림 2-28] Ground Controller의 클램프 접촉시 방전전압 및 전류파형 (ch2:50mA/Div.)



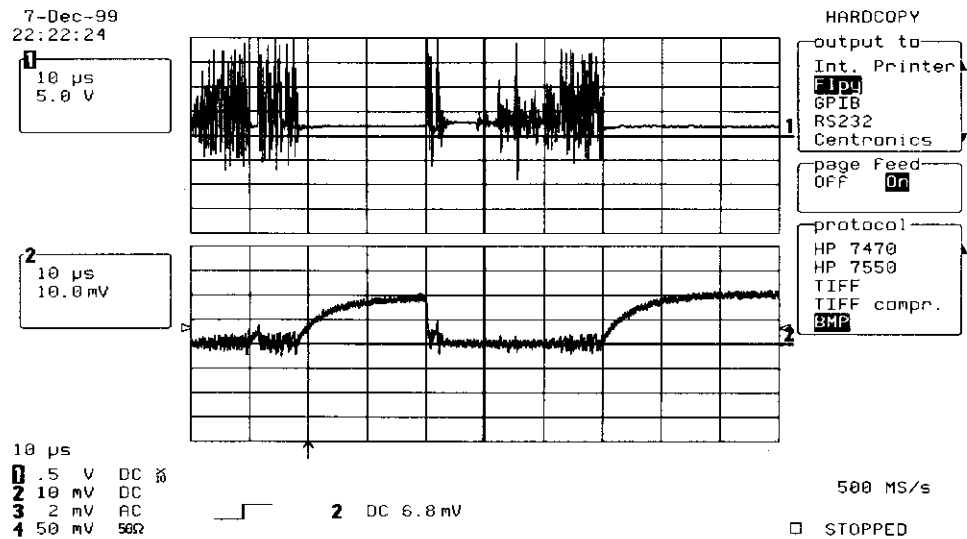
[그림 2-29] 디지털 카메라용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (F社, ch2:2A/Div.)



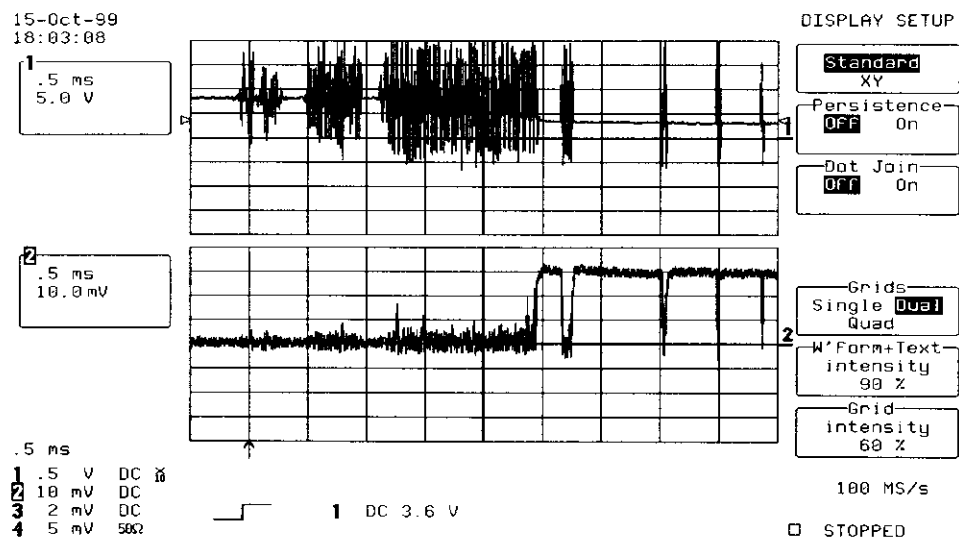
[그림 2-30] 디지털 카메라용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (F社, ch2:5A/Div.)



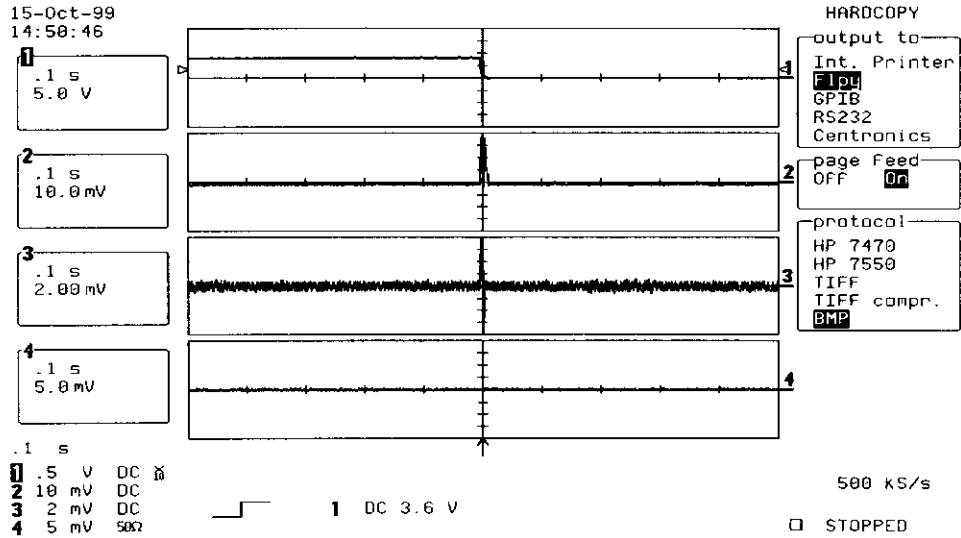
[그림 2-31] 일반 카메라용 전지의 방전 전압 및 전류 파형 (K社, ch2:2A/Div.)



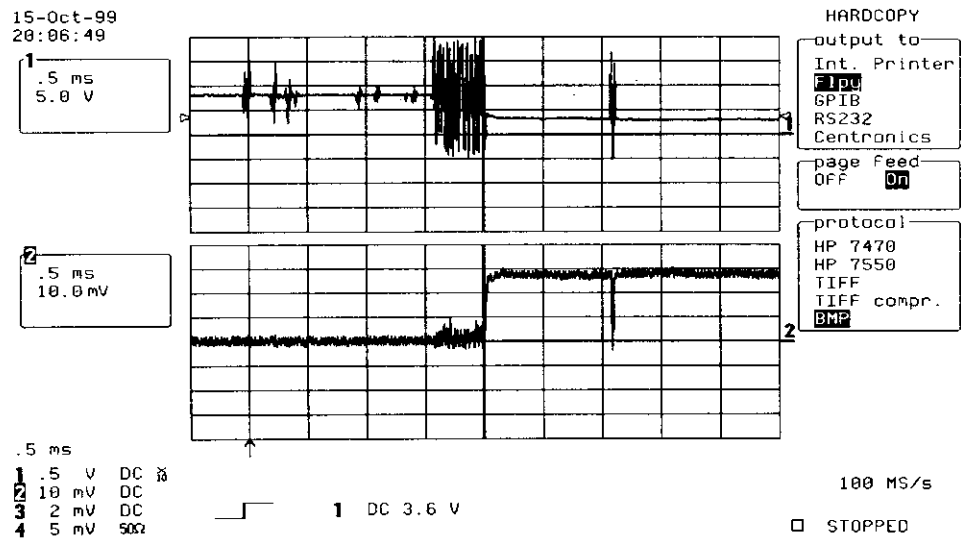
[그림 2-32] 일반 카메라용 전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (K社, ch2:2A/Div.)



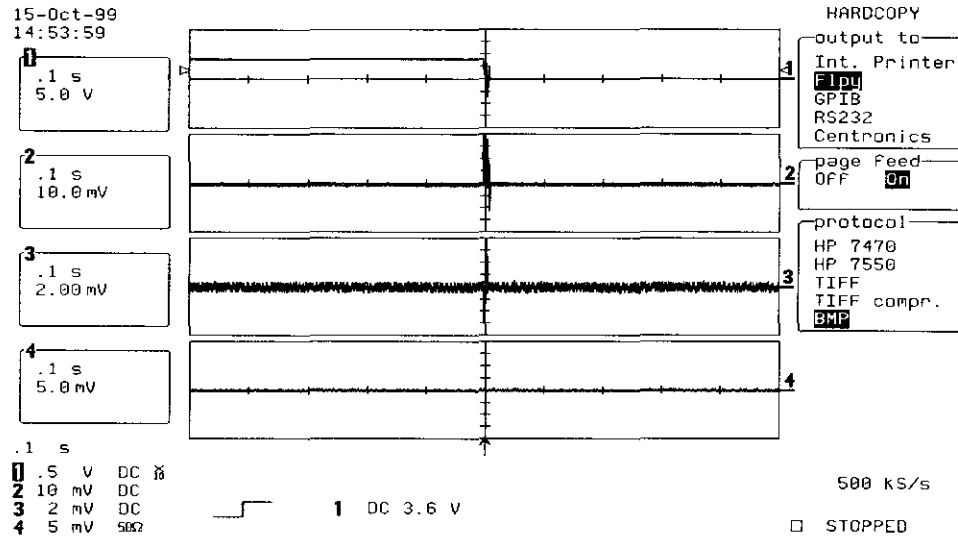
[그림 2-33] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (S社L-SCH-100S, ch2:5A/Div.)



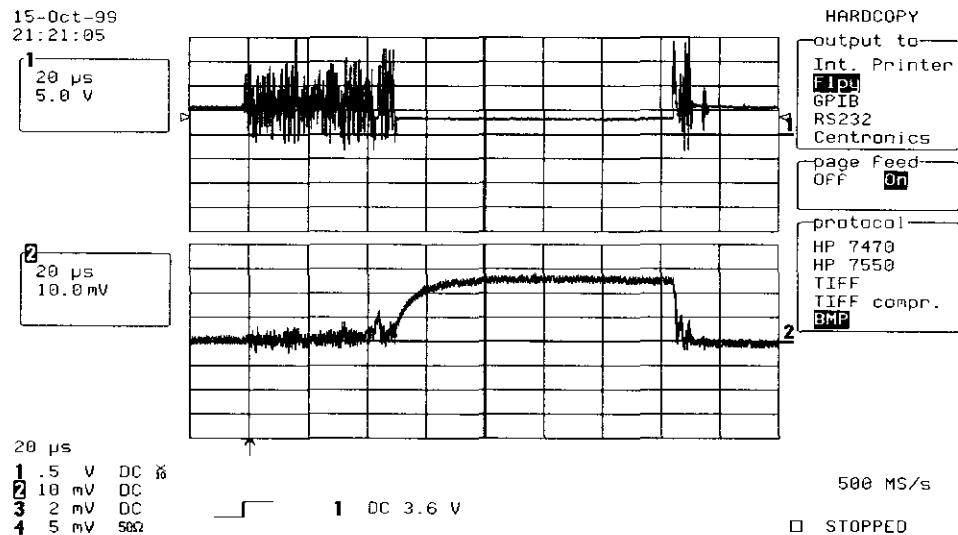
[그림 2-34] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (S社L-SCH-100S, ch2:5A/Div.)



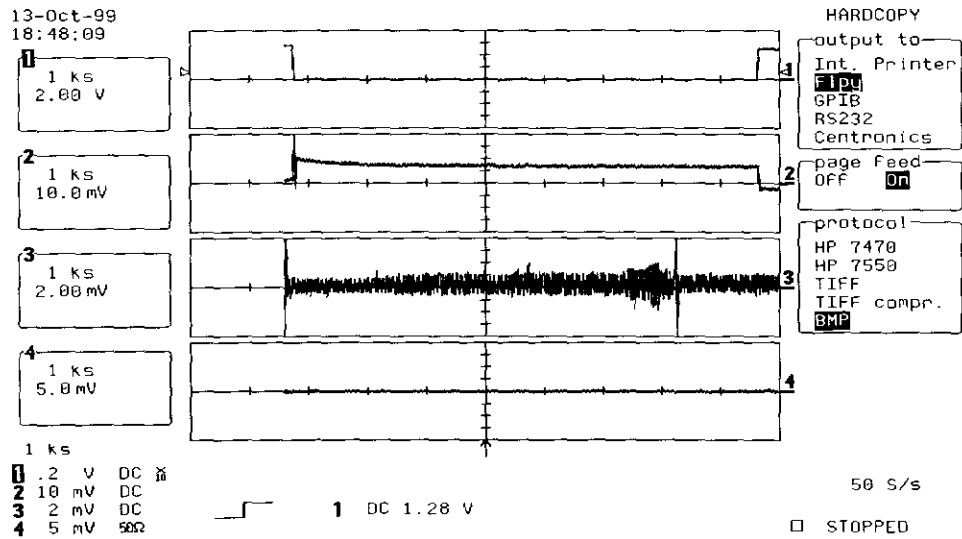
[그림 2-35] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (S社S-SCH-100S, ch2:5A/Div.)



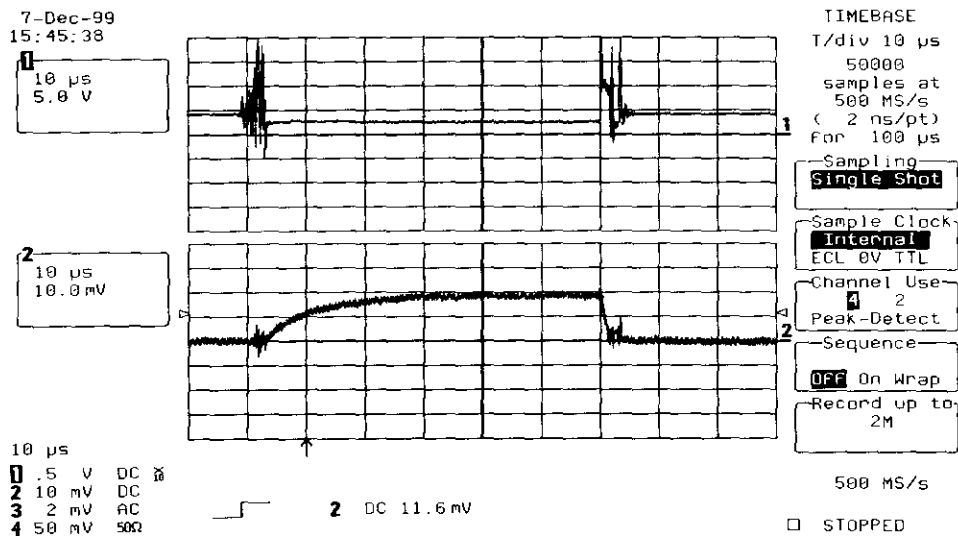
[그림 2-36] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (S社S-SCH-100S, ch2:5A/Div.)



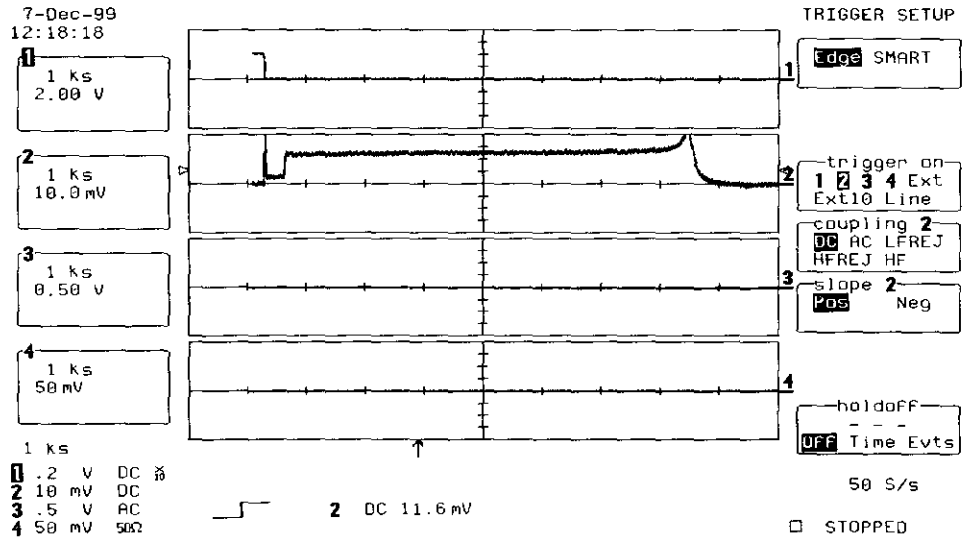
[그림 2-37] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (S社S-SCH-700, ch2:5A/Div.)



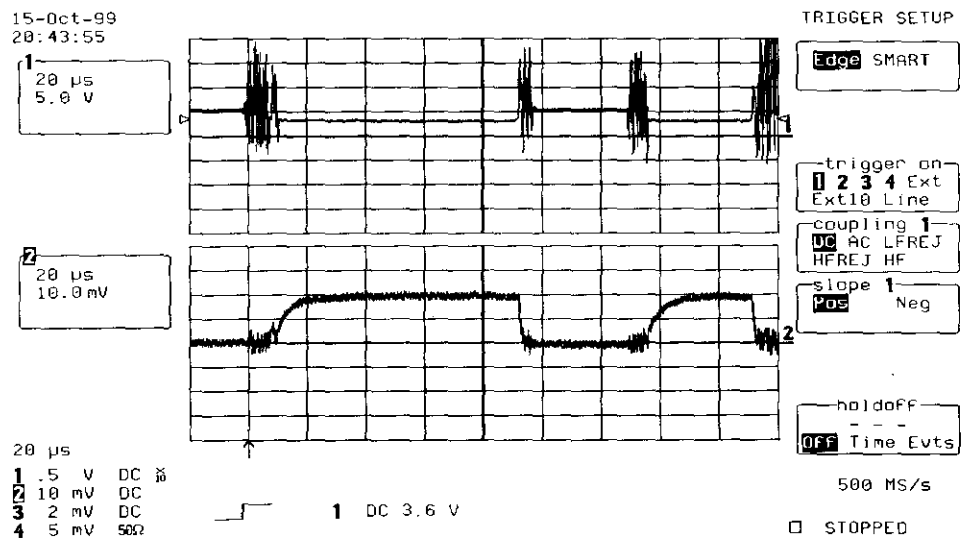
[그림 2-38] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (S社-SCH-700, ch2:0.1A/Div.)



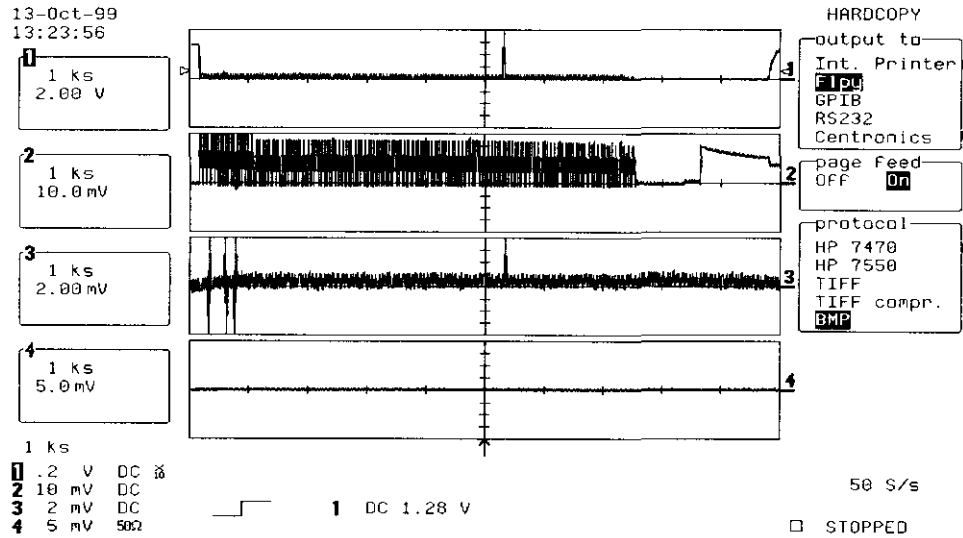
[그림 2-39] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (S社L-SCH-A100, ch2:5A/Div.)



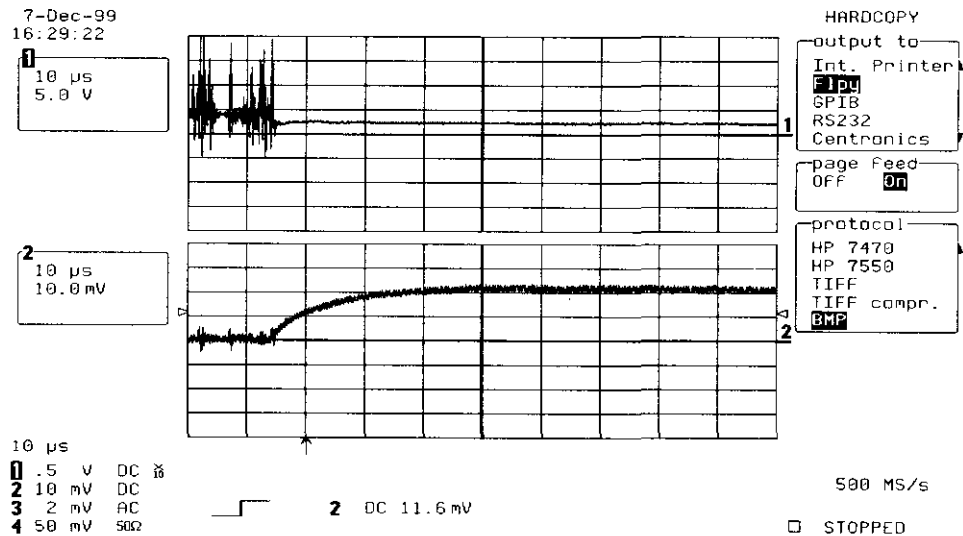
[그림 2-42] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (S社S-SCH-A100, ch2:0.5A/Div.)



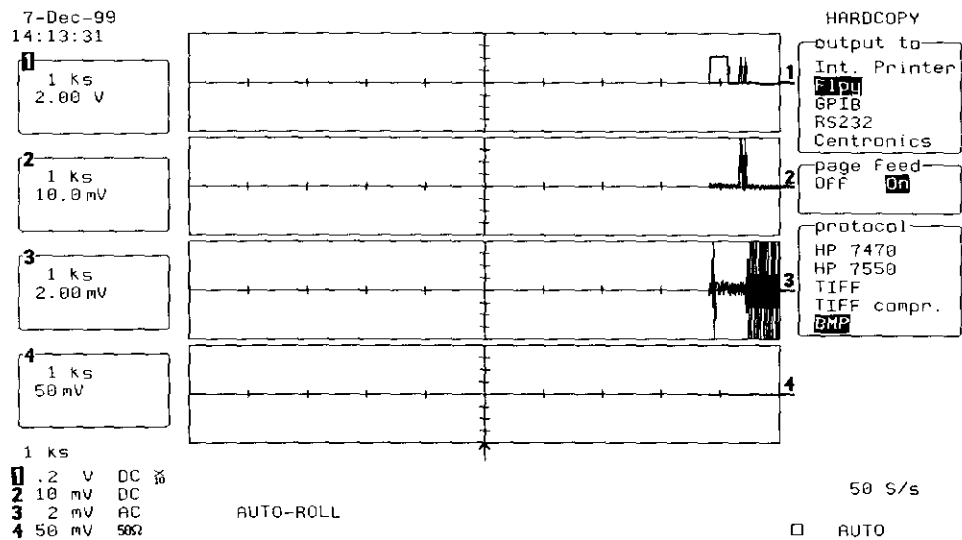
[그림 2-43] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (L社-LDP-200형, ch2:5A/Div.)



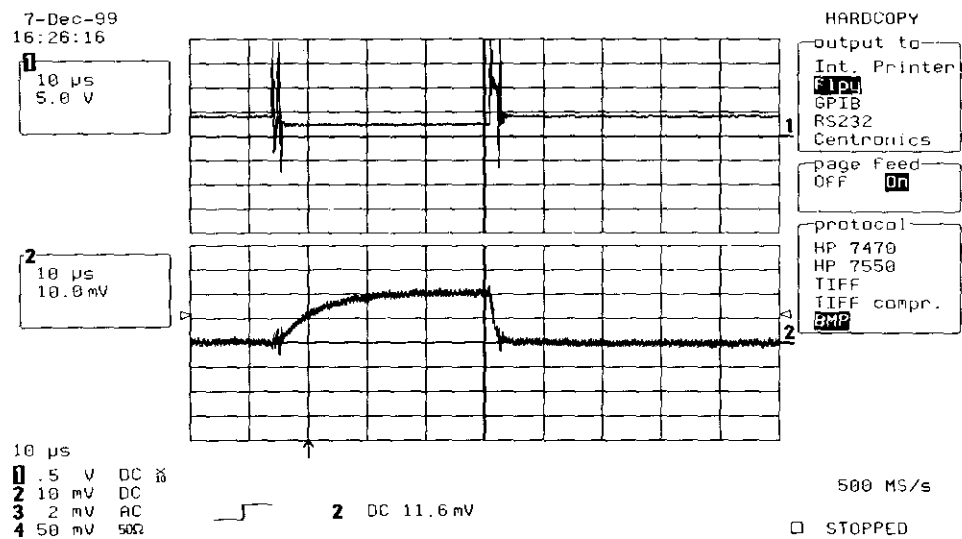
[그림 2-44] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (L社-LDP-200형, ch2:0.1A/Div.)



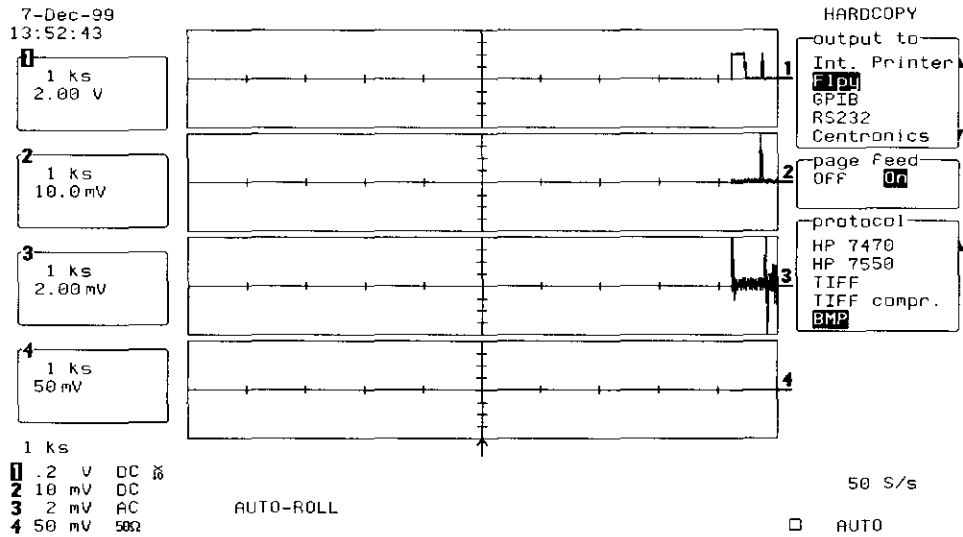
[그림 2-45] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (L社-MISELL, ch2:5A/Div.)



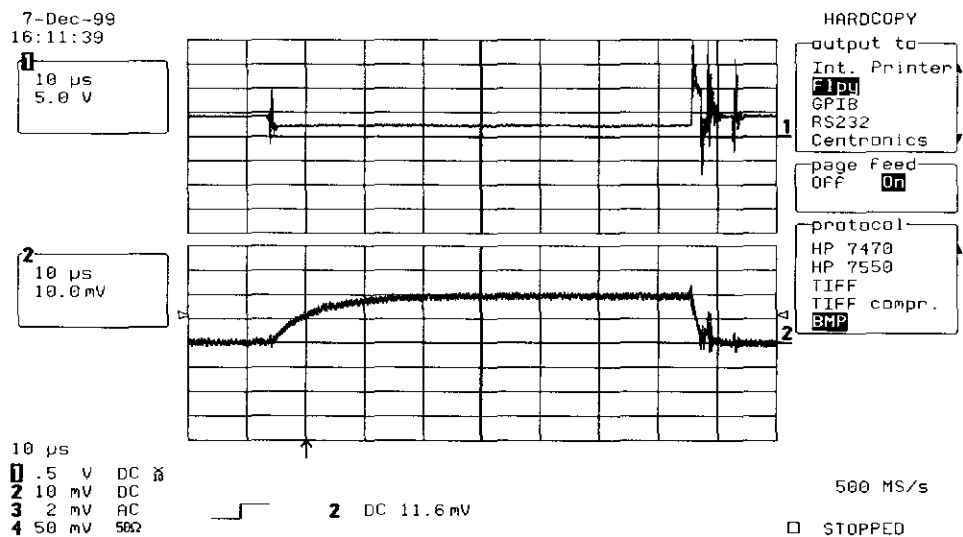
[그림 2-46] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (L社L-MISELL, ch2:0.5A/Div.)



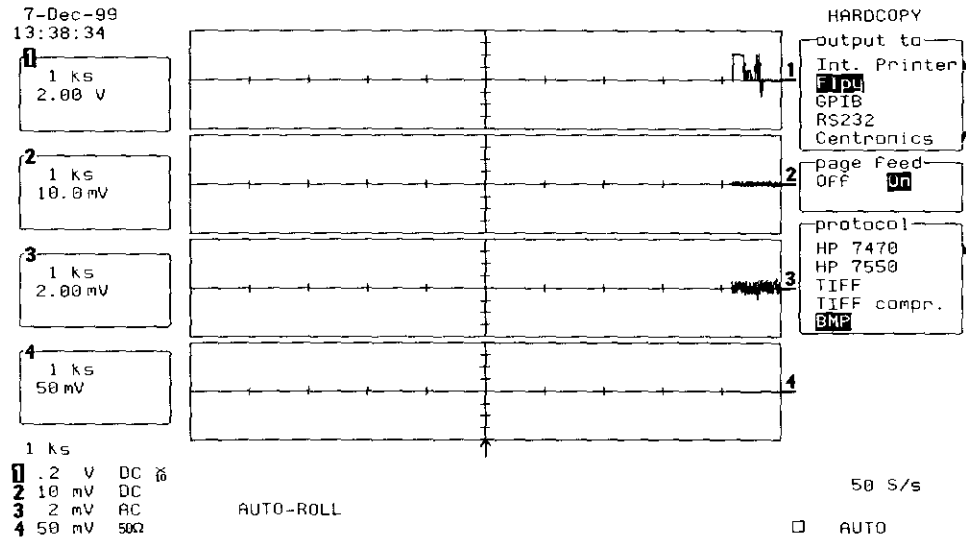
[그림 2-47] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (L社S-MISELL, ch2:5A/Div.)



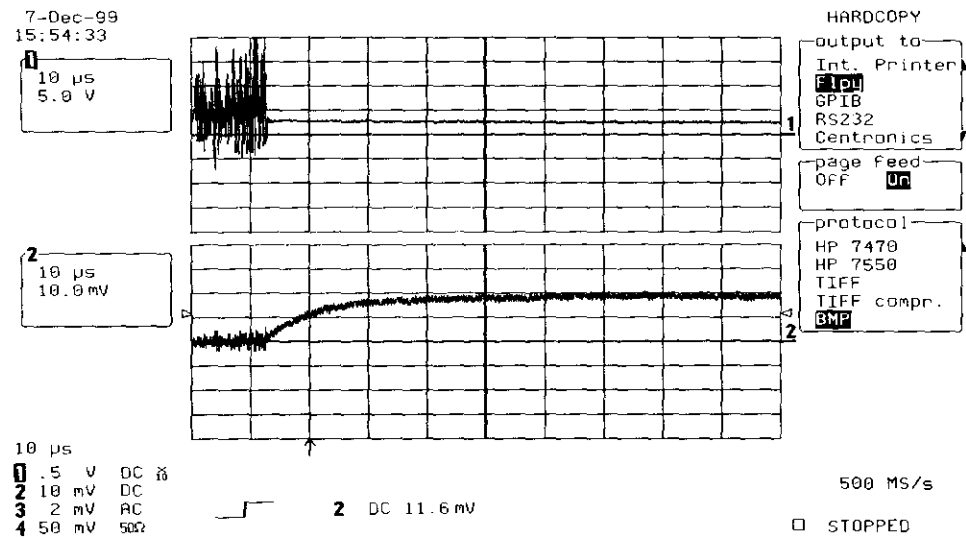
[그림 2-48] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (L社S-MISELL, ch2:0.5A/Div.)



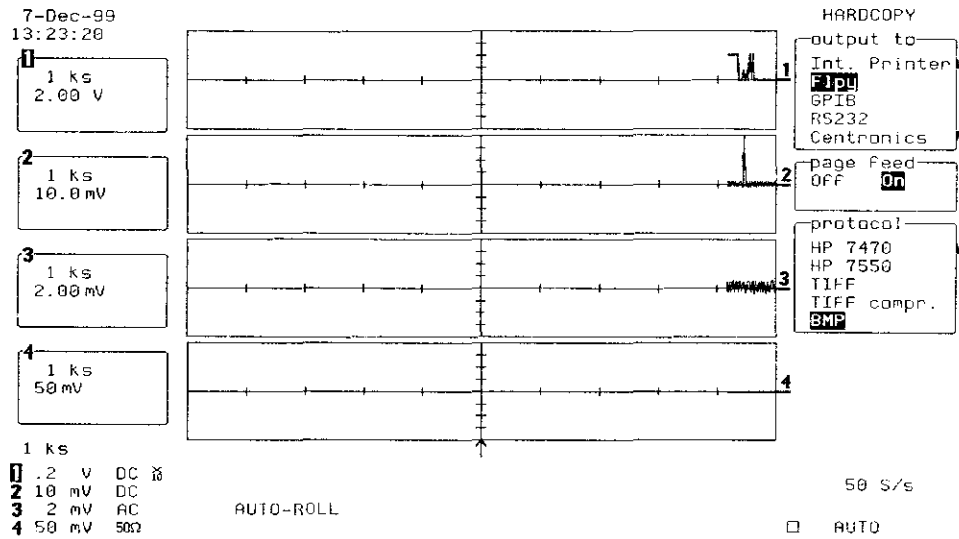
[그림 2-49] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (H社L-HGC-990, ch2:5A/Div.)



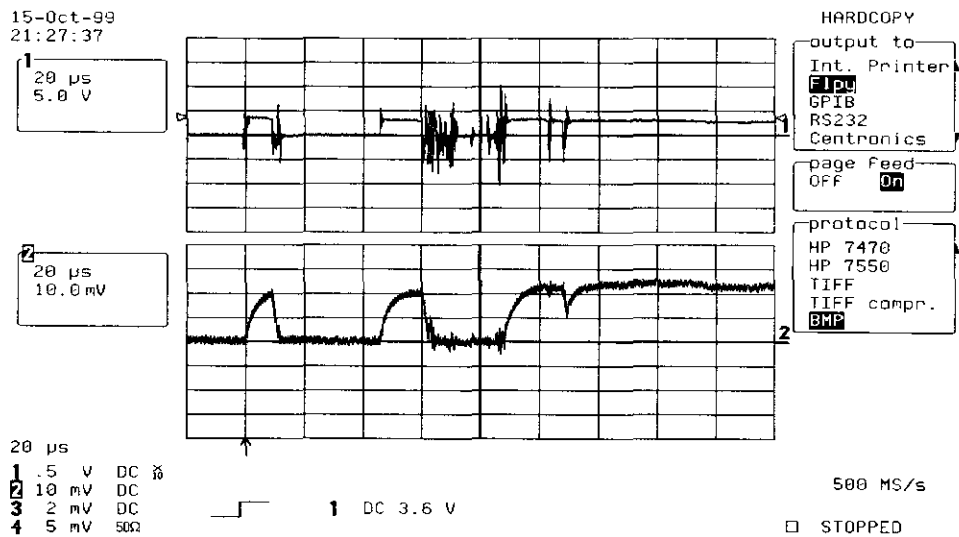
[그림 2-50] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (H社L-HGC-990, ch2:0.5A/Div.)



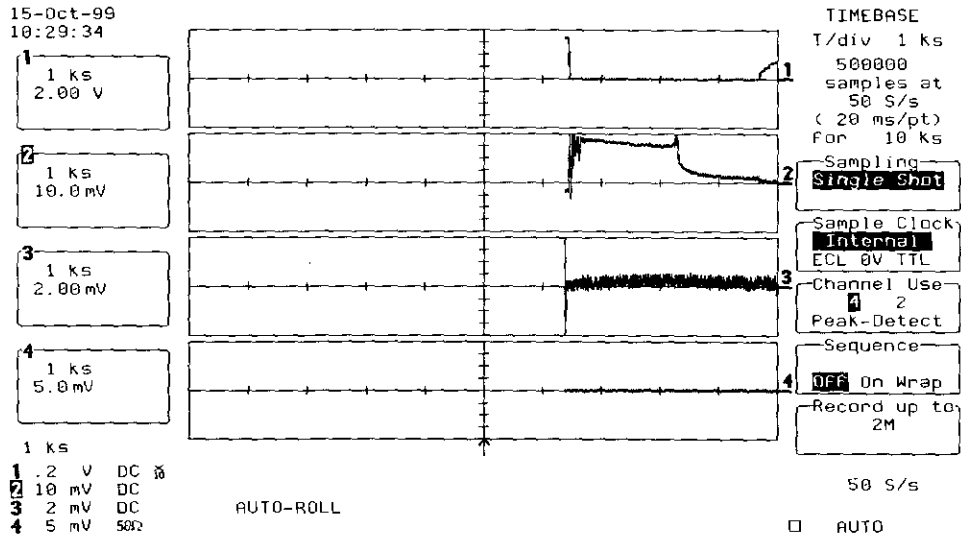
[그림 2-51] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (H社S-HGC-990, ch2:5A/Div.)



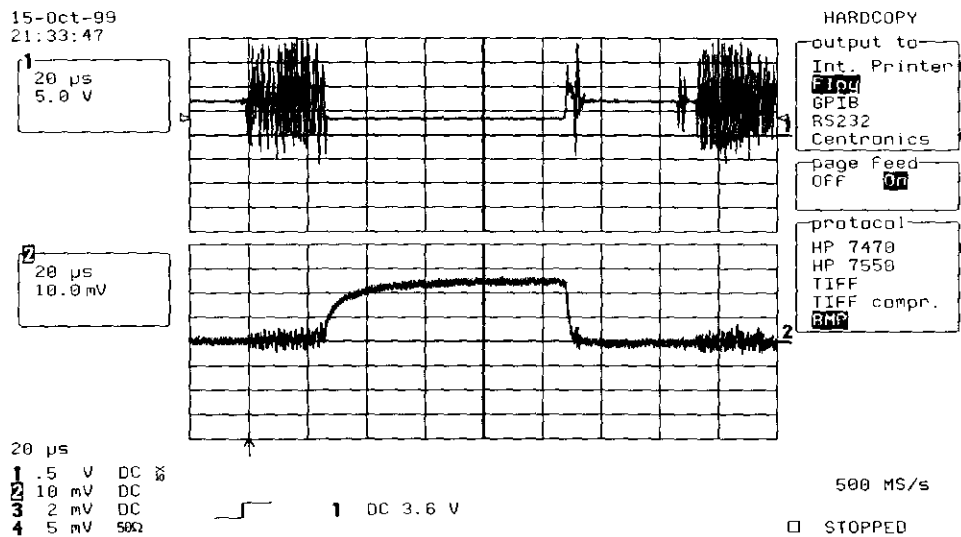
[그림 2-52] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (H社S-HGC-990, ch2:0.5A/Div.)



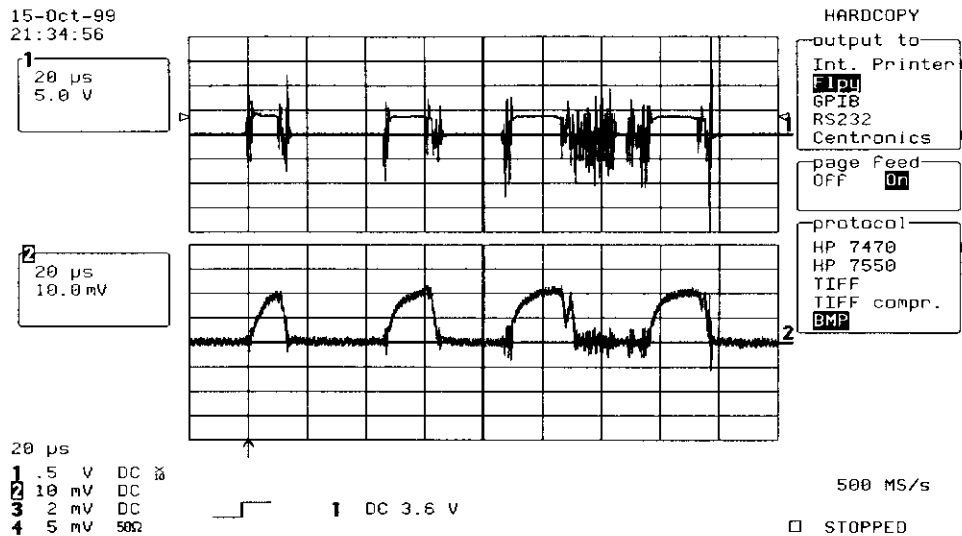
[그림 2-53] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (M社-2800형-1, ch2:5A/Div.)



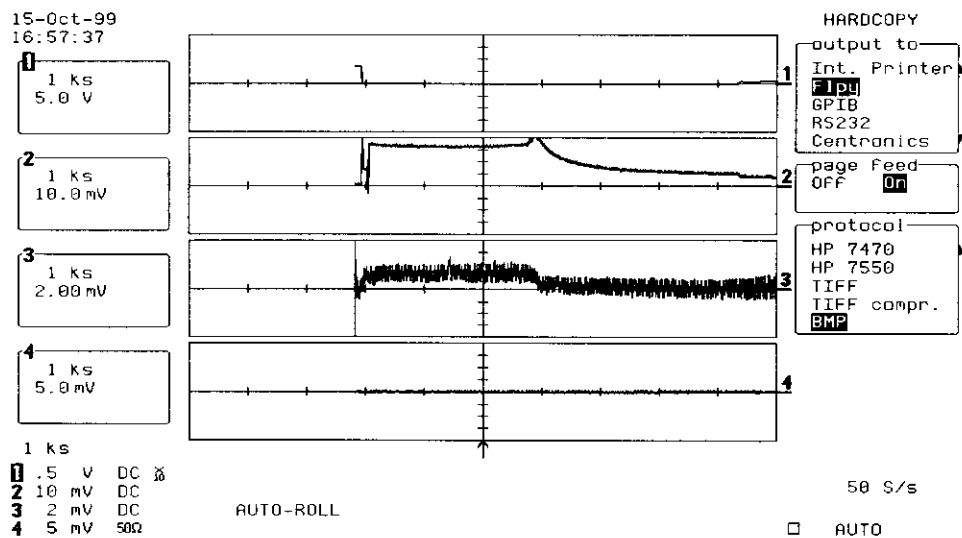
[그림 2-54] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (M社-2800형-1, ch2:0.1A/Div.)



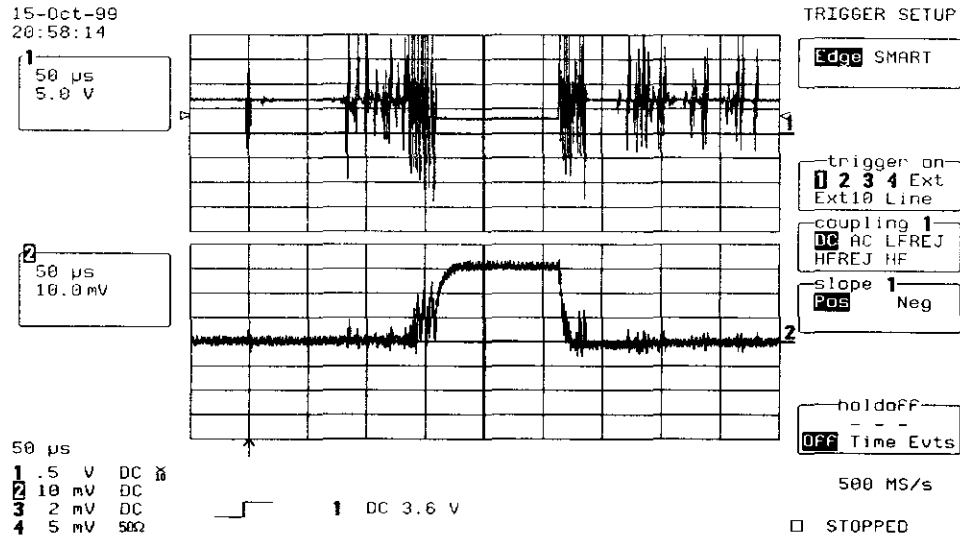
[그림 2-55] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형-1 (M社-2800형-2, ch2:5A/Div.)



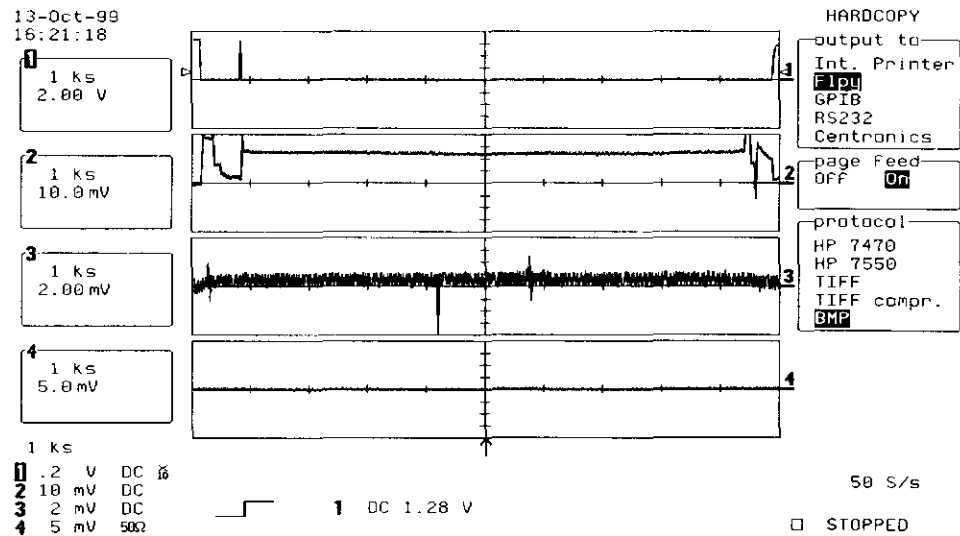
[그림 2-56] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형-2 (M社-2800형-2, ch2:5A/Div.)



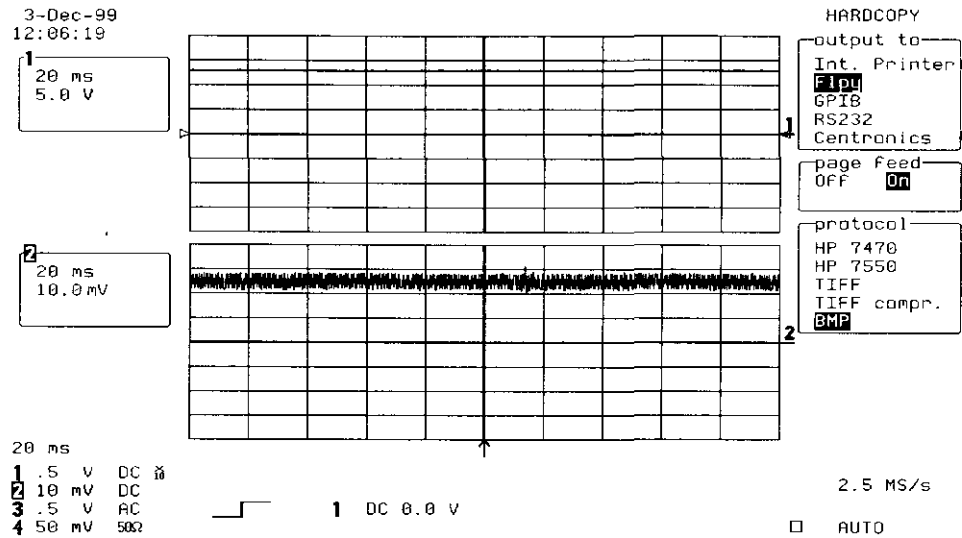
[그림 2-57] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (M社-2800형-2, ch2:5A/Div.)



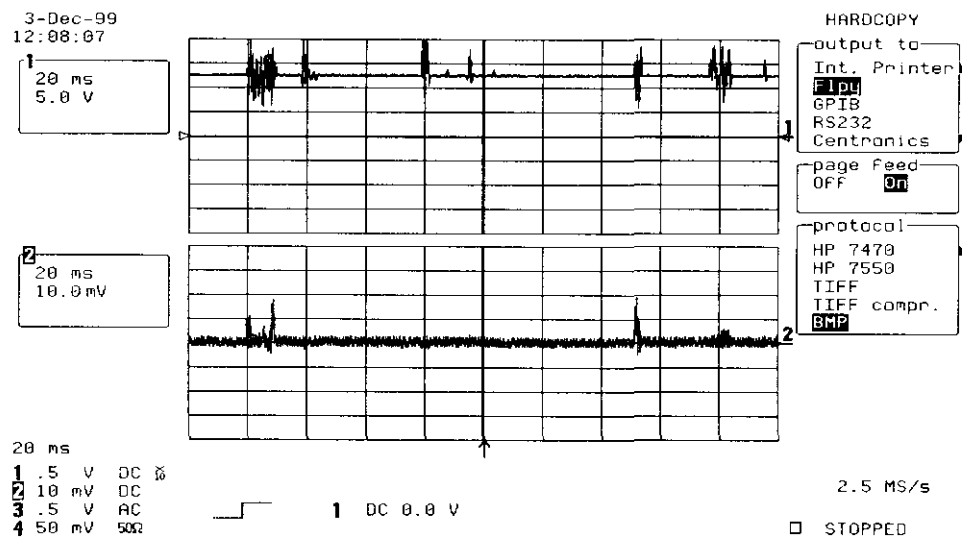
[그림 2-58] 휴대폰용 전지의 개폐전압 및 전류파형 (M社-TAC B.C.-2형, ch2:5A/Div.)



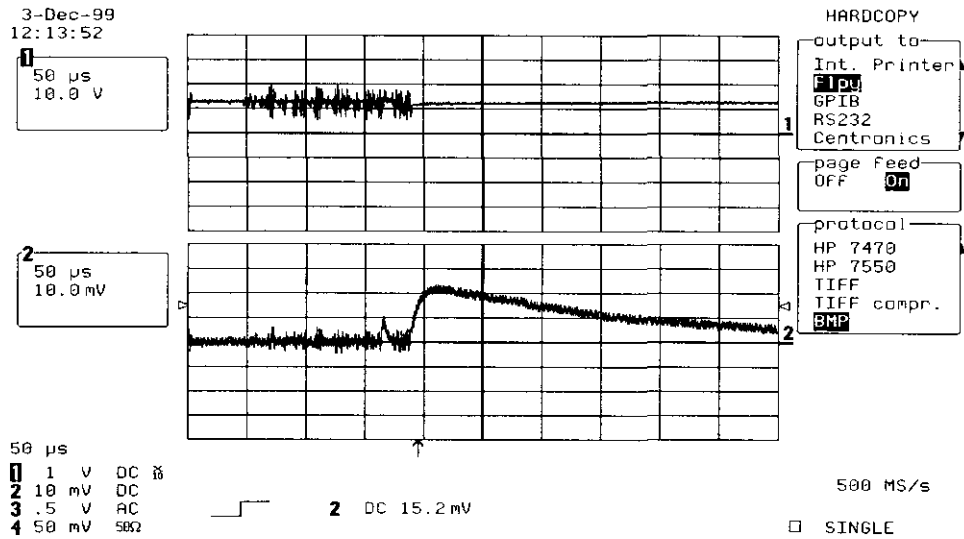
[그림 2-59] 휴대폰용 전지의 방전전압 및 전류파형 (M社-TAC B.C.-2형, ch2:5A/Div.)



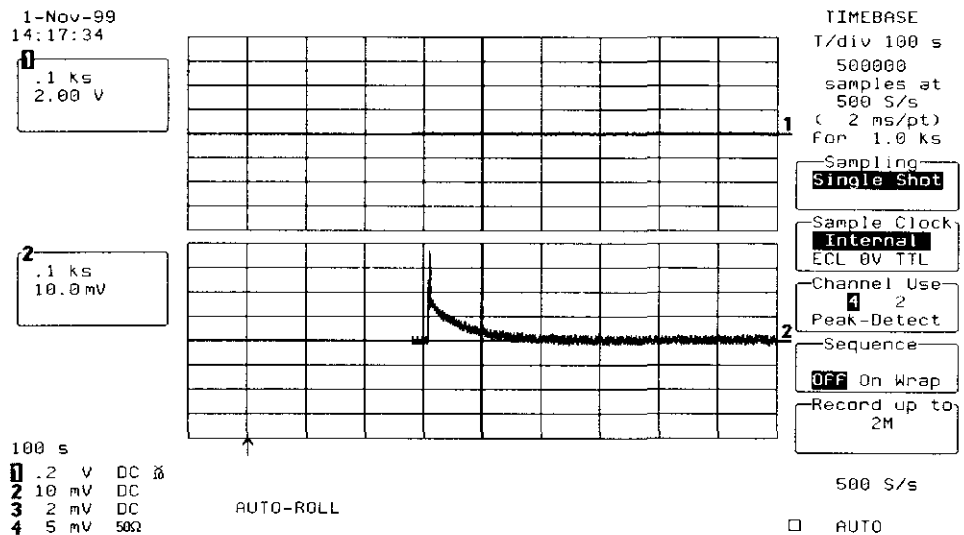
[그림 2-60] Teaching Pendant의 정상상태의 입력전압 및 전류파형 (ch2:0.1A/Div.)



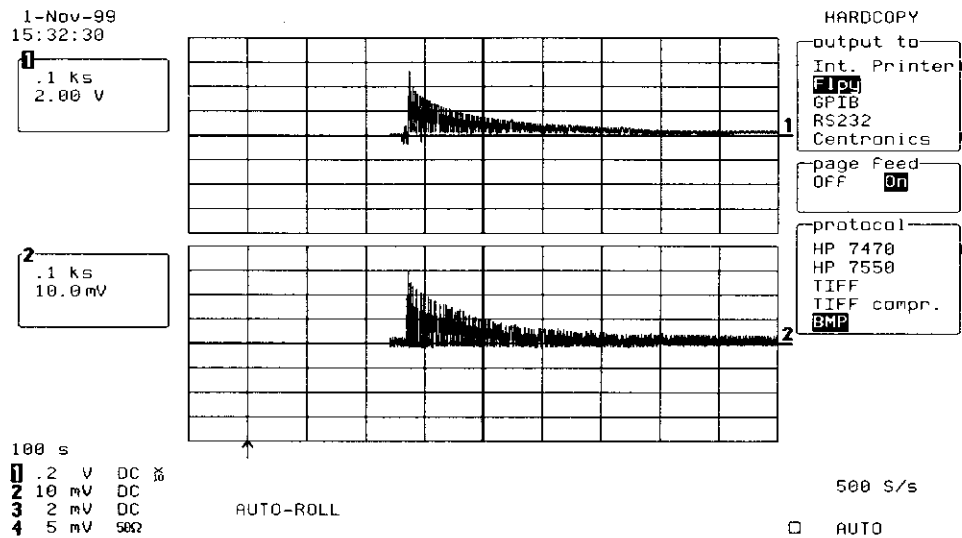
[그림 2-61] Teaching Pendant의 개폐상태의 입력전압 및 전류파형-1 (ch2:5A/Div.)



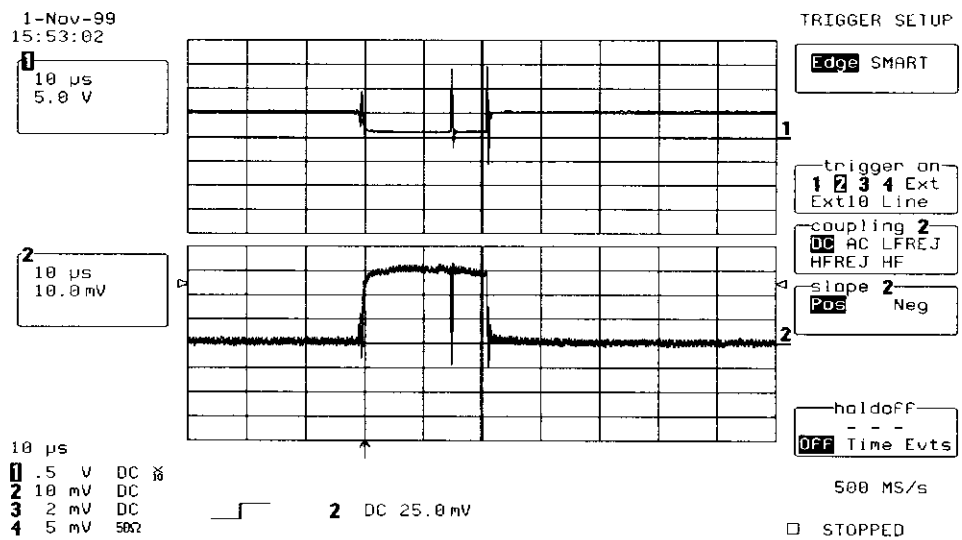
[그림 2-62] Teaching Pendant의 개폐상태의 입력전압 및 전류파형-2 (ch2:5A/Div.)



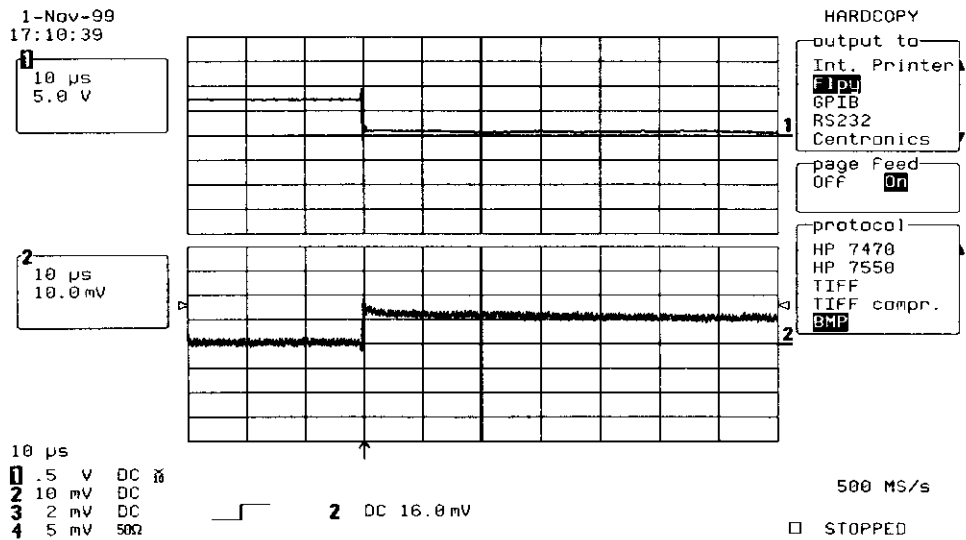
[그림 2-63] Capacitor의 정상상태 (5.5V)의 방전전압 및 전류파형 (ch2:0.2A/Div.)



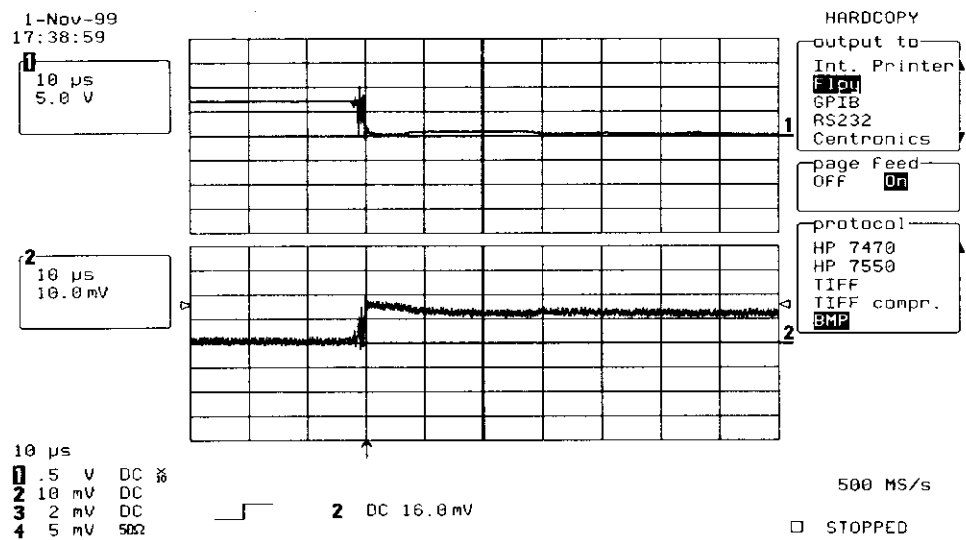
[그림 2-64] Capacitor의 정상상태 (5.5V)의 개폐전압 및 전류파형-1 (ch2:0.2A/Div.)



[그림 2-65] Capacitor의 정상상태 (5.5V)의 개폐전압 및 전류파형-2 (ch2:0.2A/Div.)



[그림 2-66] Capacitor의 과전압 상태 (8.3V)의 개폐전압 및 전류파형-1 (ch2:5A/Div.)



[그림 2-67] Capacitor의 과전압 상태 (8.3V)의 개폐전압 및 전류파형-2 (ch2:5A/Div.)

제 3 장 시제품의 설계 및 제작

1. 관련 제품의 해외 특허기술 분석

가. 소형 활선 저항 측정기

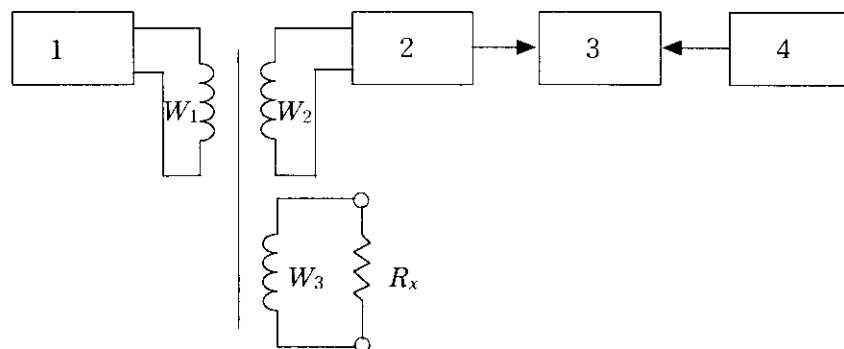
소형 활선 저항 측정기는 눈금 지시계를 편향시키는 전압을 감소하기 위하여 단락회로 모드로 작용하는 변압기 권선에 임피던스를 접속한 원리로 되어 있으며, 화재 및 폭발위험이 있는 장소에서 사용 가능하다는 특징을 가지고 있다.

그림 3-1은 소형 활선 저항 측정기의 구조도를 나타낸 것이다. 측정기는 결정된 출력저항을 가진 교류 발전기 1을 포함하고 있는데, 그 출력단자는 변압기의 권선 W_1 과 연결되어 있고 권선 W_2 에는 증폭기 2의 입력단자가 연결되어 있으며, 그 출력단자에는 보상기 4를 갖고 있는 지시기 3과 연결되어 있다. 권선 W_3 에는 측정저항 R_x 가 연결되어 있다.^[14]

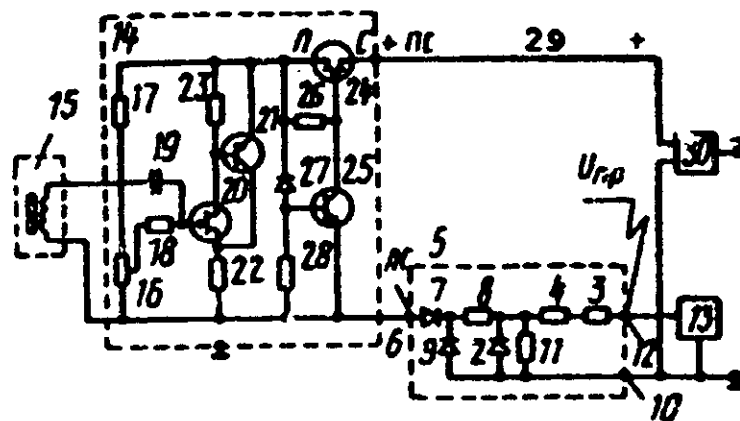
나. 측정기구의 과부하를 방지하는 장치

측정기구의 과부하를 방지하는 장치는 측정회로의 스파크 보호 유니트에 2개의 다이오드와 4개의 저항을 넣어 과부하에 대한 측정기구를 보호하는 시스템으로 CT에 적용한 과부하 및 스파크방지 회로이다. 그림 3-2와 같이 안정화 회로 2를 포함하고 있는 스파크 방지 블록 1로 이루어져 있다. 특히 본 장치는

화학, 가스나 석유 정제 공업 관련의 폭발 위험 지역에서 측정을 위해 사용할 수 있다.^[15]



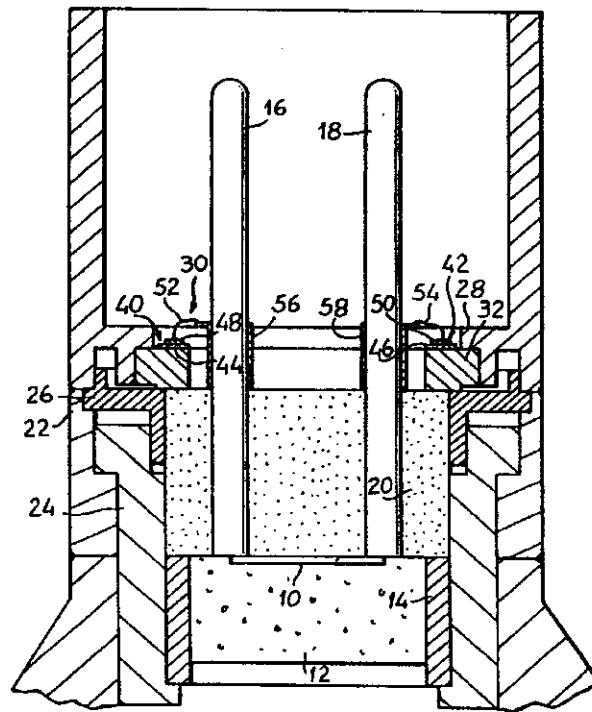
[그림 3-1] 소형 활선 저항 측정기의 구조도



[그림 3-2] 측정기구의 과부하 방지회로

다. 정전기 방전에 따른 전기불꽃의 보호

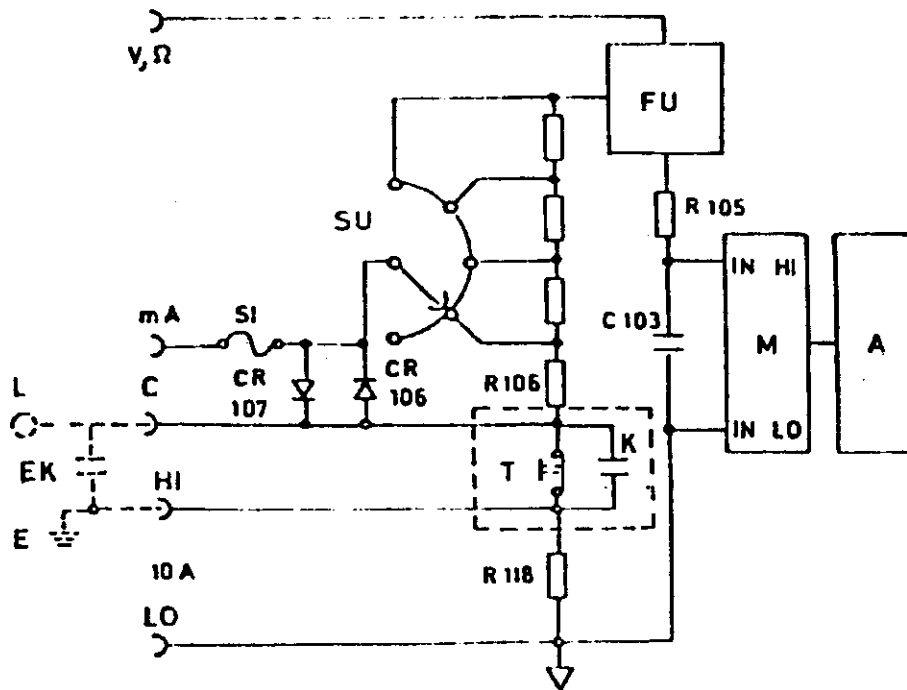
각 부분에서 정전기 방전을 일정하게 한 후 이를 모아서 저항에서 소비하도록 한 본 보호회로는 접지된 링과 각각의 전류공급 커넥터 핀 사이를 절연 및 도전성 얇은 필름으로 세분하여 정전기 방전에 대한 폭발을 방지하는 기구로서 그림 3-3에 구조를 나타내었다.^[16]



[그림 3-3] 정전기 방전 보호기구의 구조도

라. 정전 전하를 검출하는 방법

일반의 만능계측기를 사용하여 간단한 방법으로 실현될 수 있는 정전 전하를 측정하는 장치로 방폭형, 전자부품 및 집적회로를 정전기에 의한 손상에 방지기능과 직렬저항을 삽입한 전압 강하법을 이용하고 있다는 특징을 가지고 있다. 그림 3-4에 그 회로도를 나타내었다.^[17]



[그림 3-4] 만능 계측기를 사용한 정전하 측정회로

2. 설계 기준

제2장의 기존 샘플의 분석결과와 상기 1.의 분석결과를 토대로 하여 본 연구에서 개발코자한 4종의 설계기준을 다음과 같이 하였다.

가. Digital Multimeter

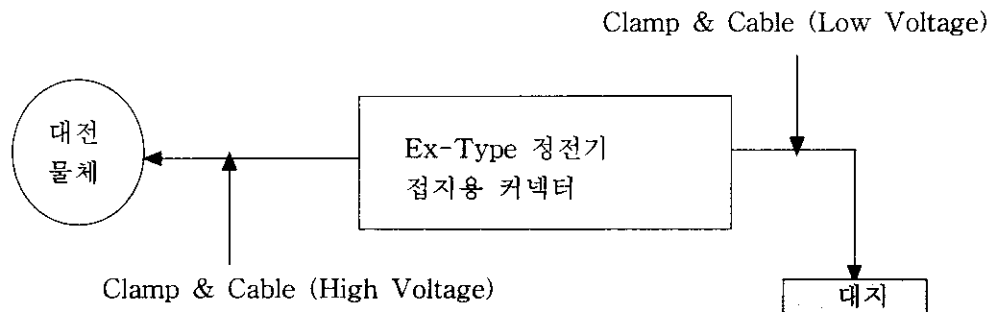
- (1) Digital Multimeter는 전기신호 및 물리적인 크기를 측정하는 계측기로서 방폭지역에서의 사용을 목적으로 하기 때문에 방폭형으로 제작하여야 한다.
- (2) Digital Multimeter를 사용하여 고전압을 측정하기 위한 배율기로서의 역할을 하기 위하여 부가 기능이 접속 가능하고 또한, 휴대하기 쉽도록 제작하여야 한다.
- (3) Digital Multimeter를 설계하기 위하여 노동부고시 제 92-23호 "방폭구조 전기기계·기구 성능검정 규격"을 만족하여야 한다.
- (4) 본질안전 방폭구조를 원칙으로 하여 설계 및 제작한다.
- (5) 최소 점화 전류비는 그룹 IIC에 적합하도록 하여야 한다.
- (6) Digital Multimeter를 구동시키는 건전지의 전압은 되도록 낮은 전압 (약 3V, 1.5V 건전지 2개)으로 설계한다.
- (7) 방폭지역에서도 60V/500mA 이상을 측정할 수 있어야 함은 물론 이때 점화 위험성에 대한 안전이 확보되어야 한다.
- (8) 정전전압을 측정하기 위하여 직렬저항을 삽입하는 경우는 측정값과 표시값을 일치하도록 변환기능을 가져야 한다.
- (9) 기기 자체의 오동작과 외부의 전자파에 의한 기기의 오동작을 방지하기 위하여 접지와 차폐를 실시하여야 한다.

- (10) 접지 부분과 기계적 질환 스위치 부분은 필히 Zener Diode를 추가하여야 한다.
- (11) 휴즈는 밀봉형을 사용하여야 하며, 건전지에 역방향에 다이오드를 접속한다.

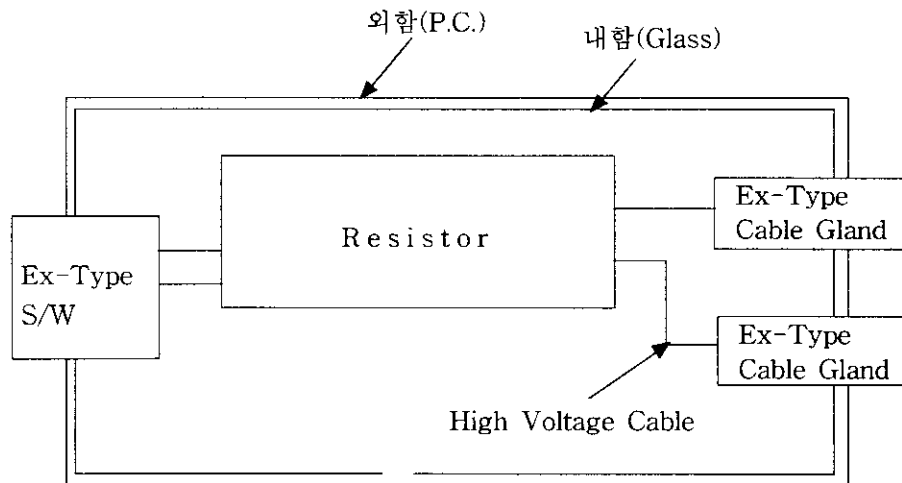
나. 정전기 접지용 커넥터

- (1) 정전기 접지용 커넥터는 집적된 정전기를 대지로 방전시키기 위한 도구로서 방폭지역에서의 사용을 목적으로 하기 때문에 방폭형으로 제작하여야 한다.
- (2) 상기의 도구는 만능 계측기에 접속시켜 고전압을 측정하기 위한 배울기로서의 역할을 하기 위하여 휴대하기 쉽도록 제작하여야 한다.
- (3) 상기의 커넥터를 설계하기 위하여 노동부고시 제 92-23호 "방폭구조 전기 기계·기구 성능검정 규격"을 만족하여야 한다.
- (4) 상시 점화원을 갖는 부분은 내압 방폭구조를 원칙으로 하여 설계 및 제작하고, 기타의 다른 부분은 내압 방폭구조가 아닌 다른 방폭구조로 한다.
- (5) 폭발 등급은 그룹 IIC에 적합하도록 하여야 한다.
- (6) 대전된 구조물에 최초로 접촉될 때에는 커넥터의 내부저항은 최소 $1G\Omega$ 이상이어야 한다. 또한 접촉 후에는 커넥터 내부저항은 10Ω 이하이어야 한다.
- (7) 커넥터 내부에 수납하는 저항은 고전압으로부터의 누설을 방지하기 위하여 유리관 내에 넣어 견고하게 부착하여야 한다.
- (8) 커넥터의 정격은 30000V, 1A의 정격에 견딜 수 있는 부품과 $10G\Omega$ 이상의 절연 내력을 가져야 한다.
- (9) 구조물에 접속하는 클램프와 케이블은 상기 (8)의 정격을 만족하여야 하고, 접지에 접속하는 클램프와 케이블은 그러하지 않아도 된다.

- (9) 클램프는 착탈이 용이하도록 설계/제작하여야 한다.
- (10) 정전기 접지용 커넥터의 접속도는 그림 3-5와 같으며, 그림 3-6은 구성도를 나타낸 것이다.



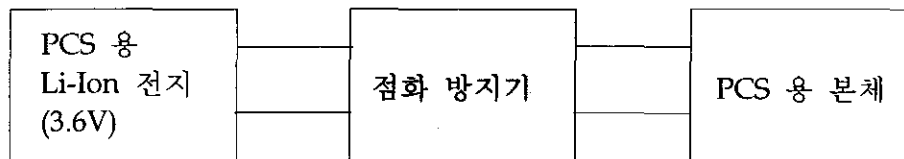
[그림 3-5] 정전기 접지용 커넥터의 접속도



[그림 3-6] 정전기 접지용 커넥터의 구성도

다. 점화 방지기

- (1) 2차 전지 단락에 의한 가연성 물질로의 점화를 방지하기 위한 점화 방지기는 방폭지역에서의 사용을 목적으로 하기 때문에 방폭형으로 제작하여야 한다.
- (2) 상기의 도구는 가능한 한 소형으로 제작하여야 한다.
- (3) 상기의 점화 방지기를 설계하기 위하여 노동부고시 제 92-23호 "방폭구조 전기기계·기구 성능검정 규격"을 만족하여야 한다.
- (4) 상기의 점화 방지기는 현재 유통되고 있는 개인 휴대 통신용 단말기의 건전지 (리튬-이온전지, 3.6V)에 적용할 수 있는 사양을 가져야 한다.
- (5) 점화 방지를 위한 2차 전지의 단락시점부터 회로의 차단시간은 최소 10 μ s 이내이어야 한다.
- (6) 방지기를 구성하는 전자 부품의 사양은 안전율 1.5배를 고려하여 선정하여야 한다.
- (7) 플라스틱 재질을 사용하는 경우 방지기의 외형은 정전기의 대전을 고려하여야 하며, 이때의 설계값은 상기 (3)을 적용하여야 한다.
- (8) 방지기를 구성하는 전자 부품을 밀봉형 방폭구조를 적용하는 경우의 밀봉용 재료는 상기 (3)을 적용하여야 한다.
- (9) 점화 방지기의 구성도는 그림 3-7과 같다.



[그림 3-7] 점화 방지기의 구성도

라. Robot용 Teaching Pendant

- (1) Robot용 Teaching Pendant는 방폭지역에서의 사용을 목적으로 하기 때문에 방폭형으로 제작하여야 한다.
- (2) Robot용 Teaching Pendant를 설계하기 위하여 노동부고시 제 92-23호 "방폭구조 전기기계·기구 성능검정 규격"을 만족하여야 한다.
- (3) 본질안전 방폭구조를 원칙으로 하여 설계 및 제작한다.
- (4) 최소 점화 전류비는 그룹 IIC에 적합하도록 하여야 한다.
- (5) 기기자체의 오동작과 외부의 전자파에 의한 기기의 오동작을 방지하기 위하여 접지와 차폐를 실시하여야 한다.
- (6) 회로 내의 스위치 및 접지부분에는 Zener Diode를 삽입하여 본질안전 방폭구조상 필요한 조치를 취하여야 한다.
- (7) IC에 방열판을 붙여 대상으로 하는 가스로의 발화온도를 낮추어야 한다.
- (8) Teaching Pendant와 주 제어반의 대전력 회로와는 Isolating이 절대로 필요하며, 이를 위하여 Barrier를 사용하여야 한다.
- (9) IEC에서 규정하는 저항회로/ 유도성회로/ 용량성회로에 대한 최소 점화 에너지의 데이터 곡선에서 안전율 1.5배를 적용한 값을 채택하여야 한다.

3. 제작 방법

시제품의 제작방법에서 Digital Multimeter와 Robot용 Teaching Pendant는 참여기업과의 공동연구에 의해 우리 연구원의 설계 및 평가 데이터를 이용하여 참여기업에서 제작/제공하는 것으로 하였다. 또한 정전기 접지용 커넥터와 점화 방지기는 우리 연구원의 자체기술로 제작하였다.

제 4 장 개발품의 사양 및 평가

1. 개발품의 사양 및 특성

가. Digital Multimeter

금번에 개발한 Digital Multimeter의 상세한 설계 및 제작 도면은 특허 등 지적재산권에 대한 문제로 본 보고서에는 수록하지 못하나 추후 공개할 예정이며, 표 4-1은 개발품에 대한 사양을 나타낸 것이다. 또한 그림 4-1은 개발품의 외형 사진과 그림 4-2는 개발품의 분해 사진을 나타낸 것이다.

개발품은 Digital Multimeter의 회로를 구동시키는 건전지의 용량을 낮추어 본질안전성능의 향상시켰다는 것과 소비전력을 낮추었다는 특징을 갖고 있다.

<표 4-1> Digital Multimeter의 사양

방폭구조	Ex ib IIC T4
측정범위	1000V Max., 10A Max.
측정기능	직류/교류전압, 직류/교류전류, 주파수, 저항
정격입력	DC 3V, 0.1A Max.
전원	망간건전지: 1.5V×2ea
무게	552g

나. 정전기 접지용 커넥터

금번에 개발한 정전기 접지용 커넥터는 두 가지 사용 목적을 갖고 있다. 첫 번째는 이름과 같이 정전기가 발생하는 시설물에서 이를 사용하여 대지로 방전시키는 역할을 하고, 두 번째는 상기 가.에서 개발한 만능계측기에 접속시켜 정전전하를 측정하기 위한 배울기로서의 역할을 할 수 있다.

그림 4-3에 개발한 정전기 접지용 커넥터의 외형 사진을, 그림 4-4에 그 분해 사진을 나타내었다. 주요한 사양은 표 4-2와 같다.

<표 4-2> 정전기 접지용 커넥터의 사양

방폭구조	Ex demia IIC T4
측정범위	30kV Max.
기능	정전기 접지용, 정전전하 측정용 배울기
무게	약 1kg (케이블 제외)
케이블 길이	약 20m
기타	전원 사용 무

다. 점화 방지기

기존의 휴대폰용 전지샘플의 평가에서 나타난 바와 같이 2차 전지의 과충전 및 단락보호를 위해 사용되는 2중금속을 채택한 보호기는 PTC (Positive Temperature Coefficient) 소자를 사용하기 때문에 소자의 특성상 단락전류를

원하는 값까지 차단시키는 시간이 대략 수 백 ms이다.^[13] 그러므로 이 값의 차단시간은 가연성 물질을 점화시키는데 필요한 시간 (Minimum Ignition Time) 이 아세틸렌의 경우는 20 μ s, 에틸렌의 경우는 40 μ s, 메탄의 경우는 100 μ s을 초과하므로 PTC를 이용한 보호회로는 방폭용으로 적용할 수 없다.

금번에 개발한 휴대폰 등에 사용하는 2차 전지의 단락에 의한 가연성 물질로의 점화를 방지하기 위한 점화 방지기는 전지 단락시에 최소 점화 지연시간 내에 회로를 차단한다는 것이 가장 큰 특징이다.

그림 4-5에 점화 방지기의 외형 사진과 그림 4-6에 그 분해 사진을 나타내었으며, 주요한 사양은 표 4-3과 같다.

<표 4-3> 점화 방지기의 사양

방폭구조	Ex mib IIC T4
차단시간	1 μ s 이내
기능	2차 전지 단락 보호용
동작전압	3.6V, Li-Ion 전지 팩
크기	L105mm×W75mm×H55mm
무게	195g

라. Robot용 Teaching Pendant

금번에 개발한 도장용 로봇에 적용하는 Teaching Pendant는 본질안전 방폭 구조로 Pendant 회로를 구동하는 전원은 본질안전 관련기기로부터 전원을 공급받는다.

그림 4-7과 그림 4-8에 외형 사진과 분해 사진을 나타내었으며, 주요한 사양은 표 4-4와 같다.

<표 4-4> Robot용 Teaching Pendant의 사양

방폭구조	Ex ib IIC T4
입력전원	DC9V
동작전류	0.5A
무게	약 1.2kg
본질안전 관련 Barrier	전압 DC12V, 전류 0.5A

2. 점화 위험성 평가

가. 실험장치의 구성 및 평가방법

본 연구에서 개발한 시제품에 대한 점화 위험성 평가는 Digital Multimeter, 점화 방지기 및 Robot용 Teaching Pendant는 제2장 1. 가.의 실험장치를 사용하여 평가를 수행하였으며, 정전기 접지용 커넥터는 제2장 1. 나.의 실험장치를 사용하여 점화 위험성을 평가하였다.

그림 4-9 및 그림 4-10은 점화 위험성을 평가한 실험장치 구성 회로도이며, 그림 4-11은 실험장치의 구성 사진을 나타낸 것이다. 표 4-5는 실험에 사용한 주요한 실험기기 및 계측기기의 사양을 나타낸 것이다.

실험방법에서 전원은 회로의 특성상 고주파 전원을 사용하여 평가한 경우도

있으며, 전지의 방전실험은 IEC형 불꽃점화 실험장치 대신에 도선을 연결하였다. 또한 실험가스는 수소 $31\pm1\%$ /공기, 아세틸렌 $15\pm1\%$ /공기를 사용하였다.

<표 4-5> 실험 기기 및 계측기의 사양

Items	Models	Makers	Specifications
R. F. Amp.	AR500A100	AR社	- Frequency Range: 10kHz-100MHz - Output: 500W Gain: 57dB - Input/output Impedance: 50Ω
Oscilloscope	9354TM	Lecroy社	4-channel 500MHz 2Gs/s FFT
Digital Multimeter	EDM2347	Escort社	Measurement Range: 1000V, 20A, $20M\Omega$
Digital Multimeter	HC 5000	홍창社	Measurement Range: 1000V, 20A, $20M\Omega$
DC Voltage Meter	2011	YOKOGAWA社	Measurement Range: 0.3/1/3/10V
DC Current Meter	2011	YOKOGAWA社	Measurement Range: 1/3/10/30A
Impedance/Gain-Phase Analyzer	4194A	HP社	- Test Frequency: 100Hz-100MHz - Resolution: 1mHz - Accuracy: $\pm 20\text{ppm}$
Current Probe	6302	Tektronix社	- Band Width: DC-50MHz - Peak Pulse: 50A Max. AC p-p: 50A - Max. DC: 20A - Insertion Impedance (1MHz): 0.1Ω
High Voltage Probe	P6015A 80kV-40HV HV15HV	Tektronix社 Fluke社 bwd社	$1000 \times 3.0\text{pF}$, $100M\Omega$, 20kVDC, 40kVpk 40kVpk Max., $1G\Omega$ 15kVDC & pk to pk AC, $500M\Omega$
Insulation Tester	2406A	YOKOGAWA社	$1000V/2000M\Omega$, $500V/100M\Omega$, $250V/50M\Omega$ 800VAC Max.

나. 실험결과 및 고찰

(1) Digital Multimeter

그림 4-12부터 그림 4-15까지는 금번에 개발한 Digital Multimeter의 회로 전원 공급용 1차 전지 ($1.5V \times 2ea$)에 대한 국내의 2개 사 제품에 대한 방전 및 개폐 전압/전류의 특성을 측정한 파형이다. 각 사마다 건전지의 특성은 약간의 차이가 있으나 이는 여러 가지 주변 여건의 지배를 받는 것으로 무시할 수 있다. 개폐 전압 및 전류 파형을 관찰해 보면 점화 위험성이 없는 것으로 판단되었다.

그림 4-16부터 그림 4-19는 위에서 평가한 건전지를 시제품에 장착한 후 만능계측기의 정상동작 및 버저 경보시에 정상 상태와 개폐 상태에서의 전압과 전류 파형을 측정한 파형이다. 버저 경보시와 개폐 상태의 전압/전류 값이 정상동작과 정상상태에서의 전압/전류 값에 비해 수배 높게 나타나고 있으나 이들의 값은 점화 위험성이 없는 것으로 판단되었다.

금번에 개발한 Digital Multimeter의 점화 위험성을 실험한 결과 대상으로 하는 가스 및 폭발등급에 적합한 본질안전 방폭성능을 갖는 것으로 판단된다.

(2) 정전기 접지용 커넥터

그림 4-20은 금번에 개발한 정전기 접지용 커넥터에서의 직류고압 전원장치(DC10000V)의 정극성 측에 클램프를 접촉할 때 방전 전압 및 전류 파형을 측정한 것으로, 기존 샘플의 측정결과 (제2장 그림 2-28)와 비교할 때 시제품의 클램프 접촉시의 방전전류는 아주 작게 나타났으며, 이 결과로부터 대상으로 하는 가스 및 폭발 등급에 적합한 방폭성능을 갖춘 것으로 판단된다.

(3) 점화 방지기

그림 4-21은 금번에 개발한 점화 방지기의 특성을 측정한 결과로 2차 전지의 단락시 전압 및 전류를 차단시키는 시간을 측정한 것이다. ch.1 및 ch.2는 점화 방지기의 출력단의 전압 및 전류 파형이고, ch.3 및 ch.4는 점화 방지기의 입력

단의 전압 및 전류 파형을 나타낸 것이다. 측정값에서 알 수 있듯이 회로의 차단시간은 $1\mu s$ 이내로 수소 가스를 대상으로 한 최소 점화시간 이내에서 차단됨으로 점화 위험성이 없는 것으로 판단되었다.

(4) Robot용 Teaching Pendant

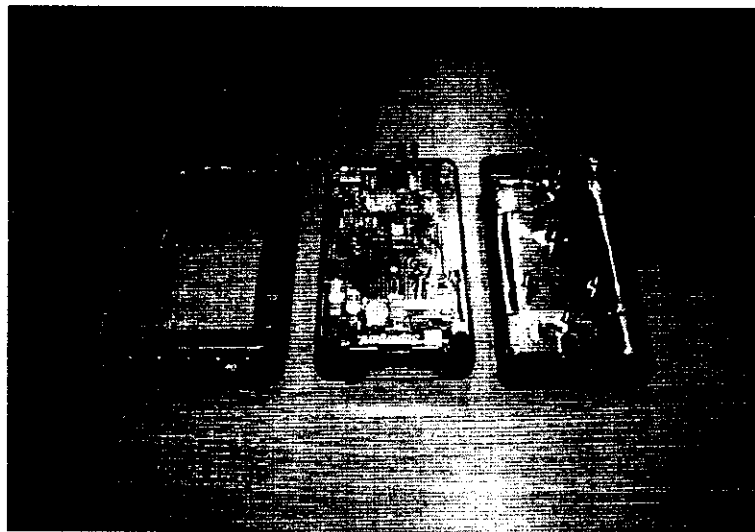
Teaching Pendant 회로 내의 Super Capacitor에 대한 점화 위험성 평가는 안전율 1.5배를 적용하여 실험한 결과 Group IIC의 폭발등급과 본질안전 성능에 적합한 것으로 판단되었다. 또한 고주파 Transformer에서의 점화 가능성에 대한 평가는 1차측의 전원 주파수를 50kHz부터 1MHz까지 가변시키고, 안전율 1.5배를 적용하여 실험한 결과 Group IIC의 폭발등급에는 적합한 것으로 판단되었다.

그림 4-22부터 그림 4-23까지는 개발한 시제품에 대한 점화 위험성을 정상시와 개폐시의 전압 및 전류를 측정한 그래프이다.

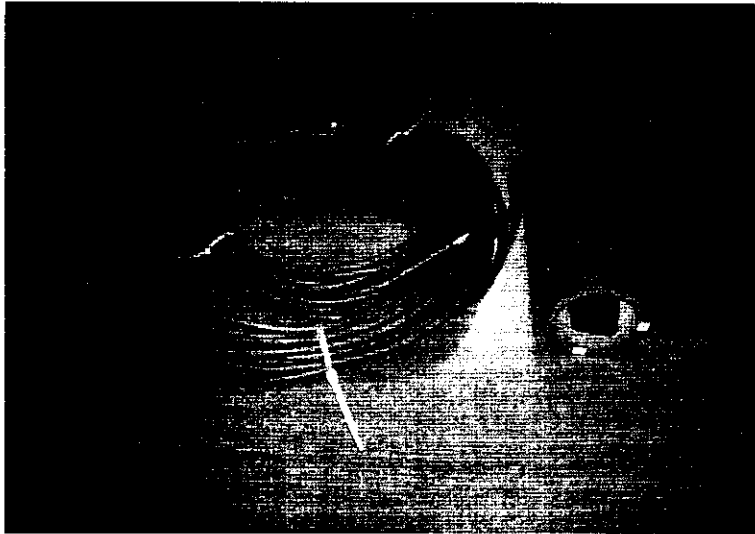
금번에 개발한 Robot용 Teaching Pendant의 점화 위험성을 실험한 결과 대상으로 하는 가스 및 폭발등급에 적합한 본질안전 방폭성능을 갖는 것으로 판단된다.



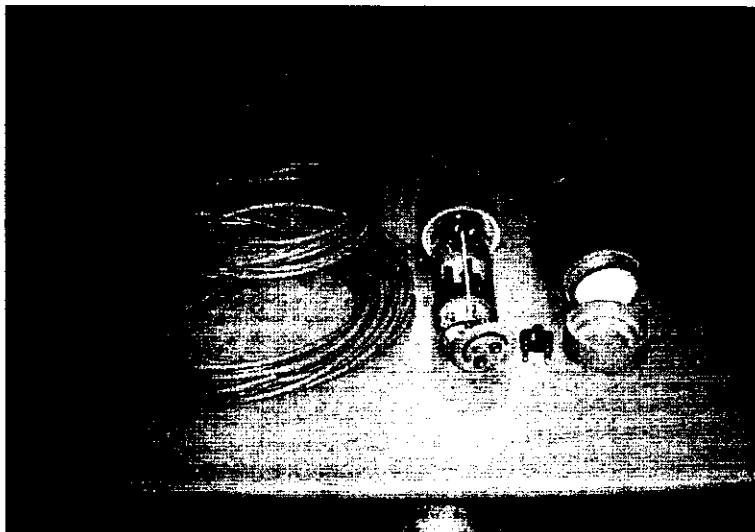
[그림 4-1] Digital Multimeter의 외형 사진



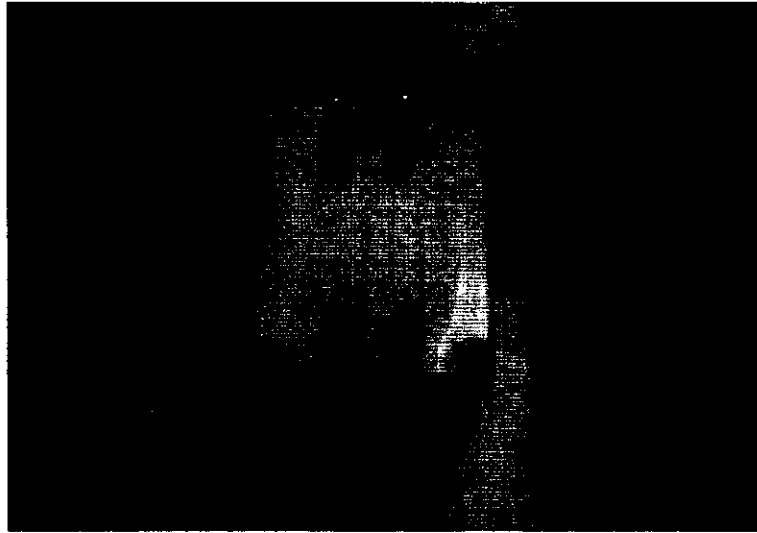
[그림 4-2] Digital Multimeter의 분해 사진



[그림 4-3] 정전기 접지용 커넥터의 외형 사진



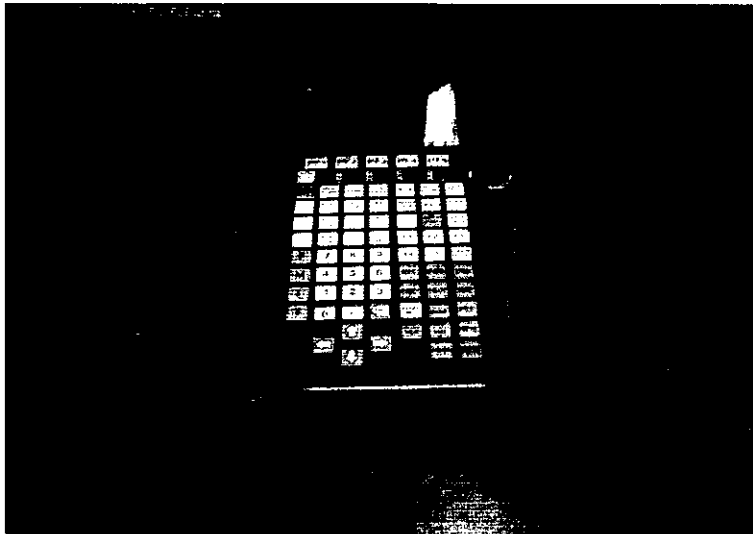
[그림 4-4] 정전기 접지용 커넥터의 분해 사진



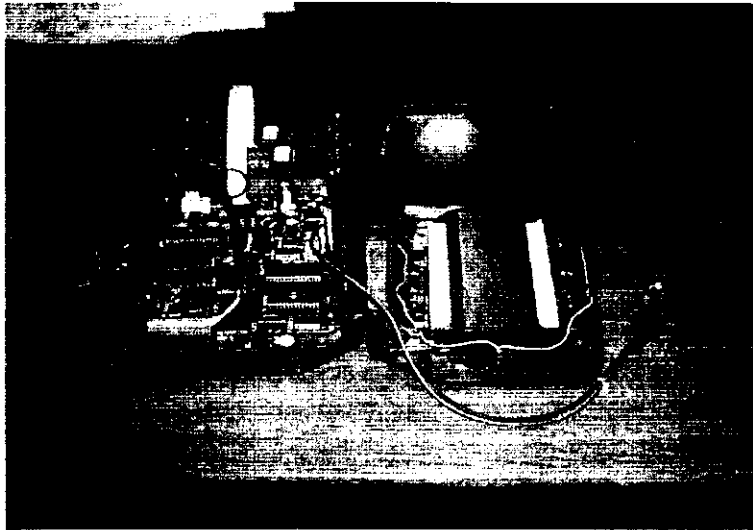
[그림 4-5] 점화 방지기의 외형 사진



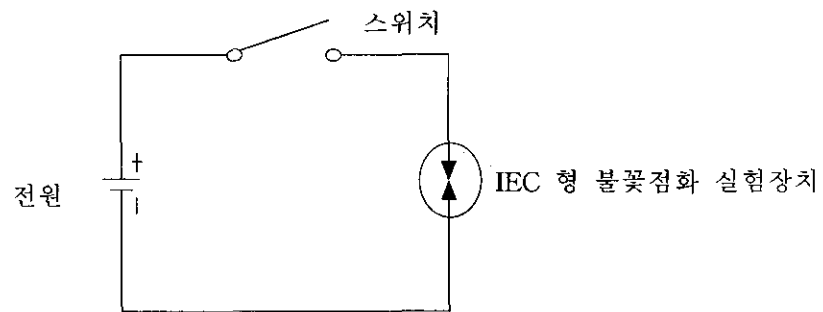
[그림 4-6] 점화 방지기의 분해 사진



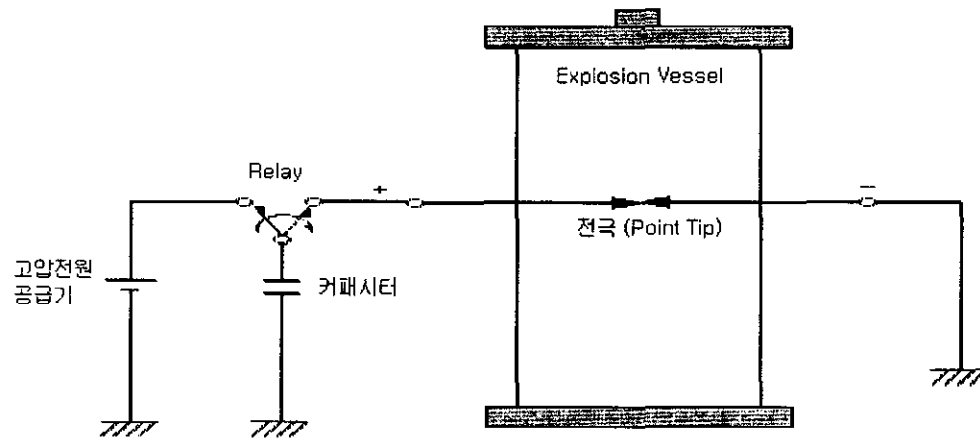
[그림 4-7] Teaching Pendant의 외형 사진



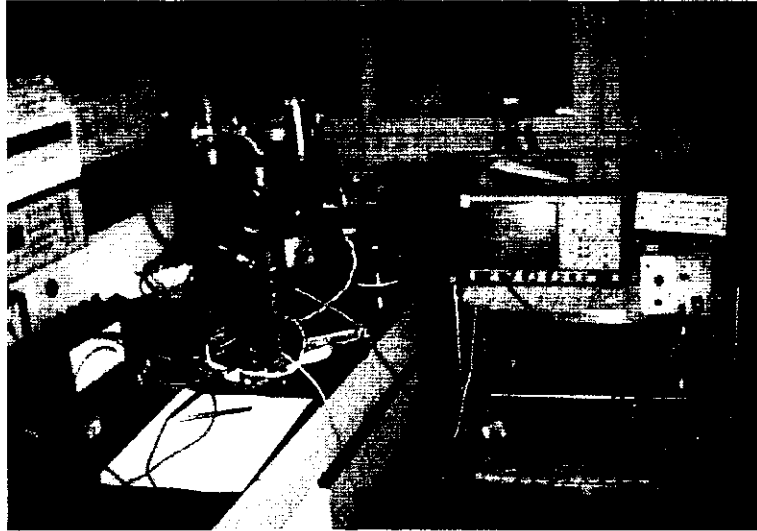
[그림 4-8] Teaching Pendant의 분해 사진



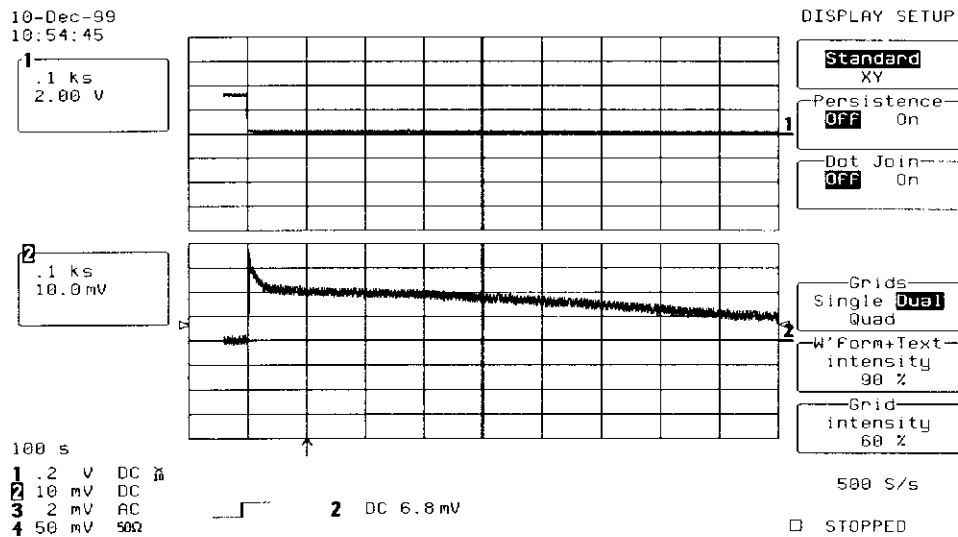
[그림 4-9] IEC형을 사용한 점화실험 회로도



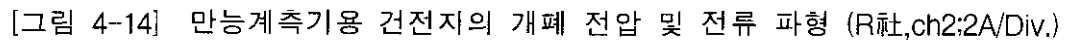
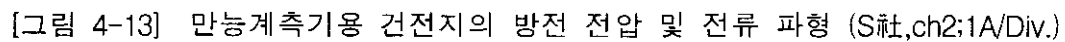
[그림 4-10] MIE형을 사용한 점화실험 회로도

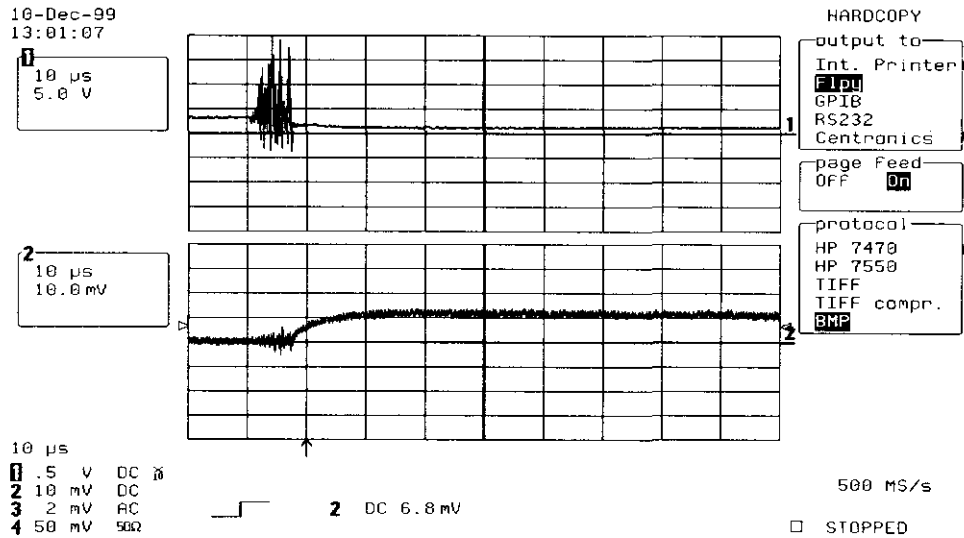


[그림 4-11] 점화 위험성 실험장치의 구성사진

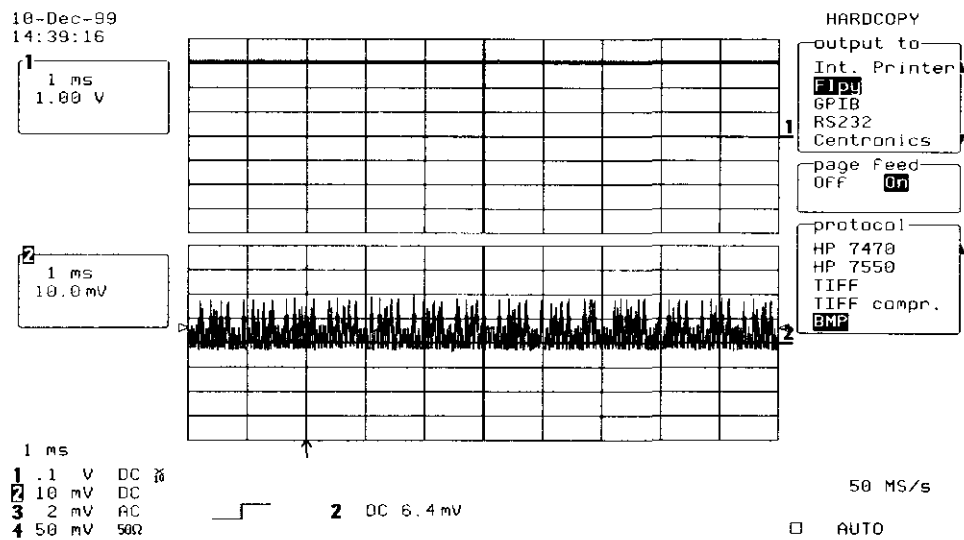


[그림 4-12] 만능계측기용 건전지의 방전 전압 및 전류 파형 (R社,ch2:1A/Div.)





[그림 4-15] 만능계측기용 건전지의 개폐 전압 및 전류 파형 (S社,ch2:2A/Div.)



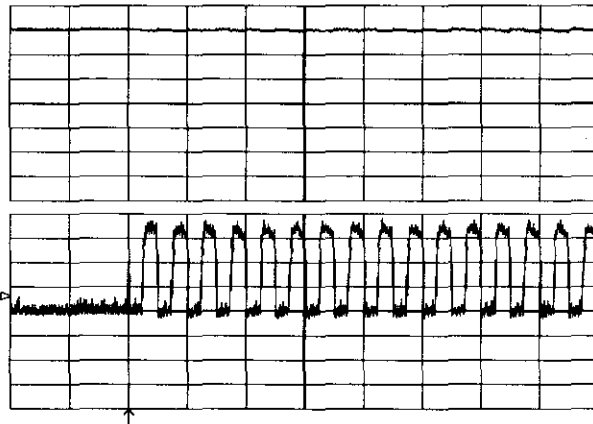
[그림 4-16] 만능계측기의 정상상태 전압 및 전류 파형 (ch2:5mA/Div.)

10-Dec-99
14:42:44

1
1 ms
1.00 V

2
1 ms
10.0 mV

1 ms
1 .1 V DC ∞
2 10 mV DC
3 2 mV AC
4 50 mV 50 Ω



2 DC 6.4 mV

HARDCOPY

output to
Int. Printer
File
6PIB
RS232
Centronics

page Feed
Off On

protocol
HP 7470
HP 7550
TIFF
TIFF compr.
BMP

50 MS/s

□ STOPPED

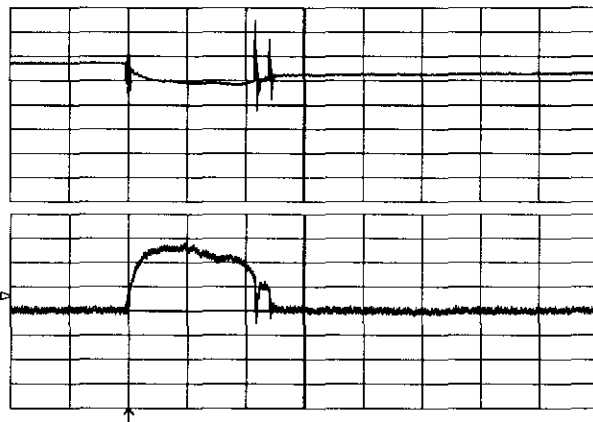
[그림 4-17] 만능계측기의 버저 동작시 전압 및 전류 파형 (ch2:20mA/Div.)

10-Dec-99
14:51:19

1
10 μ s
1.00 V

2
10 μ s
10.0 mV

10 μ s
1 .1 V DC ∞
2 10 mV DC
3 2 mV AC
4 50 mV 50 Ω



2 DC 6.4 mV

HARDCOPY

output to
Int. Printer
File
6PIB
RS232
Centronics

page Feed
Off On

protocol
HP 7470
HP 7550
TIFF
TIFF compr.
BMP

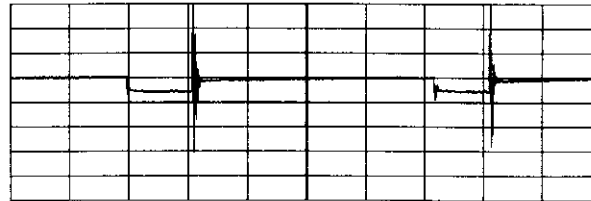
500 MS/s

□ STOPPED

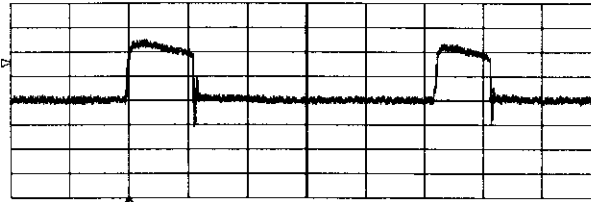
[그림 4-18] 만능계측기의 정상상태시 개폐 전압 및 전류 파형 (ch2:20mA/Div.)

10-Dec-99
14:55:35

10 μ s
2.00 V



2 10 μ s
10.0 mV



10 μ s

1 .2 V DC ∞
2 10 mV DC
3 2 mV AC
4 50 mV 50 Ω



2 DC 15.8 mV

HARDCOPY

output to
Int. Printer
EIPU
GPIB
RS232
Centronics

page Feed
OFF On

protocol
HP 7470
HP 7550
TIFF
TIFF compr.
BMP

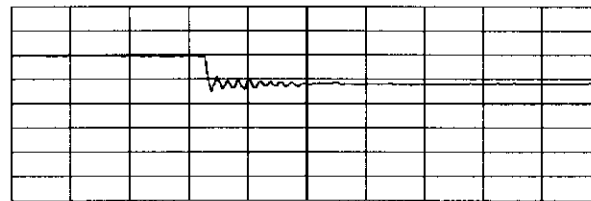
500 MS/s

□ STOPPED

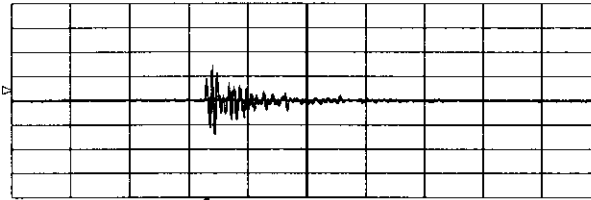
[그림 4-19] 만능계측기의 버저 동작시 개폐 전압 및 전류 파형 (ch2:50mA/Div.)

22-Dec-99
16:00:08

1 .5 μ s
5.0 kV



2 .5 μ s
100 mV



.5 μ s

1 5 V DC ∞
2 .1 V DC
3 2 mV AC
4 50 mV 50 Ω



2 DC 46 mV

HARDCOPY

output to
Int. Printer
EIPU
GPIB
RS232
Centronics

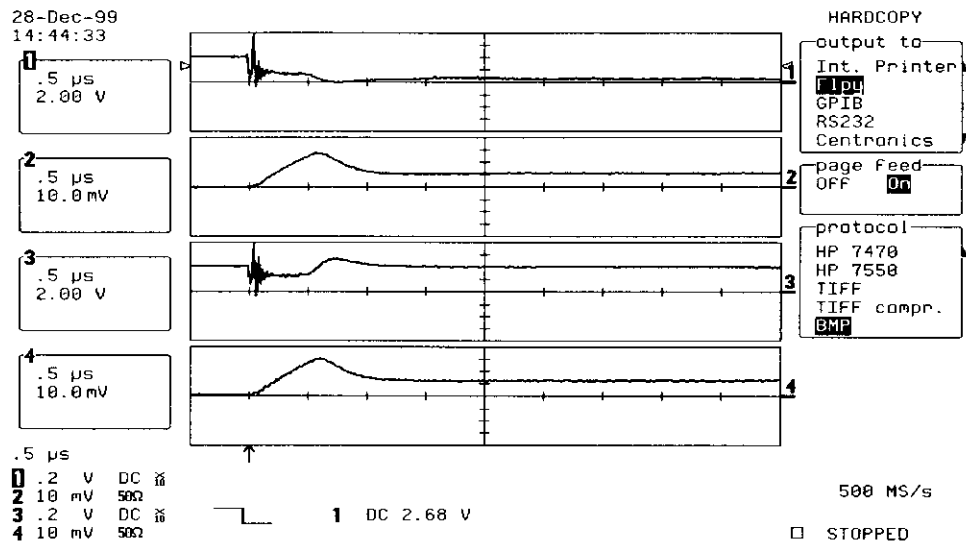
page Feed
OFF On

protocol
HP 7470
HP 7550
TIFF
TIFF compr.
BMP

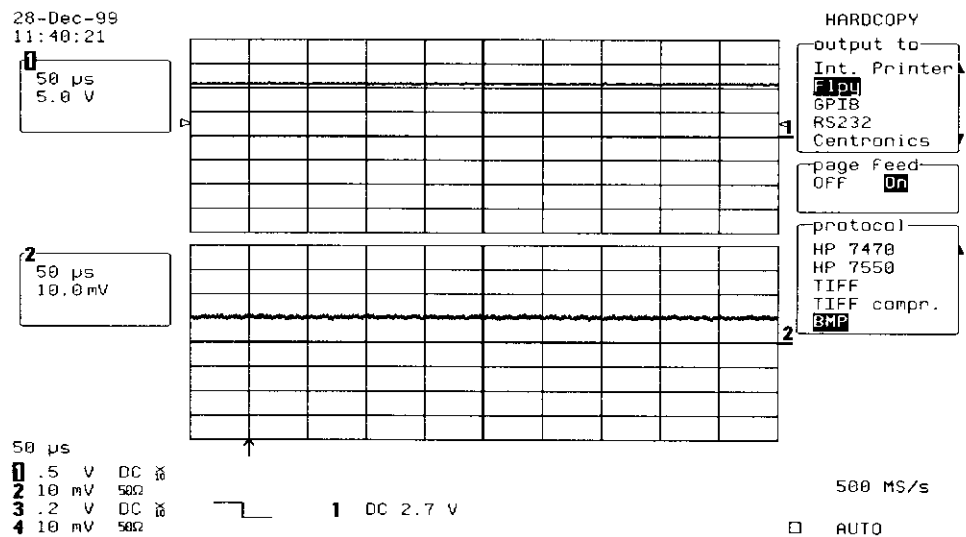
500 MS/s

□ STOPPED

[그림 4-20] 정전기 접지용 커넥터의 클램프 접촉시 방전 전압 및 전류 파형 (ch2:50mA/Div.)



[그림 4-21] 점화 방지기의 최소 점화 지연 시간의 측정결과 (ch2:0.2A/Div.)



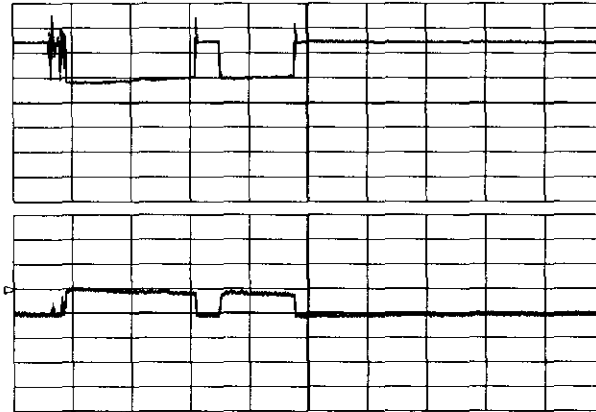
[그림 4-22] Teaching Pendant의 정상상태 전압 및 전류 파형 (ch2:0.2A/Div.)

28-Dec-99
12:25:39

1 50 μ s
5.0 V

2 50 μ s
10.0 mV

50 μ s
1 .5 V DC ∞
2 10 mV 50 Ω
3 .2 V DC ∞
4 10 mV 50 Ω



2 DC 10.0 mV

HARDCOPY

output to
Int. Printer
☒ Lpt
GPIB
RS232
Centronics

page Feed
OFF ☒ On

protocol
HP 7470
HP 7550
TIFF
TIFF compr.
☒ BMP

500 MS/s

☐ STOPPED

[그림 4-23] Teaching Pendant의 개폐상태 전압 및 전류 파형 (ch2:5A/Div.)

제 5 장 결 론

본 연구에서는 계측기 등과 같은 소전력 전기기기를 본질안전 방폭구조로 적용시키는 기술을 개발하여 고 신뢰성화 및 경량화시킨 아래의 시제품을 공동/자체 연구를 통하여 제작한 후 점화 위험성에 대한 평가를 실시하여 안전성을 입증코자 하였다.

- 만능계측기 (참여기업: 삼성계측제어)
- 정전기 접지용 커넥터 (자체)
- 2차 전지 단락에 의한 점화 방지기 (자체)
- Robot용 Teaching Pendant (참여기업: 태하메카트로닉스)

본 연구의 주된 연구결과는 다음과 같다.

- Digital Multimeter, Digital Clamp Meter, Ground Controller & Wiring Device, Personal Communication Service, Camera 등 20여종의 기존 샘플의 점화 위험성을 평가하였다.
- Digital Multimeter는 회로 전원 (3V, 1차 전지, $1.5V \times 2ea$)에서 정상동작 ($0.982mA_{r.m.s}$) 및 버저 경보시 ($20mA_{r.m.s}$)에 정상 상태와 개폐 상태에서의 대상으로 하는 가스 및 폭발등급에 적합한 본질안전 방폭성능을 갖는 것으로 판단되었다.
- 정전기 접지용 커넥터는 직류고압 전원장치 (DC10000V)의 정극성 측에 클램프를 접촉할 때 대상으로 하는 가스 및 폭발 등급에 적합한 방폭성능을 갖춘 것으로 판단되었다.
- 점화 방지기는 차단시간이 $1\mu s$ 이내로 수소 가스를 대상으로 한 최소 점

화시간 이내에서 차단됨으로 점화 위험성이 없는 것으로 판단되었다.

- Teaching Pendant의 점화 위험성 평가는 안전을 1.5배를 적용하여 Group IIC의 폭발등급에 적합한 본질안전 방폭성능을 갖는 것으로 판단되었다.

아울러 본 연구결과의 향후 기대효과는 다음과 같다

- 방폭 전기기기 제조업체에 경제성 및 신뢰성을 갖는 본질안전 설계기술 제공
- 방폭 전기기기 사용 사업장에 안전성이 확보된 국산품의 방폭 전기기기 제공
- 방폭성능의 검정 및 평가에 활용
- 수입대체 효과 및 수출기대 효과
- 특허 또는 실용신안 획득으로 Royalty 기대

향후, 본 연구 결과물인 시제품 4종에 대하여 참여기업으로 하여금 대량생산 후 사업장 보급에 보급하기 위한 기술이전과 실용화를 위한 지속적인 기술지원이 필요하며, 또한 공업용 카메라, 2차 전지, P.C., 정전기 전압계, 체전기 및 냉장고 등의 방폭화 기술 검토가 필요함과 동시에 이들의 국산화도 검토해야 할 과제이다.

본 연구의 계획상에 있던 카메라의 시제품 제작은 방폭제품의 특수성 등으로 인하여 국내의 참여기업이 없어 일반형의 점화 위험성만 평가하는데 만족해야하는 아쉬움이 있었다.

※ 본 연구의 실험을 위하여 바쁜 업무중에도 실험가스의 조성과 기술지원을 제공을 해준 안전검인증센터의 방폭검정팀에 감사한 마음을 전합니다.

참고 문헌

- [1] H. G. Bass, Intrinsic Safety Instrumentation for Flammable Atmospheres, Quartermaine House., U.K, 1984.
- [2] Robin Garside, Intrinsically Safe Instrumentation: a Guide, Unwin Brothers Ltd., U.K, 1982.
- [3] Boveri & CIE, Explosion Protection Manual, Brown, 1984.
- [4] Ernest C. Magison, Electrical Instruments in Hazardous Locations, Instrument Society of America, pp. 107~116, 1980.
- [5] KSC 8503, 이산화망간리튬 일차전지, 1984.
- [6] KSC 8520, 1차 전지 통칙, 1994.
- [7] KSC 8501, 망간 건전지, 1995.
- [8] KSC 8513, 알칼리전지, 1995.
- [9] KSC 8515, 원통 밀폐형 니켈 · 카드뮴 축전지, 1987.
- [10] KSC 8517, 직육면체형 배기식 니켈 카드뮴 축전지, 1992.
- [11] 최상원, 본질안전 방폭기기의 평가 및 사용안전에 관한 연구, 산업안전연구원 연구보고서, 기전연 94-7-9, 1994. 12. 31.
- [12] 최상원, 방폭지역에서의 불꽃점화시험을 위한 장치의 개발, 산업안전보 건연구원 안전분야-연구자료, 연구원 99-25-95, 1998. 12.

- [13] 이춘하, “건전지의 방전불꽃에 의한 수소-공기 혼합가스의 점화에 관한 연구”, 월간전기기술, pp. 132~136, 1998. 7.
- [14] 특허자료, SU-744367, "Small active resistor meter connects impedance to transformer winding, which works in near short circuit mode, reducing voltage to deflect scale pointer", 1982.
- [15] 특허자료, RU-2016487, "Protection system for measuring instruments against overloads includes two diodes and four resistors in spark protection unit of measuring circuit", 1995.
- [16] 특허자료, EP-269475, "Explosive device protection against electrostatic discharges subdividing insulating and conductive thin films between earthed ring and each current supply connector pin", 1988.
- [17] 특허자료, DE-3202702, "Electrostatic charge detection using conventional multimeter has capacitor in series with measurement resistors, capacitor shorting push-button", 1983.
- [18] David Quimby and Steve Sullivan, "Bimetallic Battery Pack Protector Guards Against Overcharge and Short Circuits", PCIM, pp. 38~44, Oct. 1994.
- [19] Boleslaw Dudojc and Janusz Mindykowski, "Analysis of Selected Properties of Measurement Channels used in Hazardous Areas of Ships", IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference , June 4-6, 1996.

- [20] Chris Lang, "Mobile Phones an explosive risk at gas stations", Feb. 8. 1999.
- [21] 노동부 고시 제92-23호, 방폭구조 전기기계 · 기구 성능 검정규격, 1996. 12.
- [22] 노동부 고시 제93-19, 사업장 방폭 전기기계 · 기구배선 등의 선정 · 설치 및 보수 등에 관한 지침, 1993. 5. 24.
- [23] 노동부 고시 제93-22, 정전기 재해예방을 위한 기술상의 지침, 1993. 6. 19.
- [24] IEC 600079-17, Inspection and maintenance of electrical installations in hazardous areas, 1996.
- [25] IEC 60079-3, Spark-test apparatus for intrinsically-safe circuit, 1990.
- [26] NFPA 77, Recommended practice on static electricity, 1993.
- [27] BS 6656, Guide to prevention of inadvertent ignition of flammable atmospheres by radio-frequency radiation, 1991.

전기기기의 본질안전화에 의한 방폭기술 개발

(안전분야 - 연구자료 연구원 2000 - 13 - 133)

발 행 일 : 1999. 12.

발 행 인 : 산업안전보건연구원 정 호 근

연구책임자 : 선임연구원 최 상 원

발 행 처 : 한국산업안전공단

산업안전보건연구원

안전공학연구실

주 소 : 인천광역시 부평구 구산동 34-4

전 화 : (032) 5100 - 838

F A X : (032) 5180 - 867

<비매품>