

최종보고서

MASTER

98-DD-GU-계획-190-11

천연가스 누설경보기 현장적용 및 상품화 연구

Field Tests and Commercialization of Natural
Gas Leak Detectors

1999. 9.

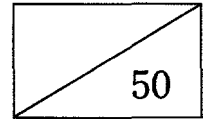
연구수행기관
한국가스공사 연구개발원 이용연구실
(주)동광기연



한국가스공사
연구개발원

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.



천연가스 누설경보기 현장적용 및 상품화 연구

Field Tests and Commercialization of Natural
Gas Leak Detectors

1999. 9.

연구수행기관
한국가스공사 연구개발원 이용연구실
(주)동광기연



한국가스공사
연구개발원

제 출 문

한국가스공사 연구개발원장 귀하

“천연가스 누설경보기 현장적용 및 상품화 연구”에 대한 최종연구보고서를 다음과 같이 제출합니다.

1999. 9

이용연구실	연구책임자	책임연구원	최 동 수
	연구 원	선임연구원	전 진 석
		연구 원	김 기 동
		연구 원	조 영 아
(주) 동광기연	연구책임자	책임연구원	차 성 익
	연구 원	책임연구원	백 기 인
		책임연구원	송 희 훈
		선임연구원	김 종 택
		선임연구원	최 정 수
		연구 원	주 상 현
		연구 원	이 봉 주
		연구 원	이 봉 주
		연구 원	이 상 용
		연구 원	조 해 희
위탁연구기관		전자부품종합기술연구소	
		수석연구원	김 철 수
		선임연구원	박 효 덕
		선임연구원	송 병 석

요약

1. 과 제 명 : 천연가스 누설경보기 현장적용 및 상품화 연구

2. 개발기간 : 1998. 2. ~ 1999. 10. (20개월)

3. 연구개발 목적 및 필요성

지구 환경문제등으로 세계적으로 천연가스 사용이 증대되고 있는 상황에, 최근의 OECD의 보고서에 의하면 앞으로의 시대는 천연가스와의 전기의 시대로 예측하고 있다. 이러한 천연가스 사용의 급증에 따라 안전한 가스사용에 대한 요구가 높아지고 있으며, 안전 및 기기 이상유무를 점검하는데 있어 가스누설경보기의 필요성이 증대되었다. 그리고 가스생산 및 공급설비에는 가스누설경보기 설치가 의무화 되어 왔으며, 일반 사용자에서도 가정용 안전장치등의 보급확산과 더불어 가스누설경보기 수요가 급증할 것이다. 그러한 경향에 따라 가스누설경보기를 포함하는 가스센서 시장 규모는 매년 10%의 성장을 지속하고 있으며, 현재 전 세계적으로 일본 회사 제품이 시장을 지배하고 있다. 우리나라에서도 생산기지와 공급관리소 등의 설비 및 배관에 설치되어 있는 경보기나 일반 가정용으로 판매되고 있는 제품의 대부분이 외국에서 완제품 또는 감지 소자나 경보회로등 핵심부품을 고가에 수입하여 조립/판매하고 있다. 이러한 현실에서 본 연구진은 1996년부터 2년 간 "천연가스 감지용 가스경보기 개발 및 상업화과제"로 가스경보기 국산화 연구를 수행하여 가정용 및 산업용 가스경보기 시제품과 후막형 반도체식 가스센서 소자를 산·학·연 공동으로 개발하였다.

본 연구는 선행 연구과제의 후속 성격으로 순수 국내에서 개발한 가스누설경보기를 공급관리소등의 현장에 적용하여 장기안정성 시험과 기

타 환경평가를 수행하는 것을 포함하고, 개발한 가정용 가스경보기의 성능을 향상시켜 시장에 제품을 출하하여 일반 사용자 및 산업현장에 적용하는데 그 목적이 있다.

4. 연구개발의 목표

가. 최종목표

- 후막형 반도체식 가스센서 소자 개선
- 국산화한 가스누설경보기의 환경시험과 장기안정성 시험 및 산업용 제품 형식승인 신청
- 센서 및 경보회로가 개선된 가정용 가스누설경보기의 제품출하
- 산업용 가스누설경보기의 제품생산 기반 구축

나. 연차별 연구목표

구 분	연구목표
1차년도 (1998-11개월)	○ 현장적용 시험용 가스모니터링 시스템 제작 ○ 현장 설치 및 주기적 데이터 수집 ○ 각종 field tests 및 문제점 보완 ○ 가정용(휴대용) 가스경보기 제품화 ○ 가스센서 소자의 안정성 점검
2차년도 (1999-9개월)	○ 문제점 보완 ○ 제품 외형 설계 제작 ○ 제품 양산체제 확립/ 기술이전 ○ 현장설치용 가스경보기 구조 최적화

다. 연구개발 내용

구 분	연구목표
1차년도 (1998.2.2 ~ 1998.12.31)	○ 관련 선진제품의 면밀한 분석을 통한 기술적 know-how 습득 및 특성조사 ○ 후막형 반도체식 가스센서 성능 개선 연구 - PTC히터 기관 제조공정에 따른 영향조사 - SnO₂의 제조조건에 따른 영향조사 - 가스센서 소자의 안정성 점검 ○ 현장 설치 및 주기적 데이터 수집 - 공급관리소(평촌, 목감, 반월)와 연구개발원에 경보기 설치운영(총 5대) - 월1회 운전데이터 수집과 분석 ○ 각종 field tests 및 문제점 보완 - 습도 및 장기안정성 시험 - 연결 케이블에 의한 영향조사 ○ 가정용(휴대용) 가스경보기 제품화 - 형식승인 신청 - 제품화를 위한 금형설계 및 제작 - 개발된 제품의 언론홍보(5개 신문) ○ 지적재산권 출원 - 실용신안 1건(98-20318)/ 의장등록 1건
2차년도 (1999.1.1 ~ 1999.10.1)	○ 지적재산권 획득 - 의장등록(등록번호 0244885호) ○ 가정용 가스누설경보기 - 형식승인 획득('99.2.3) - 제품양산 체계 확립 ○ 산업용 가스누설경보기 - 제품설계 개선 - 경보회로 최적화, 신뢰성 및 부가기능 보완 - 형식승인 신청('99.10.1)

2차년도 (1999.1.1 ~ 1999.10.1)	- 서울지사 중동 공급관리소 경보기 5대 설치를 위한 구매계약 ○ 방폭형 센서하우징의 최적구조 설계 및 제작 - 기능 및 용도에 따른 외형을 포함한 구조설계 ○ 현장설치용 가스경보기 구조 최적화작업 - 각종 사용환경하에서의 예상발생 문제점 도출
--------------------------------	--

5. 연구결과 및 활용에 대한 제안

가. 연구결과

구 분	연구수행 내용 및 결과
센서소자 개선	○ 가스센서 촉매 및 바인더등의 최적 재료 선정
	○ 가스센서 소자의 환경시험
	○ 후막형 반도체식 센서 특성분석
PTC히터 기판 개발	○ (Ba,Pb)TiO ₃ 기반의 PTC히터개발
	○ 각 조성별 최적 PTC히터 구성
현장적용 시험용 가스 경보기 제작	○ 3개 공급관리소를 포함한 5대에 설치, 운영
	○ 1회/달 주기로 운전자료 수집
	○ 각종 Field tests 및 문제점 보완
	○ 가스경보기 현장 운전자료 분석현장설치 및 주기적 데이터 수집

가정용 가스경보기의 제품화	☐ 제품화를 위한 금형설계 및 제작
	☐ 형식승인 획득
	☐ 경보기 제품 시장에 출시
	☐ 경제신문을 포함한 언론홍보
	☐ 제품 양산체계 확립
산업용 가스경보기 개발	☐ 산업용 가스경보기 최적화로 구성
	☐ 시판을 위한 형식승인 신청
	☐ 시제품 제작

나. 활용에 대한 제안

본 연구를 통해서 개발한 천연가스를 포함한 가연성 가스누설경보기는 도시가스 사업자, 일반 가스 소비자들 뿐만 아니라 가연성 가스가 사용되는 산업현장에서도 이용할 수 있다. 또한 이 제품 개발로 인해 연간 250억원대에 이르는 국내시장에서 고가의 외산 수입제품대신 사용되어 수입대체 효과가 크고, 선진제품과의 비교 데이터 확보로 수출에 필요한 경쟁력을 마련할 수 있다. 이를 위해 가스관련 각종 인증 및 규격취득을 통한 해외수출을 모색할 것이다.

그러나 저가이면서 고성능 제품 양산을 통해 국산 가스센서 적용분야를 확대해야 하며, 현장설치시 예상발생되는 문제 해결에 대한 신뢰성을 확보하는 것이 문제이다.

목 차

제 1 장 서론	1
1. 가스센서	3
2. 국내외 관련기술현황	7
3. 가스누설경보기 관련 법규내용	12
제 2 장 본론	16
제 1 절 관련선진제품의 구조 및 특성분석	16
1. 구조분석	16
2. 특성분석	25
제 2 절 PTC Heater의 제조	36
1. PTC heater의 조성설계	38
2. 실험방법	40
2.1 출발원료	40
2.2 시편제조	42
3. 시험결과	53
3.1 조성선정	53
3.2 Nb ₂ O ₅ 첨가량에 따른 효과	55
3.3 분위기 소결	59
3.4 소결시간 및 냉각속도에 따른 R-T curve	61
3.5 표면온도측정	64
제 3 절 후막형 소자의 각종 첨가물에 대한 연구 및 구조개선	65
1. 감지물질의 선정	65
2. 히터재료 및 구조개선	84
3. 감지막의 최적 인쇄조건확립 및 촉매의 첨가에 따른 특성분석	96
4. 후막형 가스센서 소자의 제조공정 개선	116

5. 가스센서 소자의 재현성시험	133
5.1 Au전극을 사용한 1차 시험	136
5.2 Au전극을 사용한 2차 시험	141
5.3 Pt전극을 사용한 재현성 시험	145
제 4 절 현장 설치용 경보기의 제작	148
1. Gas Monitoring System의 각 기능별 동작방법	150
2. Heater 구동부	159
3. Digital부	163
4. 환경시험 및 분석	170
4.1 가스공사 연구개발원	171
4.2 반월 정압소	172
4.3 목감 정압소	172
4.4 평촌 정압소	172
제 5 절 가정용 경보기의 시제품 제작	174
1. 전원부	176
2. 감지부	178
3. 경보부	180
제 6 절 산업용 경보기의 시제품 제작	187
1. 경보부 회로내역	192
1.1 CPU	192
1.2 전원부	193
1.3 I/O	194
1.4 경보 및 램프 출력부	195
2. 지시부 회로내역	196
2.1 CPU	196
2.2 전원부	197

2.3 I/O	198
2.4 표시및 출력부	199
2.5 센서구동부	201
제 3 장 결 론	207
참고문헌	210

부 록

1. Gas Monitoring System Data
2. Gas Monitoring System Program
3. 산업용 가스누설경보기 Program
4. 전자부품연구소 위탁보고서
5. 가정용 가스경보기 형식승인 사본
6. 언론홍보(신문기사 사본)
7. 국산 신기술(KT마크) 인정 신청서
8. 제2회 산업협력대상 신청서 및 협력사례기술서
9. 가스감응장치 설계도면

표 차례

표 1.1 가스센서 비교표	4
표 1.1 가스센서 비교표	5
표 1.2 각종 가스센서의 성능비교	6
표 1.3 경보기 종류에 따른 장·단점 비교	7
표 1.4 가스센서의 응용	8
표 1.5 국내 가스센서 제조업체	10
표 1.6 가스센서 주요업체별 센서 생산내용	11
표 1.7 가스의 종류별 경보농도 및 정밀도	12
표 1.8 냉매설비군에 대한 검지부 설치수량 특례	15
표 2.1 Thick Film Gas Sensor Analysis Data (A社, B社)	18
표 2.2 출발물질의 순도 및 제조회사	41
표 2.3 Doctor Blade로 제조된 PTC heater 공정도	45
표 2.4 냉각속도 변화에 따른 시편의 저항변화	46
표 2.5 1250℃에서의 유지시간 변화에 따른 시편의 저항변화	46
표 2.6 PTC 제조공정도 (Ingot법)	49
표 2.7 Air와 N ₂ 분위기 소결의 비저항비교	59
표 2.8 전압에 대한 소자 표면온도 측정	64
표 2.10 함침법을 이용한 모물질의 제조공정도	67
표 2.11 Powder별 Paste 조성 및 제조조건표	68
표 2.12 공침법과 함침법에 의해 제조된 시료의 물성분석	69
표 2.13 기존의 히터인쇄용 스크린을 사용한 히터의 인쇄조건	84
표 2.14 기존의 히터인쇄용 스크린으로 인쇄한	85
표 2.15 1차 제작한 히터인쇄용 스크린으로 인쇄한	92
표 2.16 히터인쇄용 스크린사양 및 인쇄조건 (1차, 2차)	93
표 2.17 감지막 인쇄용 스크린의 사양 (1차, 2차)	96
표 2.18 가스센서 전도도 강화용 물질첨가 시험결과	112
표 2.19 센서소자의 제조조건	117
표 2.20 함침법 분말의 분쇄방법에 따른 EDS 분석결과	128
표 2.21 센서 특성비교	131

표 2.22 센서소자의 제조조건	135
표 2.23 Au전극을 사용한 1차 특성시험 결과에 대한	138
표 2.24 센서의 재현성 시험 특성비교표	147
표 2.25 Calibration Data Table	168
표 2.26 Alarm Limit Data Table	169
표 2.27 Gas Monitoring System의 데이터 표시 예	170
표 2.28 가정용 가스경보기의 사양	174
표 2.29 산업용 가스경보기의 사양	187

그림 차례

그림 2.1 선진제품의 소자형태 (A社)	19
그림 2.2 선진제품의 소자형태 (B社)	20
그림 2.3 선진제품의 소자구조 (A社)	21
그림 2.4 선진제품의 소자구조 (B社)	22
그림 2.5 가스센서 소자의 표면미세구조 (A社)	23
그림 2.6 가스센서 소자의 표면미세구조 (B社)	24
그림 2.7 히터전력변화에 대한 센서의 메탄가스 감지특성변화	26
그림 2.8 메탄가스에 대한 감응특성	27
그림 2.9 메탄가스에 대한 농도별 저항변화	28
그림 2.10 메탄가스에 대한 농도별 전압변화(센서Reference전압:8V)	29
그림 2.11 히터전력변화에 대한 프로판가스의 감지특성	30
그림 2.12 프로판가스에 대한 농도별 가스감응특성	31
그림 2.13 프로판가스에 대한 농도별 저항변화	32
그림 2.14 프로판가스에 대한 농도별 전압변화	33
그림 2.15 히터전력변화에 대한 프로판가스 감응특성의 변화	34
그림 2.16 B社제품의 메탄가스와 프로판가스에 대한 감응특성	35
그림 2.17 전압-전류 특성	37
그림 2.18 원자 첨가량에 따른 Curie Point 변화	38
그림 2.19 Ferroelectric phase에 있어서 Curie point 변화	39
그림 2.20 Doctor blade 성형장치	42
그림 2.21 온도-저항 측정장치	43
그림 2.22 온도-저항 측정을 위한 초자	43
그림 2.23 냉각속도에 따른 미세구조	47
그림 2.24 출발원료의 XRD 패턴	51
그림 2.25 출발원료의 주사전자현미경 사진	52
그림 2.26 각 조성에 있어서의 상온비저항	53
그림 2.27 $(\text{Ba}_{0.5}\text{Pb}_{0.43}\text{Sr}_{0.07})\text{TiO}_3$ 의 Nb_2O_5 첨가량에 따른 미세구조 사진	56
그림 2.28 $(\text{Ba}_{0.25}\text{Pb}_{0.6}\text{Ca}_{0.05}\text{Sr}_{0.1})\text{TiO}_3$ 의 Nb_2O_5 첨가량에 따른 미세구조	

사진	57
그림 2.29 각 조성에 있어서 Nb ₂ O ₅ 첨가량에 따른 상온비저항	58
그림 2.30 (Ba _{0.4} Pb _{0.6})/TiO ₃ +0.2mol.%Nb ₂ O ₅ +2mol.%SiO ₂ +0.168mol% Al ₂ O ₃ 조성의 소결시간에 따른 R-T curve	62
그림 2.31 (Ba _{0.4} Pb _{0.6})/TiO ₃ +0.2mol.%Nb ₂ O ₅ +2mol.%SiO ₂ +0.168mol% Al ₂ O ₃ 조성의 냉각속도에 따른 R-T curve	63
그림 2.32 페이스트의 소성공정도	68
그림 2.33 원료분말별 XRD 분석결과 (공침법 1)	71
그림 2.34 원료분말별 XRD 분석결과 (공침법 2)	72
그림 2.35 원료분말별 XRD 분석결과 (Raremetallic)	73
그림 2.36 원료분말별 XRD 분석결과 (고순도화학)	74
그림 2.37 원료분말별 XRD 분석결과 (BDH)	75
그림 2.38 원료분말별 XRD 분석결과 (Nano Powder)	76
그림 2.39 공침법과 함침법에 의해 제조된 모물질 TEM 사진 (1)	77
그림 2.40 소결후의 표면미세구조 (공침법제조)	79
그림 2.41 소결후의 표면미세구조 (Raremetallic)	80
그림 2.42 소결후의 표면미세구조 (고순도화학)	81
그림 2.43 소결후의 표면미세구조 (BDH)	82
그림 2.44 소결후의 표면미세구조 (Nano Powder)	83
그림 2.45 Al ₂ O ₃ 패턴	86
그림 2.46 1차 제작한 히터인쇄용 스크린패턴	87
그림 2.47 1차 제작한 히터인쇄용 스크린 패턴	88
그림 2.48 1차 제작한 히터인쇄용 스크린 패턴	89
그림 2.49 1차 제작한 히터전극 인쇄용 스크린 패턴	90
그림 2.50 1차 제작한 히터전극 인쇄용 스크린 패턴	91
그림 2.51 2차 제작한 히터 인쇄용 스크린 패턴	94
그림 2.52 2차 제작한 히터 인쇄용 스크린 패턴	95
그림 2.53 1차 제작한 감지막 인쇄용 스크린 패턴	97
그림 2.54 1차 제작한 감지막 인쇄용 스크린 패턴	98
그림 2.55 2차 제작한 감지막 인쇄용 스크린 패턴	99
그림 2.56 2차 제작한 감지막 인쇄용 스크린패턴	100
그림 2.57 2차 제작한 감지막의 전극인쇄용 스크린패턴(Parallel)	101

그림 2.58 제작한 감지막의 전극인쇄용 스크린 패턴(Parallel)	102
그림 2.59 2차 제작한 감지막의 전극인쇄용 스크린 패턴(IDT)	103
그림 2.60 2차 제작한 감지막의 전극인쇄용 스크린 패턴(IDT)	104
그림 2.61 히터온도와 첨가물 함유량에 대한 소자의 감응특성	105
그림 2.62 히터의 소비전력변화에 대한 히터온도	106
그림 2.63 전극변화에 대한 가스감응특성 (히터온도 : 420℃)	107
그림 2.64 소결온도 변화에 따른 가스감응특성	108
그림 2.65 강화제(MA-ST)의 첨가량변화에 따른 가스감응특성	110
그림 2.66 MA-ST 10wt% 첨가소자의 소결온도별 가스감응특성	111
그림 2.67 Sb_2O_3 의 첨가량변화에 따른 저항의 변화	113
그림 2.68 Sb_2O_3 의 첨가량변화에 따른 가스감응특성의 변화	114
그림 2.69 전극의 형태에 따른 가스감응특성의 변화	115
그림 2.70 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	118
그림 2.71 800℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	118
그림 2.72 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	120
그림 2.73 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	120
그림 2.74 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	122
그림 2.75 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	123
그림 2.76 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	124
그림 2.77 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	125
그림 2.78 공침법으로 제조한 센서(A)의 메탄가스에 대한 감응특성 ..	126
그림 2.79 공침법으로 제조한 센서(B)의 메탄가스에 대한 감응특성 ...	126
그림 2.80 공침법으로 제조한 센서(C)의 메탄가스에 대한 감응특성 ...	128
그림 2.81 합침법 분말의 분쇄방법에 따른 SEM사진	130
그림 2.82 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서(A)의 메탄가스에 대 한 감응특성	136
그림 2.83 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서(B)의 메탄가스에 대 한 감응특성	137
그림 2.84 감지막의 미세구조	139
그림 2.85 EDS 분석	140
그림 2.86 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성	141

그림 2.87 Au전극을 사용해 750℃에서 소결한 센서의메탄가스에 대한 감응특성	142
그림 2.88 감지막의 미세구조 (Au 전극사용)	143
그림 2.89 EDS 분석 (Au 전극사용)	144
그림 2.90 Pt전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서의	145
그림 2.91 Pt전극과 Au전극을 사용해 제조한 센서의	146
그림 2.92 현장 설치용 Gas Monitoring System	148
그림 2.93 Panel 조작 계통도	149
그림 2.96 가스경보기 인터페이스	164
그림 2.97 센서 신호처리 회로도	165
그림 2.98 가스모니터링 시스템 데이터 드리프트	166
그림 2.99 전체회로도	167
그림 2.100 가정용 가스경보기의 외장사진	174
그림 2.101 가스누설경보기의 계통도	175
그림 2.102 전원부 회로도	177
그림 2.103 감지부의 회로도	179
그림 2.104 경보부의 회로도	181
그림 2.105 가스누설경보기 전체회로도	182
그림 2.106 가스누설경보기 외함	183
그림 2.107 가스누설경보기 외함 내부도(상)	184
그림 2.108 가스누설 경보기 외함 내부도(하)	185
그림 2.109 가정용 가스누설경보기 catalog	186
그림 2.110 산업용 가스경보기의 세부 외장사진	188
그림 2.112 산업용 가스경보기 탐지부	191
그림 2.113 전원부 회로도	193
그림 2.115 I/O 회로도	194
그림 2.116 output 회로도	195
그림 2.117 CPU 회로도	196
그림 2.118 전원부 회로도	197
그림 2.119 I/O 회로도	199
그림 2.120 Output 회로도	200
그림 2.121 센서구동부 회로도	201

그림 2.123 산업용 가스경보기 지시부, 경보부 설계 도면	202
그림 2.122 응답 회목시간 그래프	202
그림 2.124 산업용 가스경보기 밴드	204
그림 2.125 산업용 가스경보기 지시부 뒤 판넬	205
그림 2.126 산업용 가스경보기 탐지부 필터	206

제 1 장 서 론

국가 중요 에너지원의 하나인 천연가스는 1980년대 초반에 가스산업의 확대와 더불어 80년대 중반부터 본격적으로 도입되었다. 국민들의 고급 에너지와 청정연료에 대한 욕구등으로 천연가스를 포함하는 가스의 수요가 급증하는 추세이다. 특히 천연가스는 이산화탄소 배출에서 타 에너지원에 비해 최대 40%까지 적어 지구환경면에서 가장 영향이 적은 에너지로서¹⁾ 21세기에 더욱 각광받는 에너지원이 되고 있다.

그런데 이렇게 편리하고, 깨끗한 에너지인 천연가스도 사용자의 부주의나 기기잘못등의 원인으로 인해 폭발사고등의 안전사고의 가능성이 항상 상존한다. 특히 가스사고는 폭발에 따른 여파가 커서 일반인들이 충격과 그 후유증이 커서, 미리 예방하는 것이 최선의 대책이다. 그러므로 가스안전 기기에 대한 가스회사의 투자와 산업계, 일반 가정에서의 개발요구가 점차적으로 증가하여 왔다. 이에 따라 우리 공사도 아현사고 이후에 안전관리에 많은 예산과 인력을 배정하여 각 생산기지를 포함한 가스설비안전 증대에 온 힘을 다하고 있다.

가스안전 설비 중에서 특히 중요한 설비로는 가스누설경보기(GSD; gas sensing detector)로 배관, 가스메타등의 설비에서의 누출을 경보하는 것으로 가스를 취급하는 어떠한 곳에서도 필요한 장비이다. 그러나 현재 우리공사의 생산기지나 공급관리소의 설비 및 배관에 설치되어 있는 방폭형 가스누설경보기와 일반 가정용으로 판매되고 있는 제품의 대부분이 외국에서 완제품 또는 감지소자나 경보회로등 핵심부품을 고가에 수입하여 조립/판매하고 있는 실정이다.

가스경보기에 대한 국산화의 시도는 조립기술에 기반하여 여러 기관과 가스경보기 제조업체에서 시도되었으나 센서소자의 신뢰성 문제, 일본등의 외국 센서 소자 업체의 외압, 그리고 국내의 열악한 개발환경등으로 완전 국산화한 가스경보기 개발을 달성하지는 못하였다. 특히 산업용 가

스경보기는 가스누설을 오동작 없이 원격 모니터링하면서 실무자의 신뢰를 받아야 하기 때문에 국내 사용자들은 신뢰도를 가지고 있는 외국 제품을 사용하려고 하였다. 이러한 이유는 국내 센서 소자에 대한 신뢰성 시험 기간이 짧고 오랜 기간 적용한 사례가 적으며, 실제 산업현장에 적용한 제품이 없다는 때문이다.

그런 환경 속에서 우리공사에서는 가스안전투자 증대와 국내 산업 증진을 목적으로 가스누설경보기 국산화 과제를 1996년부터 2년 간 (주)동광기연, 경북대, 한국과학기술연구원(KIST)와 공동으로 수행하여 가정용/산업용 가스경보기 시제품과 후막형 반도체식 가스센서 기술을 확보하였다. 선행연구에서는 경북대에서 후막형 센서소자를, 한국과학기술연구원에서는 박막형 소자, 당사와 (주)동광기연에서는 가스경보기 회로설계와 과제 진행을 이끌었다.

본 연구과제는 선행과제의 연구결과를 이용하여 후속으로 후막형 반도체 가스센서를 사용한 가정용/산업용 가스경보기의 장기 안정성 시험과 실제 공사내 현장에 적용하여 가스센서 장기 신뢰성을 구축하고, 또한 이 자료를 반영하여 가스누설경보기를 개선시키는 것이 커다란 목표이다. 특히 가정용 가스경보기부분은 완전 제품화시켜 시장에 출하하여 일반 소비자들이 안심하고 천연가스(도시가스)를 사용하는데 있다.

1. 가스센서

가스센서는 가스누설경보기의 성능을 좌우하는 핵심부품으로서 검지대상가스에 따라 반도체식, 접촉연소식, 전기화학식, 적외선식(IR방식)등이 있고 현재 일반가정용이나 산업용으로서 폭넓게 쓰이고 있는 LNG, LPG 등 가연성 가스경보기의 경우에는 반도체식과 접촉연소식 가스센서가 주류를 이루고 있다. 반도체식과 접촉연소식 가스센서는 다시 형태별로 벌크형과 후막형 및 박막형 등으로 나눌 수 있으며 현재 일반적으로 사용되고 있는 형태는 주로 벌크형이다. 이 중 접촉연소식은 가연성 가스에 대한 선택성, 직선적인 출력 특성 그리고 재현성이 우수하여 LNG, LPG 및 도시가스등 가연성 가스 감지용으로 폭넓게 사용되고 있다. 그러나 사업분야의 다양화에 따른 각종 부품의 소형화, 底 에너지화 추세에 따라 기존의 벌크형 가스센서로는 장기적인 안정성과 저 전력화면에서 곤란한 문제들이 발생함에 따라 이미 선진국에서는 후막형 반도체식 가스센서의 개발에 전력을 기울여서 일부 선진업체에서는 소형화되고 저렴한 가격의 제품이 상품화되어 출시되고 있다. 각 가스센서 형태별 특징에 대한 것을 표 1.1과 표 1.2에 나타내었다.

가스센서를 포함한 가스누설경보기는 그 형태와 운영방법에 따라 구분되는데, 먼저 외관에 따른 분류는 다음과 같다.

가스 센서 탐지부(element)와 경보와 신호를 발생시키는 경보부가 하나의 케이스(시스템)안에 들어 있는 단독형 경보기와 센서 탐지부가 경보부와 분리되어 있는 분리형 경보기로 분류된다.

표 1.1 가스센서 비교표2)

형 식	접촉연소식	반도체식	열선형 반도체식
탐지원리	-산화 촉매 표면에서 가연성 가스가 접촉연소할 때, 발생하는 연소열을 백금선 코일의 온도, 저항치 변화값으로 농도측정 -탐지원리상 산소가 필요함	-금속산화물 반도체 표면에서 가연성가스의 흡착에 의한 전기전도도 변화를 측정함으로써 농도측정. (가스가 반도체 표면의 산소와 반응하여 전자의 흐름을 변화시킴) 탐지원리상 산소가 필요함	-금속산화물 반도체 표면에서 가연성 가스의 흡착에 의해서 생기는 백금선 코일의 저항치 변화값을 휘스톤브릿지 편차전압을 측정함으로써 농도측정
온도,습도	온도, 습도의 변화를 적게 받음	온도변화에 영향을 받음	원리상 온도강화(-30℃이하)에 따른 습도 변화에 민감
선택성	열선형에 비해 비 선택적임	비 선택적임(모든 가연성 가스에 민감)	탐지대상 가스에 따라 선택적으로 사용가능
정밀도 재현성	우수	우수	우수
민감도	출력값이 가스농도에 비례하여 거의 직선임	저농도에서의 민감도 특히 좋음	저농도에서의 민감도 특히 좋음
수명 및 점검	약3~5년, 년2회 점검	약3~5년, 년2회 점검	약3~5년, 년2회 점검
감지범위	0~100% LEL 최소감지범위:10% LEL	0~100% LEL 최소감지농도 : 1000ppm	0~100% LEL 최소감지범위 : 500ppm
사용환경	온도 : -10~40℃ 습도 : RH 95%이하	온도 : -10~40℃ 습도 : RH 95%이하	온도 : -10~40℃ 습도 : RH 95%이하
재현성	우수	우수	우수
특 징	-폭발하한계까지 출력이 가스농도에 비례하여 거의 직선 -사용환경에 영향을 받지 않음 -정밀도, 재현성이 우수	-저농도에서의 출력이 커 고감도 -제품의 소형, 소전력화가 용이 -내 피독성과 장기 안정성이 뛰어남	-저농도에서의 출력이 커 고감도 -난기시간이 단축되어 휴대용 가스검지기에 적당 -제품의 소형, 소전력화가 용이 -내 피독성과 장기 안정성이 뛰어남

표 1.1 가스센서 비교표

형식	적외선식	신세라믹스
탐지원리	-분자의 구조에 따라 흡수하는 적외선 영역의 파장이 다른 것을 이용하여 측정 cell에 들어가는 특유의 파장을 흡수하여 가스의 종류를 구별하고 검지기에 들어가는 흡수량에 따라 농도측정 탐지원리상 산소가 필요함	-산화 촉매 표면에서 가연성 가스가 점촉 연소할 때 발생 하는 연소열로 변화되는 백금 선코일의 저항값을 전기적으로 검출 탐지원리상 산소가 필요함
온도, 습도	온도, 습도의 변화를 적게 받음	온도, 습도의 변화를 적게 받음
선택성	선택성이 우수함	가연성가스에 민감
정밀도, 재현성	우수	우수
민감도	출력값이 가스농도에 비례하여 거의 직선임	출력값이 가스농도에 비례하여 거의 직선임
수명 및 점검	약3~5년, 년2회 점검	약3~5년, 년2회 점검
감지범위	0~100% LEL 최소감지농도: 20% LEL	0~100% LEL 최소감지농도: 500 ppm
사용환경	온도 : -10~40℃ 습도 : RH 95%이하	온도 : -10~40℃ 습도 : RH 95%이하
재현성	우수	우수
특징	-출력이 가스농도에 비례하여 거의 직선 -산소가 없는 불활성 대기중에서도 작동 가능함 -장기안정성이 뛰어남	-폭발하한계까지 출력이 가스농도에 비례하여 거의 직선 -사용환경에 영향을 적게 받음 -정밀도, 재현성이 우수

표 1.2 각종 가스센서의 성능비교

	접촉연소식 가스센서	반도체 가스센서	고체전해질 가스센서	전기화학식 가스센서
감도	○	◎	◎	◎
정밀도	◎	○	○	○
선택성	△	△	보조물질에 의존함	○
응답속도	○	◎	◎	△
장기안정성	○	○	○	-
운용	○	◎	◎	-
경제성	◎	◎	○	○
측정범위	10ppm~3LEL	수ppm~LEL	1ppm~100%	1~1000ppm

다른 분류방식으로는 천연가스를 포함한 가연성가스를 감지하는 방법 즉 강제적인가 혹은 자연 확산식인가에 따라 흡입식과 확산식으로 구분되어진다. 흡입식 가스경보기는 가연성가스가 누설되었을 때 포집기를 통해 강제적으로 센서 탐지부쪽으로 흡입하여 가스 농도를 감지하는 방식으로, 협소하고 고공의 장소나 회전체, 자켓내부등의 확인이 어려운 장소에 많이 설치한다. 확산식 경보기는 천연가스가 농도와 비중차에 의한 확산에 센서 탐지부까지 확산되어 감지되는 것으로 가격이 저렴하고 유지보수가 편리하여 사용범위가 확대되고 있다.

확산식과 흡입식 경보기의 특징과 장·단점비교는 당사 안전방제연구실에서 수행한 과제 완료보고서³⁾에 잘 나타나 있다. 본 보고서에서는 비교자료를 쉽게 찾아보기 위해 그 자료를 인용하였다.

표 1.3 경보기 종류에 따른 장·단점 비교

	확산식	흡입식
가 격	싸다	비싸다 (sampling box는 더욱 고가)
형태, 크기	작고, 단순(anti-rain cover anti-dust filter 등 필요)	크고, 복잡(anti-rain cover, sampling box, auto-drain filter, flow meter, pump등)
가스검지부 설치장소	통상 환경조건이 장소	○ 고온, 고습도의 장소 ○ 물이 침투할 가능성이 있는 장소 ○ 점검과 보수가 곤란한 장소 (높은 곳, 협소한 곳)
보 수	보수항목이 간단하고 단순함(gas sensor의 보수점검으로 보는 것 이 가능)	보수, 점검 항목이 복잡하고 많음(유량의 확인, filter의 유지교환, sampling부품, pump, gas sensor의 보수, 점검)
보수주기	3~12개월에 1회	○ 유량확인 및 filter교환: 1~3개월 에 1회 ○ gas검지소자의 보수, 점검: 3~12 개월에 1회

2. 국내의 관련기술현황

가스센서중에서 현재 시장규모가 가장 큰 것은 가정용 및 산업용 경보기 정도로 알려져 있으며, 우리나라의 시장 규모는 일본의 약 1/3에 해당하여 다가오는 2000년에는 년 100만개를 넘어설 것으로 추정되고 있으며, 그 응용범위도 넓어지고 있다[표1.4].

가스센서 개발에 대한 국내의 연구는 1970년대 말부터 부탄, 메탄 및 프로판 등과 같은 가연성 가스에 대해 각 연구소 및 기관에서 주로 벌크형 가스센서에 대해서 연구를 진행해 왔으나 아직까지 후막기술과 HIC

기술을 이용한 후막형 센서에 대한 상품화 기술 개발은 매우 미약한 실정이다.

표 1.4 가스센서의 응용

구 분	항 목	용 도
가정용 (민생용)	가스경보기 에어콘, 공기청정기 전자레인지 가스, 석유기기 주차장	LPG, 도시가스, CO검지 실내공기 조절 식품에서 나오는 가스(수증기) 검출로 자동요리 불완전연소 검출 배기가스 검출(CO, NO _x , SO ₂)
산업용	보일러, 연소기 화학공장, 반도체 가스시설물 공정제어 선박, 탄광	불완전연소 검출 가연성, 독성가스 검출 LPG, 메탄가스 누출검출 알콜발효, CO ₂ , 농도제어 가솔린, LPG, 메탄

또한 기존의 생산업체등에서도 일본, 영국 등의 벌크형 기술을 그대로 답습하는 수준으로 주로 bead형 센서개발에 치중되어 생산되어왔다. 현재 한국소방검정공사에서 검정되는 가스경보기는 연간 약 45만대이다. 그것들중 77%는 화재경보기와 같은 세트에 들어있는 것이고, 23% 제품이 실제 가스관련 시설물이나 가정에 설치되어 운영되어지고 있다. 가스경보기 보급률은 가스보급률(98.3%)에 비해 상당히 낮아 약 15%정도로 보고 있다.

이러한 국내상황에 비해서 선진국의 가스센서 생산업체들은 지속적인 기술개발과 생산성 향상을 통하여 국내에서는 아직 답보 상태에 있는 후막형 가스센서 기술을 확립시킨 상태이며 용도에 따른 여러 가지 형태의

제품이 출시되어 산업현장에서 사용되고 있다.

일본의 가정용 가스경보기 경우 '94년 9월에 가스경보기 공업회에서 출간한 자료에 의하면 보일러가 LPG용이 98.3%로 LPG용이 373만대, LNG용이 174만대 총547만대로 보급되어 있다. 그러나 미국의 경우에는 가스경보기는 거의 대부분이 산업용 제품이고, 가정용으로는 CO경보기가 보급되고 있다. CO경보기는 미국의 indoor air quality의 욕구에 대한 증가로 급격하게 증가하여 1997년도에는 800만대 정도가 보급되었다. 유럽에서는 1980년부터 제품을 설치하기 시작하여 현재에는 가연성가스를 비롯하여 일산화탄소, CO경보기등의 보급이 증가하고 있다.

국내에서 가스센서를 포함하는 가스경보기 생산업체를 아래의 표 1.5에 정리해 두었으며, 외국의 업체에서 생산하는 가스경보기 센서 element별 자료를 표 1.6에 정리해 두었다.

표 1.5 국내 가스센서 제조업체

	가스센서(제조종류)	국내 가스센서 생산업체
1	가스센서	화인산업 [수입]
2	가스센서	홍진 [생산]
3	유량센서 밀도센서 두께센서 가스센서	한국파나메트릭스 [수입]
4	가스센서	케이앤씨 [생산]
5	광센서 초음파센서 가스센서	코맨테크닉스상사 [수입]
6	하중센서 스트레인게이지 압력센서 가속도센서 변위	주원산업 [수입]
7	유량센서 가스센서 이온센서 분진센서 매연센서 레	정엔지니어링 [생산]
8	유량센서 가스센서	자인테크놀로지 [수입]
9	이온센서 가스센서 탁도센서	우진콘트롤시스템 [수입]
10	가스센서	우영 [생산]
11	가스센서 압력센서	씨멘스 [수입]
12	가스센서	신우전자 [생산]
13	압력센서 가스센서	신기시스템 [수입]
14	가스센서 알콜센서	센텍코리아 [생산]
15	센서명 가스센서	업체명 샘플정보시스템
16	가스센서	서원정공 [수입]
17	광센서 온도센서 위치센서 가스센서	비엔비상사 [수입]
18	온도센서 습도센서 초음파센서 진동센서 가스센서	동양계기교역 [수입]
19	가스센서	동광기연 [생산]
20	압력센서 온도센서 습도센서 가스센서 하중센서(로	대하교역상사 [수입]
21	가스센서 습도센서	경운무역 [수입]
22	가스센서 유량센서 온도센서 근접센서 홀센서 압력	하니웰코리아 [생산]
23	압력센서 유량센서 가스센서 근접센서	삼덕기술 [수입]
24	가스센서	엘지정밀 [생산]
25	가스센서 유량센서 온도센서 근접센서 홀센서 압력	한국하니웰 [생산]
26	가스센서 유량센서 압력센서 위치센서	케피코 [생산]
27	가스센서	마포산업전자 [생산/수입]
28	광센서 가스센서	구용물산 [수입]
29	온도센서 습도센서 진동센서 광센서 충격센서 근접	한과연 한일전자 [수입]
30	온도센서 가스센서	삼정산업 [생산]
31	초음파센서 가스센서 압력센서 광센서	창성엔지니어링 [수입]
32	가스센서 이온센서	삼창기술 [수입]

표 1.6 가스센서 주요업체별 센서 생산내용

주요업체	반도체	지르코니아	접촉식	전기화학식	적외선	자기식	열전식	합다
ABB Kent-Taylor (네덜란드)		★				★	★	
AC Rochester								★
Ametek		★						
Bacharach			★	★				
California Analytical	★							
City Tech			★	★				
Cosmos (일본)								
Detection Inst	★							
Draegerwerk			★	★				
EEV			★					
Figaro Eng. (일본)	★	★					★	
FIS (일본)								
Gas Tech (미국)			★				★	
General Monitors (미국)	★		★					★
Hartmann & Braun					★	★	★	
International Sensor	★							

- ① 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ② 주위환경에 원시적으로 누출되는 가스(생산기지의 vent가스, 산소, 산화방지제)를 경보할 필요가 없다.
- ③ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ④ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ⑤ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ⑥ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ⑦ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ⑧ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ⑨ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.
- ⑩ 가연성가스등은 담배연기등에 독성가스는 담배연기, 기계세척유, 등유, 증류유, 배기가스 및 탄화수소를 첨가스에 경보할 필요가 없다.

가스의 종류	경보농도	정밀도	지시계의 눈금
가연성 가스	폭발한계의 1/4이하	±25%이하	0~폭발한계
독성가스	허용농도이하 (실내에서 사용 하는 압모니아 는 50ppm)	±30%이하	0~허용농도×3 (실내에서 사용 하는 압모니아는 150ppm)
산소	(결핍예방)	18%	
산소	(폭발방지)	25%	

표 1.7 가스의 종류별 경보농도 및 정밀도(4)

가. 경보농도

가연성가스가 누출되어 가스센서 탐지부에서 감지하였을 때, 가스 폭발 위험이 있는 농도에 도달하기 전에 경보기에서 경보를 알려주어야 한다. 이렇게 경보가 발생하면 가스의 농도를 경보농도라 하며, 경보농도는 사용하는 가스의 농도에 따라 다르다. 표 1.7에는 가연성가스 및 독성가스의 경보농도에 대해 표시하였다.

3. 가스누설경보기 관련 법규내용

수소가스에 이상경보를 발하지 않을 것

③ 온도, 습도등의 영향을 적을 것

나. 경보발신시간 및 경보유지기능

가스경보기가 가스가 누출된 것을 감지한 후 경보를 발신하는 시간은 경보농도의 1.6배에서 30초 이내로 규정되어 있다. 암모니아, 일산화탄소 용 검지정보장치 등 구조적으로 발신시간이 지연되는 것은 1분 이내로 규정하고 있다.

가스의 농도는 항상 변화하기 때문에 한 번 경보가 울린 후에도 가스 농도가 경보농도 이하로 떨어질 경우에도 계속해서 경보를 유지해야 설비의 관리자가 확인하여 조치를 취할 수 있어야 한다. 이를 “경보유지기능”이라 하는데 법규고시에서는 확인 및 대책 강구등을 하고 조치가 끝난 후에 경보가 정지되도록 규정되었다.

다. 가스경보기의 설치위치

가스의 누출을 알기 위해서는 여러개의 경보기를 설치하여야 한다. 규정에 따르면 누출위험을 고려하여 장치·설비의 주위에 따라 그 위험성을 구분하여 검출부를 10m 또는 20m마다 1개씩 설치하도록 규정하고 있다.

① 제조시설(냉동제조설비 및 배관 제외)

- ▷ 압축기, 밸브, 반응설비, 저장탱크(방류독내에 설치된 것을 제외)등 가스가 누출될 우려가 있는 고압가스설비가 건축물내에 설치된 경우에는 이 등 설비군의 바닥면 둘레 10m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수량을 설치
- ▷ 특수반응설비로서 그 주위에 누출된 가스가 체류할 우려가 있는 장소에는 그 바닥면 둘레 10m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수량을 설치

- ▷ 건축물 밖에 설치된 전술한 고압가스설비가 다른 고압가스설비, 벽이나 다른 구조물에 인접하거나 피트 등의 내부에 설치되어 있는 경우 누출한 가스가 채류할 우려가 있는 곳에 그 설비군의 바닥면 둘레 20m마다 1개 이상의 비율로 계산할 수량을 설치
- ▷ 가열로 등 발화원이 있는 제조설비의 주위에 가스가 채류하기 쉬운 장소에는 그 바닥면 둘레 20m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수량을 설치
- ▷ 계기실 내부에는 1개 이상 설치
- ▷ 독성가스충전용 접속구군 주위에 1개 이상 설치
- ▷ 방류독내에 설치한 저장탱크의 경우에는 저장탱크마다 1개 설치

설비군의 바닥면 둘레: 여러개의 설비들의 설치된 경우 그 외접선을 연결한 도형의 둘레를 의미하며 좁은 장소에 설치대상 고압가스설비와 기타 설비가 혼재되어 있는 경우에는 고압가스설비의 외접선내에 기타 설비가 포함되더라도 그 연결한 도형의 둘레를 설비군의 바닥면 둘레로 하여 수량을 산정할 수 있다.

② 저장시설·판매시설·사용시설

- ▷ 건축물안에 설치된 감압시설, 저장설비, 판매설비 및 특정고압가스사용설비(파일럿버너 방식의 인터록 기구를 설치한 버너부를 제외한다.)등 가스누출의 우려가 있는 설비를 설치한 곳은 이들 설비군의 바닥면 둘레 10m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수량을 설치
- ▷ 건축물 밖에 설치된 전술한 설비가 다른 설비, 벽이나 다른 구조물에 인접하거나 피트 등의 내부에 설치되어 있는 경우 누출한 가스가 채류할 우려가 있는 곳에 그 설비군의 바닥면

둘레 20m마다 1개 이상의 비율로 계산한 수량을 설치

③ 냉동제조시설

- ▷ 건축물안에 냉매설비가 설치된 경우에는 설치된 그 냉매설비군의 면적에 따라 다음 표 1.8에서 정한 수량으로 할 수 있다.

표 1.8 냉매설비군에 대한 검지부 설치수량 특례

설비군면적 S(m ²)	0<S≤30	30≤S≤70	70≤S≤130	130≤S≤200	200≤S≤290
설치개수	2	3	4	5	6

- ▷ 증발기를 설치한 냉동창고내에 전기설비가 점화원이 되지 않도록 조치를 취한 경우(당해 냉매가스에 적합한 등급 및 구조의 방폭전기기기를 설치한 경우)에는 그 냉동창고내에 검지경보장치 검출부 설치를 생략할 수 있다.

④ 배관

- ▷ 긴급차단장치부분(밸브피트를 설치한 곳은 당해 밸브피트내)
- ▷ 슬라이브관, 2중관 또는 방호구조물 등에 의하여 밀폐되어 설치(매설부를 포함)되어 있는 배관의 부분
- ▷ 누출된 가스가 채류하기 쉬운 구조인 배관의 부분

제 2 장 본 론

제 1 절 관련선진제품의 구조 및 특성분석

현재 국내에서는 아직 상품화되어있지 못한 후막형 반도체식 가스센서의 선진제품의 특성을 조사하기 위해 우수한 가스감응특성과 내습성, 응답성을 가진 것으로 판단되는 일본 A社와 B社の 후막형 가스센서 제품을 선정하여 소자의 구조 및 구성성분, 표면의 미세구조를 분석한 후 메탄가스와 프로판가스에 대한 감응도를 시험하였다.

1. 구조분석

표 2.1은 EDS, SEM분석을 통한 A社와 B社 제품의 구조분석결과를 요약한 것이다.

A社 제품의 경우 SnO_2 를 주요 감지물질로 사용하였고, 촉매로 사용한 Pd외에, V, Cr등의 성분을 첨가하였는데 이것은 감지물의 초기저항을 낮추기 위했던 것으로 분석되어지며, 감지물의 전극으로는 Au를 사용한 것으로 나타났다.

B社 제품의 경우 감지막의 재료로 SnO_2 대신에 Fe_2O_3 를 주물질로 사용하였으며, 감지물의 초기저항을 낮추기 위해 전극으로 사용된 Au/Pd를 감지물의 상하에 인쇄한 후 보호막을 그위에 형성한 구조를 사용한 것으로 분석되어진다.

기판의 재료로는 두제품 모두 현재 대부분의 센서에서 사용되고 있는 고순도의 Al대신 Al에 Mg를 비롯한 몇 종류의 성분을 첨가시킨 상대적으로 낮은 순도의 Al기판을 사용한 것으로 나타났다. A社 제품의 경우 Mg외에 부착력 및 강도개선을 위해 SiO_2 성분을 첨가시킨 것으로 나타났으며 B社 제품은 Mg, Fe, Pt, O등을 함께 첨가한 $(\text{Al}, \text{Mg}_2)\text{O}_3$ 를 사용한 것으로 나타났는데 이것은 A社와 B社の 기술적 Know How를 통해

세라믹기판을 자사에서 직접 생산한 것으로 분석되어지며, Al기판자체의 순도가 센서의 전체적인 가스감지특성에 큰 영향을 미치지 않는 점을 고려해 순수 Al기판의 대체를 통한 비용절감 및 용이한 제작을 위했던 것으로 생각된다.

또한, A社 제품의 경우 heater위에 glass ceramic 절연막을 입힌 후 기판에 through-hole 처리를 해 wiring을 한면에 처리한 것으로 나타났는데 이것은 센서의 wiring 및 packaging 공정의 편의를 위한 것으로 분석된다.

센서의 heater물질과 소자의 wire로는 두제품 모두 Pt를 사용하였다.

그림 2.1과 그림 2.2는 두 제품의 소자형태의 표면사진을 나타낸 것이며, 소자구조의 표면사진은 그림 2.3과 그림 2.4에 나타내었다.

그림 2.5와 그림 2.6은 감지물의 표면사진($\times 1000$, $\times 7000$)을 나타낸 것이며 A社 제품에 비하여 B社 제품의 표면상태가 비교적 고른 것으로 나타났다.

표 2.1 Thick Film Gas Sensor Analysis Data (A社, B社)

구 분	A社		B社	
	Element	Material	Element	Material
Sensing Film	Sn, Si, Pd, V, Cr, O	(Sn, V, Cr)O ₂ , Pd, SiO ₂	Fe, O	Fe ₂ O ₃
Heater	Pt, Si, Au	Pt	Pt, Fe	Pt
Electrode	Au, Al, Si	Au	Au, Pd	Au : 62, Pd : 38
Sensing Electrode	Au	Au		
Substrate	Al, Si, Mg, O	(Al,Mg) ₂ O ₃ , SiO ₂	Al, Mg, Fe, Pt, O	(Al,Mg) ₂ O ₃
Wire	Pt	Pt		
Heater 절연막	Al, Zn, Si, Zr, Mg, Ca, Pb, Bi, Cd, O	Glass Material		

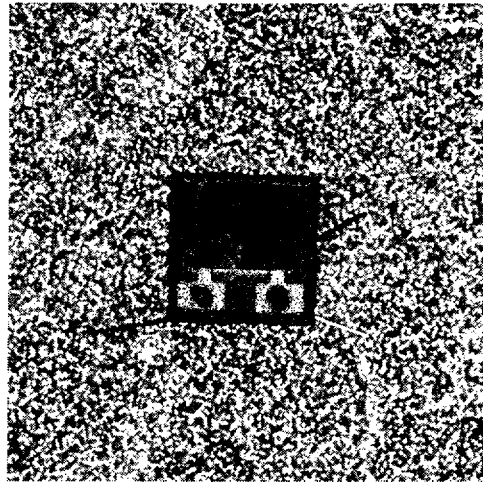
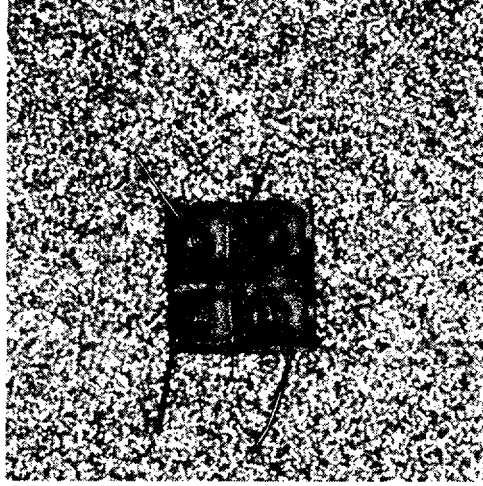


그림 2.1 선진제품의 소자형태 (A社)

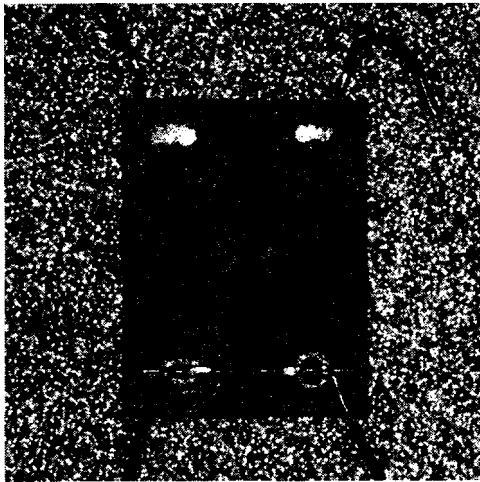
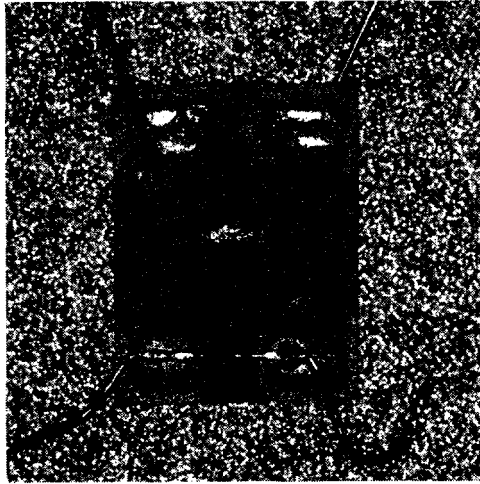


그림 2.2 선진제품의 소자형태 (B社)

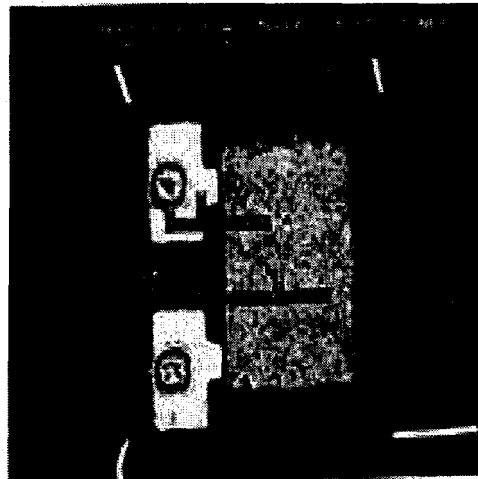
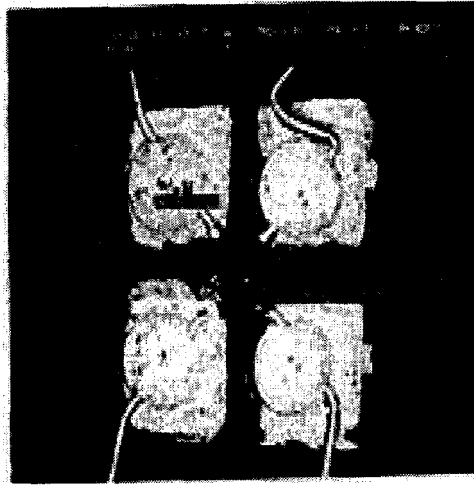


그림 2.3 선진제품의 소자구조 (A社)

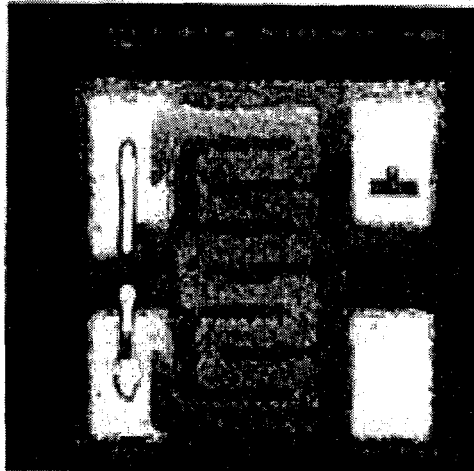
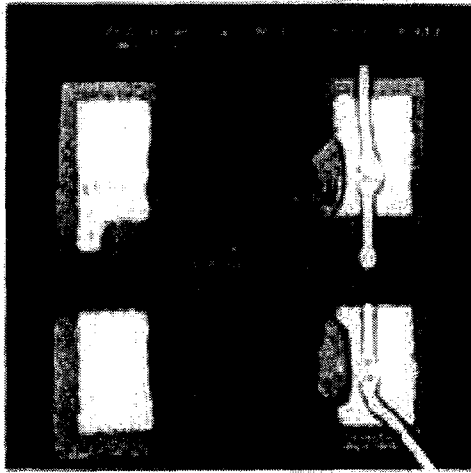
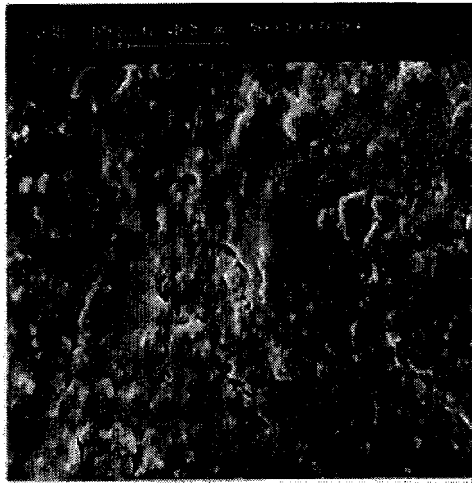


그림 2.4 선진제품의 소자구조 (B社)

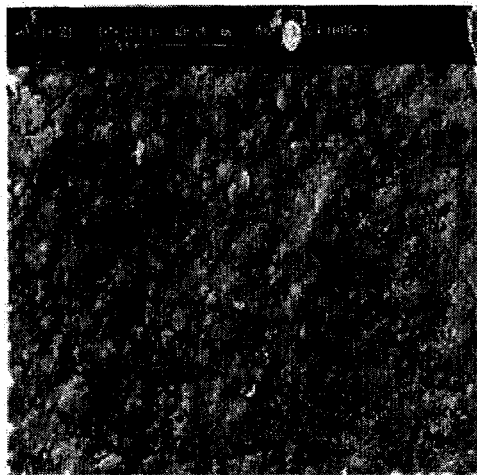


($\times 1000$)



($\times 7000$)

그림 2.5 가스센서 소자의 표면미세구조 (A社)



($\times 1000$)



($\times 7000$)

그림 2.6 가스센서 소자의 표면미세구조 (B社)

2. 특성분석

특성분석에서는 B社제품을 선정하여 가스감응특성을 측정하기 위해 메탄가스와 프로판가스에 대한 전기적특성변화를 시험하였다.

특성시험은 먼저 최적의 감지특성을 나타내는 히터의 소모전력조건을 찾아내어 그 조건에서의 히터전압 및 온도를 구한 후 가스농도별 전기적 특성변화를 측정하였다.

그림 2.7은 히터의 소모전력변화에 대한 B社제품의 메탄가스감응특성 시험결과를 나타낸 것이다.

메탄가스를 4500ppm으로 균일하게 주입하고 히터의 소모전력을 변화시키며 센서의 전기적특성을 측정한 결과 625mW정도의 소모전력에서 72%이상의 가장 높은 감도를 보였으며 이때의 히터전압과 온도는 각각 5V와 385℃를 나타내었다.

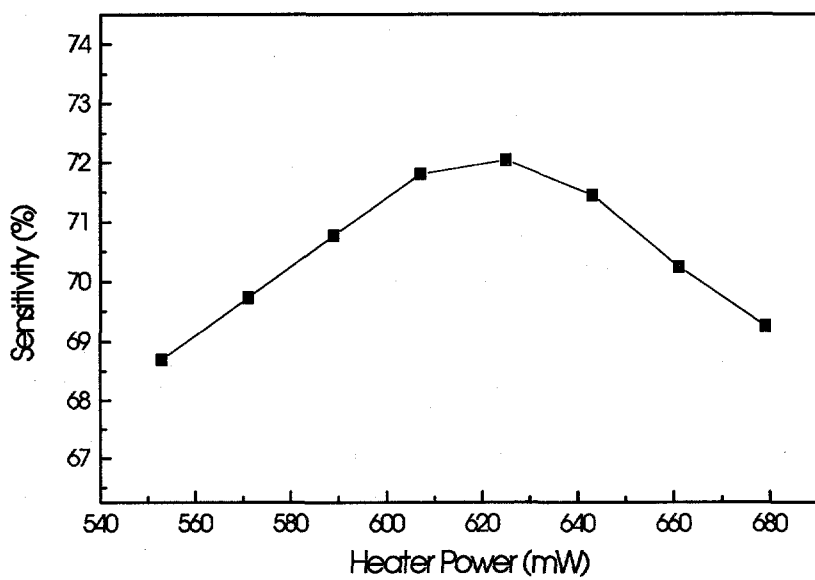


그림 2.7 히터전력변화에 대한 센서의 메탄가스 감지특성변화

히터전력 625mW에서 B社제품의 메탄가스에 대한 농도별 감응특성과 저항, 전압의 변화를 그림 2.8과 그림 2.9, 그림 2.10에 각각 나타내었다.

센서의 초기저항은 16.3k Ω 이었으며, 10000ppm의 메탄가스주입시 2.9k Ω 으로 하락하여 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.182$ 의 높은 감도를 나타내었다.

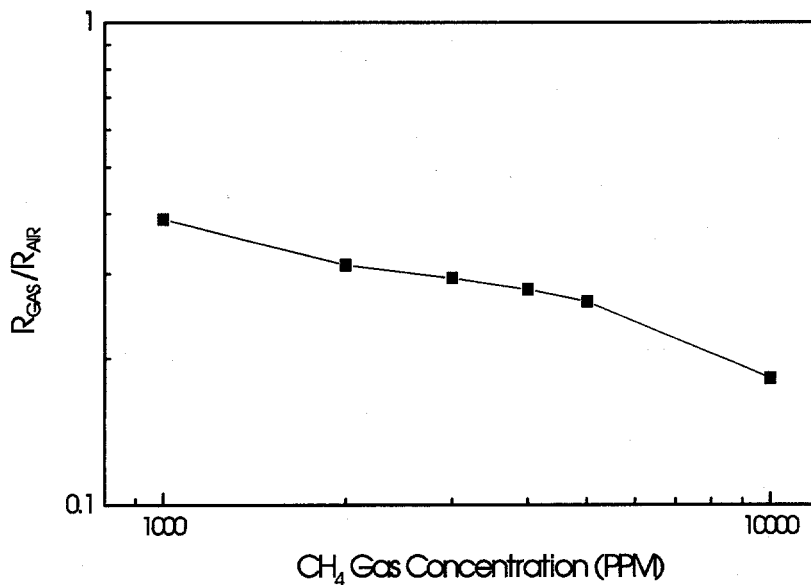
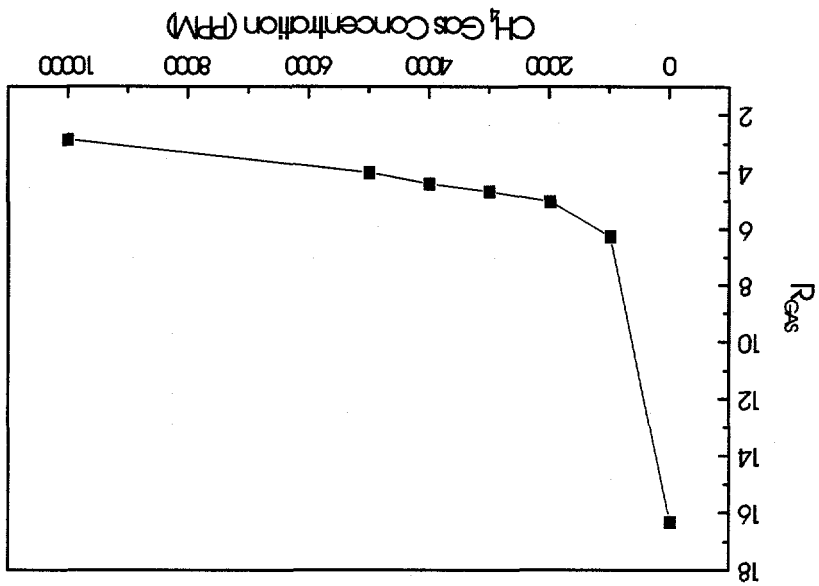


그림 2.8 메탄가스에 대한 감응특성

그림 2.9 메탄가스에 대한 농도별 저항변화 (단위 : kΩ)



메탄가스의 주입에 따른 센서의 전압변화측정결과이다.

센서의 Reference전압을 8V로 걸어주고 6.8k Ω 의 부하저항을 사용해 측정하였고, 초기전압은 5.6V였으며, 10000ppm의 메탄가스주입시 2.4V를 나타내어 3.2V의 하락폭을 나타냈다.

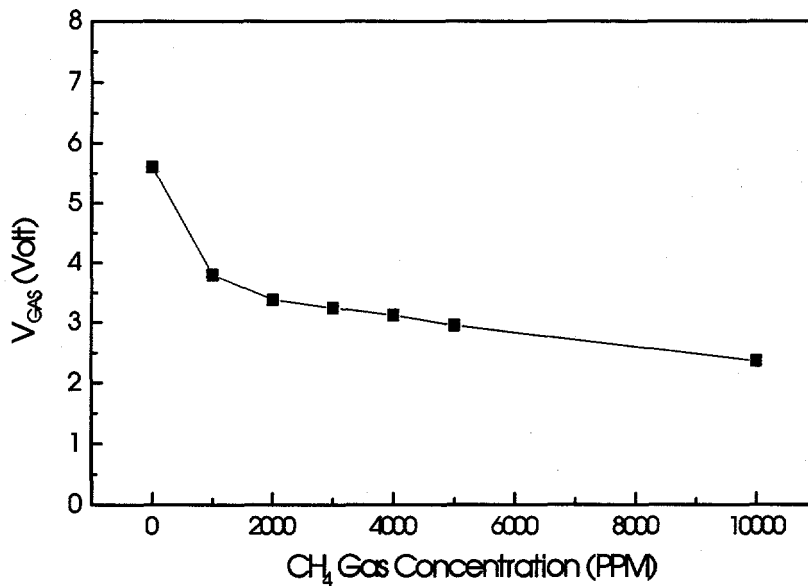


그림 2.10 메탄가스에 대한 농도별 전압변화 (센서 Reference전압 : 8V)

그림 2.11은 히터의 소모전력변화에 대한 B社제품의 프로판가스감응특성 시험결과를 나타낸 것이다.

프로판가스를 2000ppm으로 균일하게 주입하고 히터의 소모전력을 변화시키며 센서의 전기적특성을 측정하한 결과 480mW정도의 소모전력에서 99.2%정도의 가장 높은 감도를 보였으며 이때의 히터전압과 온도는 각각 4.2V와 320℃를 나타내었다.

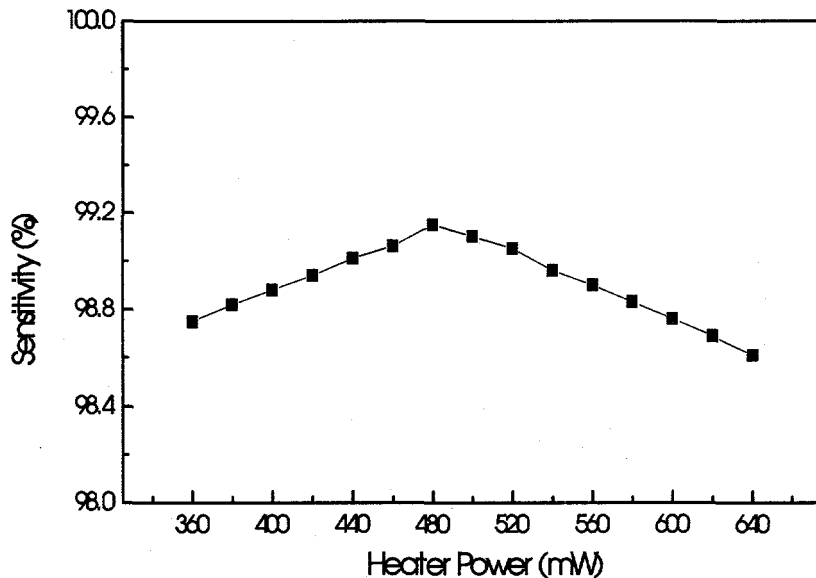


그림 2.11 히터전력변화에 대한 프로판가스의 감지특성

히터전력 480mW에서 B社제품의 프로판가스에 대한 농도별 감응특성과 전압, 저항의 변화를 그림 2.12와 그림 2.13, 그림 2.14에 각각 나타내었다.

센서의 초기저항은 94.4k Ω 으로 나타났으며, 4500ppm의 프로판가스 주입시 2.1k Ω 으로 하락하여 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.023$ 의 높은 감도를 나타내었다.

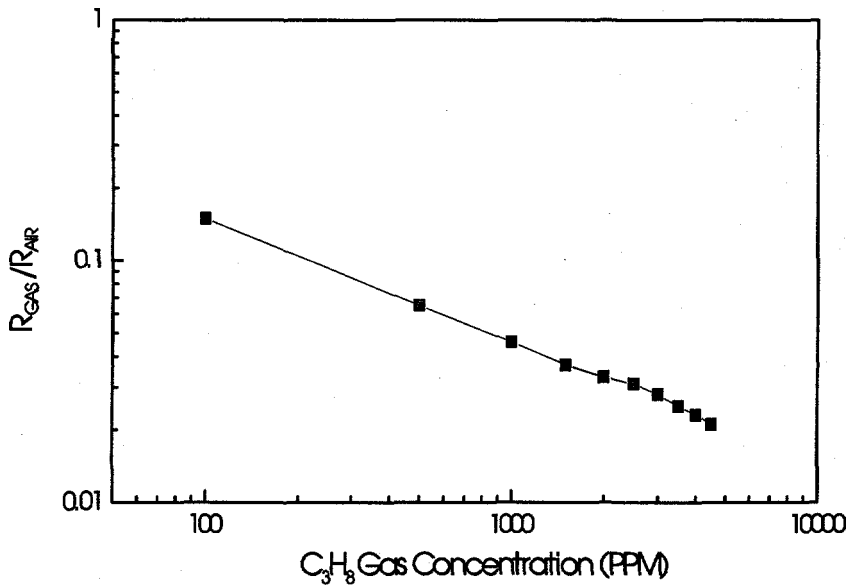


그림 2.12 프로판가스에 대한 농도별 가스감응특성

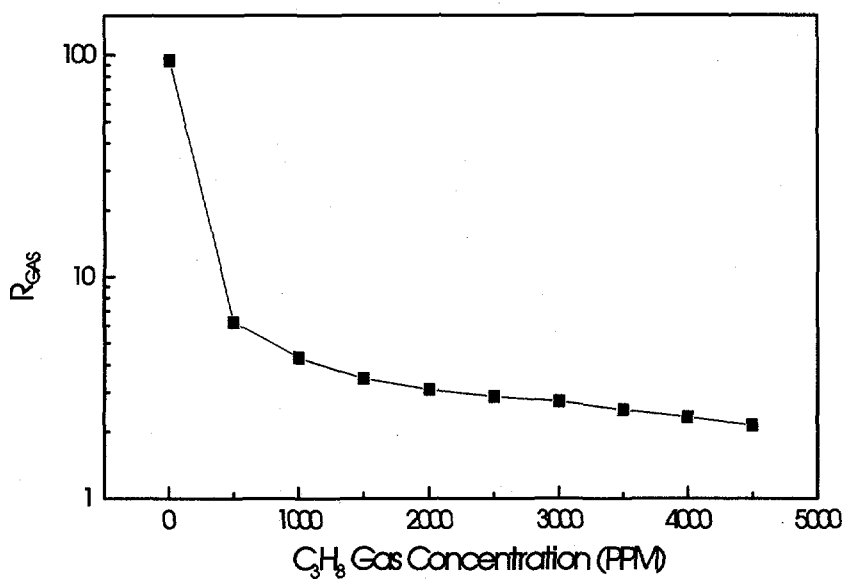


그림 2.13 프로판가스에 대한 농도별 저항변화 (단위 : $k\Omega$)

프로판가스의 주입에 따른 센서의 전압변화측정결과이다.

센서의 Reference전압을 8V로 걸어주고 6.8k Ω 의 부하저항을 사용해 측정하였고, 초기전압은 7.5V였으며, 4500ppm의 프로판가스주입시 2.1V를 나타내어 5.4V의 하락폭을 나타냈다.

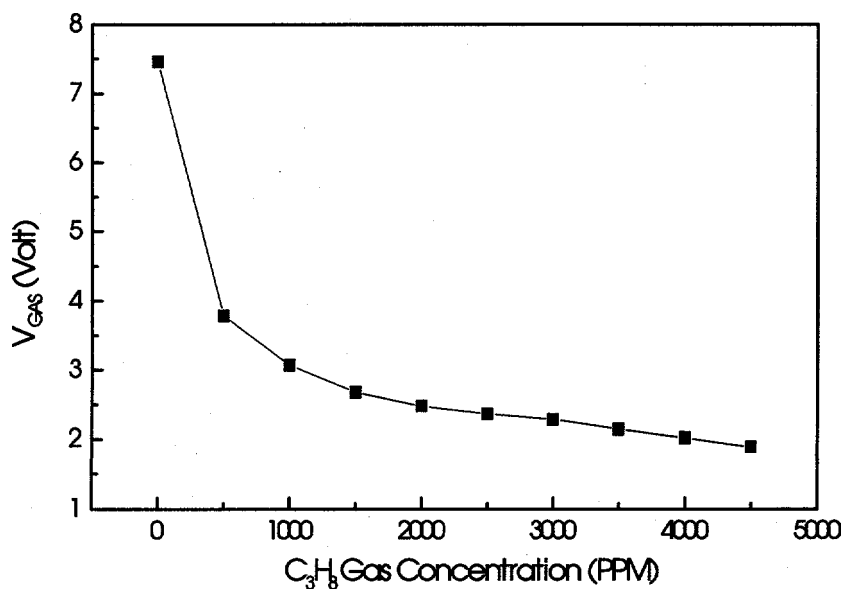


그림 2.14 프로판가스에 대한 농도별 전압변화
(센서 Reference 전압 : 8V)

그림 2.15는 히터의 소모전력변화에 따른 프로판가스에 대한 농도별 감응특성을 비교한 결과이다.

프로판가스의 최적감지 히터소모전력이었던 480mW와 메탄가스의 최적 감지 히터소모전력이었던 625mW에서의 프로판가스에 대한 감응도를 비교한 결과, 그림에 나타난 것과 같이 큰 차이가 나는 것을 알 수 있었다. 이와 같은 결과를 통해 특정가스에 대한 감지특성이 같은 센서에서도 히터의 소모전력조건에 따라 크게 변화하는 것을 그림 2.11에 나타내었던 결과에 이어 재확인할 수 있었다.

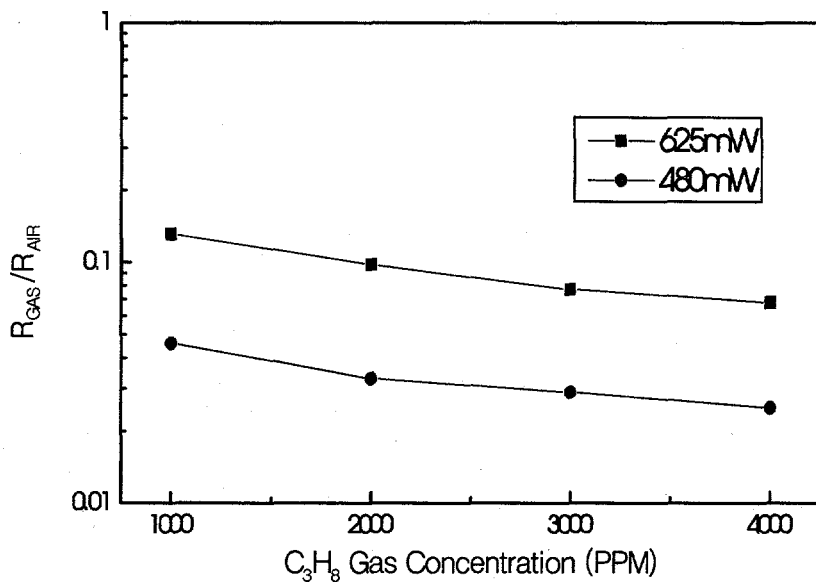


그림 2.15 히터전력변화에 대한 프로판가스 감응특성의 변화

그림 2.16은 메탄가스와 프로판가스에 대한 각각의 최적 히터소모전력 조건에서 시험한 감응특성의 변화를 나타낸 것이며, 같은 최적 조건에서의 시험결과에 있어서도 프로판가스에 대한 감응도가 월등히 높음을 알 수 있었다.

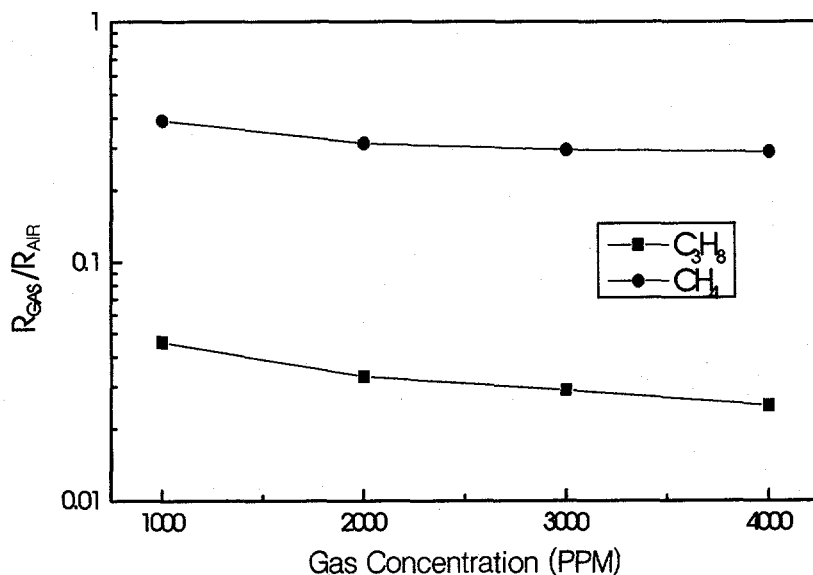


그림 2.16 B社제품의 메탄가스와 프로판가스에 대한 감응특성

이상의 시험결과를 통해 B社제품은 메탄가스 및 프로판가스에 대해 각각 625mW와 480mW의 최적 히터소모전력 조건에서 모두 우수한 감응특성을 나타내는 것을 알 수 있었다.

제 2 절 PTC Heater의 제조

본 연구에서는 후막형 가스센서의 높은 안정도를 구현하고 동시에 센서를 저전력화시키기 위하여 기존의 알루미나 기판과 Pt히터를 대체하는 PTC기판에 관한 연구도 진행하였다.

PTC히터에 관해서는 1차연구인 “가스경보기 개발 및 상업화 연구”(1996.6~1997.11)에 이미 특허출원을 하였으며, 가스센서에 PTC 히터를 적용시에 얻을수 있는 장점으로는 높은 온도안정성과 소자를 저전력화시킬수 있다는 점이다.

PTC(Positive Temperature Coefficient Thermistor)는 주성분인 BaTiO_3 에 Pb 및 소량의 희토류원소(Y, La, Dy)를 첨가하여 도전성을 갖게 한 N형의 티탄산 바륨계 산화물의 일종이다.

PTC소자의 전압전류특성은 PTC의 기반특성중의 하나로 PTC 전극 양단의 전압을 서서히 증가시키면 그림 2.17에 나타난 바와 같이 줄(joule)열에 의한 자체발열에 의해 점차로 소자의 온도가 상승하고 쿨리 온도 부근에 도달하면 마이너스성 전류특성(전압의 증가에 따라 전류가 감소하는)을 나타낸다. 이러한 전압-전류의 정전류 특성으로 주위온도에 대해 자기온도유지기능을 갖기 때문에 가스센서에 적용시, 센서에 대한 주위온도에 대한 영향을 최소화시킴으로서 가스센서의 안정된 동작을 시킬 수 있다.

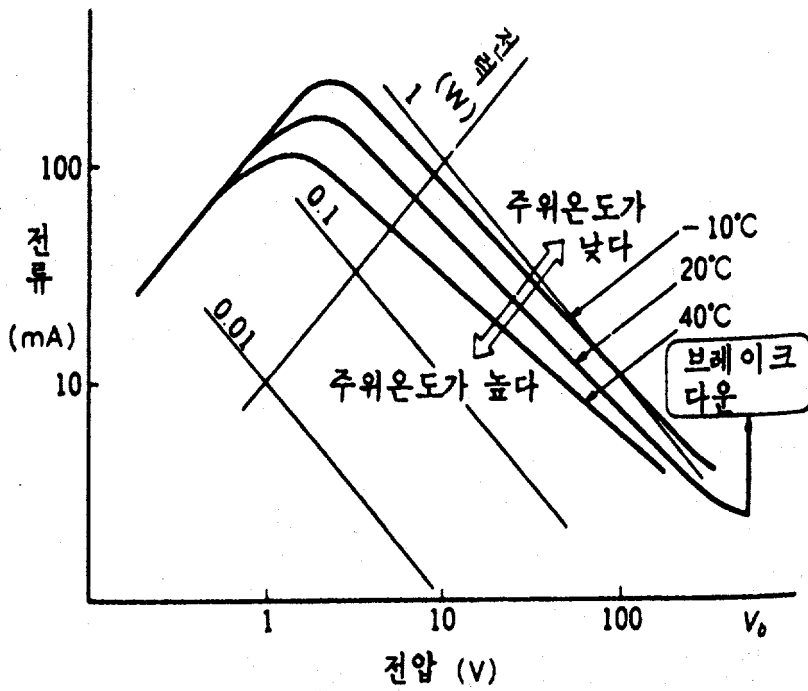


그림 2.1 전압-전류 특성

1. PTC heater의 조성설계

반도성 PTC heater는 perovskite 구조(ABO_3)를 갖는 $(Ba,Pb)TiO_3$ 에 소량의 dopant를 첨가, 소결하여 얻는 thermistor이다. PTC thermistor A site에 2가 원자를, B site에 4가 원자(Pb, Ca, Sr, Zr, Sn)를 고용 치환하여 curie point(이하 T_c)를 변화시킬 수 있다. $(Ba,Pb)TiO_3$ 재료에 대한 현재까지의 연구결과 420°C 이상의 높은 T_c 를 얻을 수 있는 것으로 알려져 있으나 제조공정에 있어서 PbO휘발에 의한 조성의 불안정화와 저융점 화합물인 Pb화합물이 임계에 액상을 형성해 입성장과 동시에 미세구조의 복잡한 조직이 생성되는 문제점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 조성의 안정화를 위해 여러가지 첨가물을 사용해야 하며, 미세구조의 조절을 위해 출발입자의 조성 및 소결조건을 변화시켜야 한다.

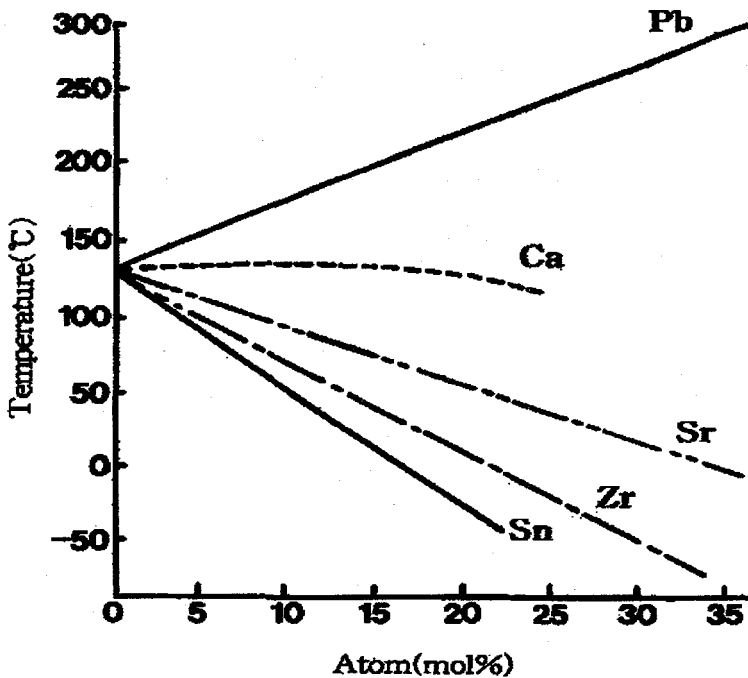


그림 2.18 원자 첨가량에 따른 Curie Point 변화

PTC heater의 원료인 $(\text{Ba,Pb})\text{TiO}_3$ 는 전 범위에서 고용되기 때문에 BaTiO_3 와 PbTiO_3 를 혼합하여 사용하며, 그때의 T_c 변화는 그림 2.18과 같이 나타난다.

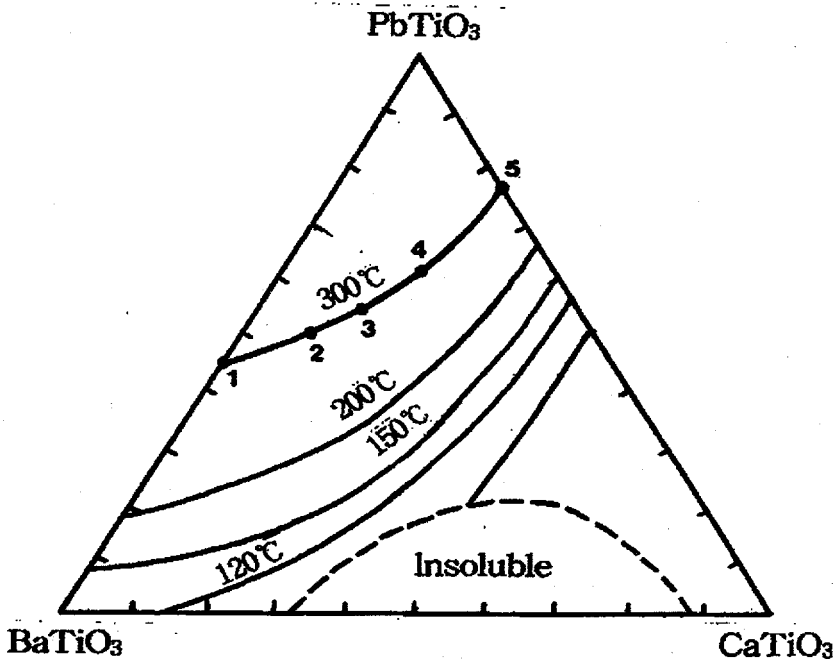


그림 2.19 Ferroelectric phase에 있어서 Curie point 변화

특히 Pb를 고용시키는 것에 의해 Pb 원자 %당 T_c 를 약 3.8°C 씩 상승시킬 수 있으며, 이론적으로 PbTiO_3 의 T_c 를 약 490°C 부근까지 고용이 가능하다.

한편 그림 2.19에서처럼 BaTiO_3 는 120°C 이하에서 ferroelectric 성질을 갖고 있으면서, -70°C 와 5°C 에서 또다른 전이를 갖는데 반해, PbTiO_3 는 약 500°C 이하에서 ferroelectric 성질을 갖고 있는 이외의 어떤 다른 전이 점도 갖고 있지 않다.

또한 $(\text{Ba,Pb})\text{TiO}_3$ 의 경우에 있어서는 PbTiO_3 의 고용으로 T_c 는 좀더 높은 온도로 이동하고 BaTiO_3 가 갖고 있던 -70°C 와 5°C 의 전이는 좀더 낮은 온도로 이동하므로 tetragonal 영역은 점차 증가한다. 그러나 Ba와 치환되는 Pb양이 많을수록 PbO 휘발에 의한 조성 불안정이나 입계에서 액상형성이 이루어지는 문제점이 있다.

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하고자 소량의 Ca와 Sr을 $(\text{Ba,Pb})\text{TiO}_3$ 에 첨가하였으며, 각각의 물비는 그림 2.19에서 T_c 가 300°C 인 line의 5 point와 그 이상 온도인 면위의 point를 선정하여 실험하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 BaTiO_3 , PbTiO_3 를 출발원료로 사용하고 반도체화 dopant인 Nb_2O_5 를 첨가하여, heating전압 5V의 미소전압 인가시 표면온도가 250°C 이상인 CO센서의 heater에 적용이 가능한 $(\text{Ba,Pb})\text{TiO}_3$ 소자를 제조하였다.

2.1 출발원료

$(\text{Ba,Pb})\text{TiO}_3$ 를 제조하기 위한 출발물질의 순도와 제조회사를 표 2.2에 나타내었다.

원료의 순도는 99% 이상이었으며 BaTiO_3 와 CaTiO_3 는 각각 Fuji Titan과 Ferro사 제품을 그대로 사용하였으나, PbTiO_3 와 SrTiO_3 는 Aldrich사의 PbO , SrCO_3 , TiO_2 를 이용하여 합성하였다.

표 2.2 출발물질의 순도 및 제조회사

Materials	Purity(%)	Formula	Remarks
Barium Titanate	99.9	BaTiO ₃	Fuji Titanium
Calcium Titanate	98.0	CaTiO ₃	Ferro
Strontium carbonate	99.0	SrCO ₃	STREN CGENUCAKS
Lead(II)oxide	99.9	PbO ₃	Aldrich Chemical Co.
Titanium(IV)oxide	99.9	TiO ₂	Aldrich Chemical Co.
Niobium oxide	99.5	Nb ₂ O ₅	Aldrich Chemical Co.
Antimony(III)oxide	99.0	Sb ₂ O ₅	Aldrich Chemical Co.
Silicon dioxide	99.5	SiO ₂	Aldrich Chemical Co.
Manganese oxide	99.0	MnO ₂	High purity Chemicals
Aluminum oxide	G · R	Al ₂ O ₃	Junsei Chemical Co.

2.2 시편제조

BaTiO_3 , PbTiO_3 , CaTiO_3 와 SrTiO_3 와 반도체화 dopant인 Nb_2O_5 를 pot에 넣고, ethanol, ball과 함께 혼합하였다. 혼합된 조합물은 건조후 100°C 에서 4시간동안 하소하였다. 하소하여 얻어진 분말은 24시간동안 ball mill로 분쇄한 후 binder를 혼합하여 다시 24시간 혼합하였다.

혼합된 slurry는 그림 2.20의 Doctor Blade를 이용하여 sheet로 제작하였다.

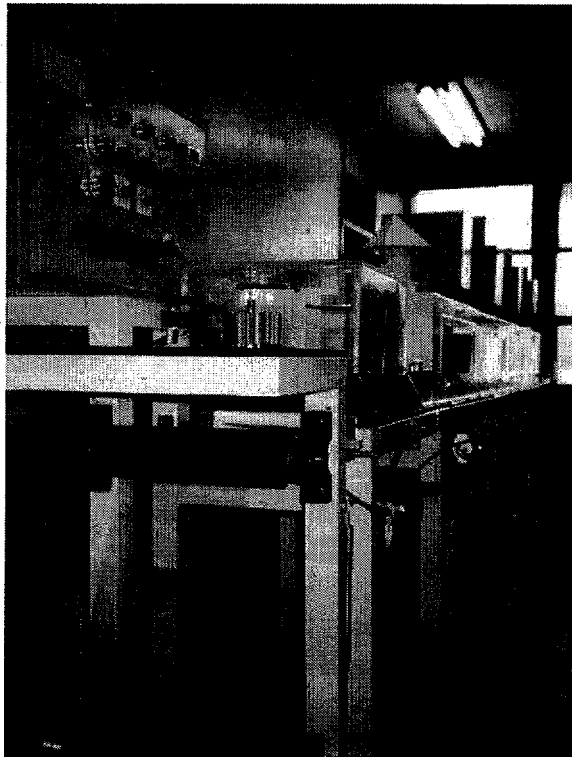


그림 2.20 Doctor blade 성형장치

제작된 sheet는 600°C 까지 50°C/hr .로 승온하여 600°C 에서 4시간 하소하였으며, 하소한 시편은 PbTiO_3 분말로 덮어 tube 전기로에서 소결후 미세구조를 측정하고 ohmic paste와 coner paste를 바른후 600°C 에서 10분간 열처리하여 전기적특성을 측정하였다.

그림 2.21와 그림 2.22은 제작한 시편의 상온저항 및 온도-저항특성을

측정하는데 사용한 온도-저항 측정장치를 나타낸 것이며, 시편의 제조공정도를 표 2.3에 나타내었다.



그림 2.21 온도-저항 측정장치

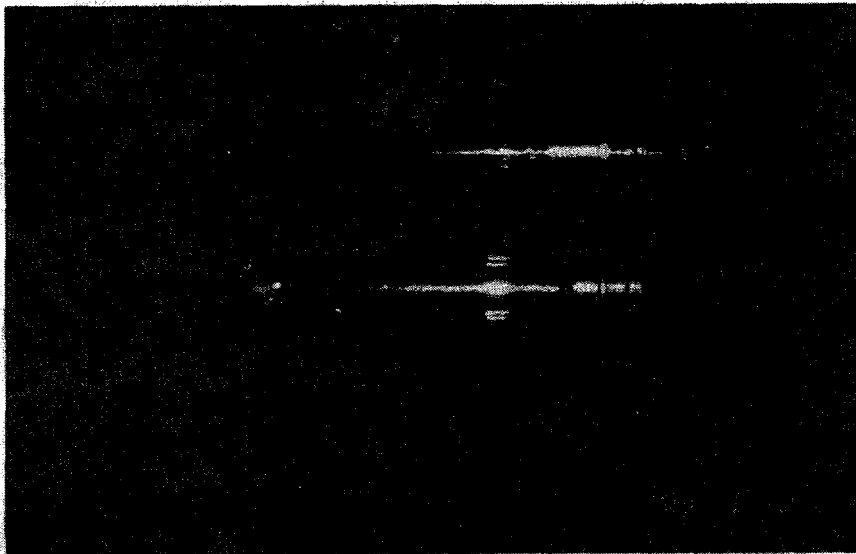


그림 2.22 온도-저항 측정을 위한 초자

그림 2.21의 온도-저항 측정장치는 300℃ 이상의 고온에서 측정하기 위하여 컴퓨터, controller, multimeter와 로를 연결하였다. 특히, 300℃ 이상의 측정을 위한 초자는 quart 유리봉 끝에 백금판에 대고, 백금판에 백금선을 연결하여 사용하였다.

표 2.3 Doctor Blade로 제조된 PTC heater 공정도

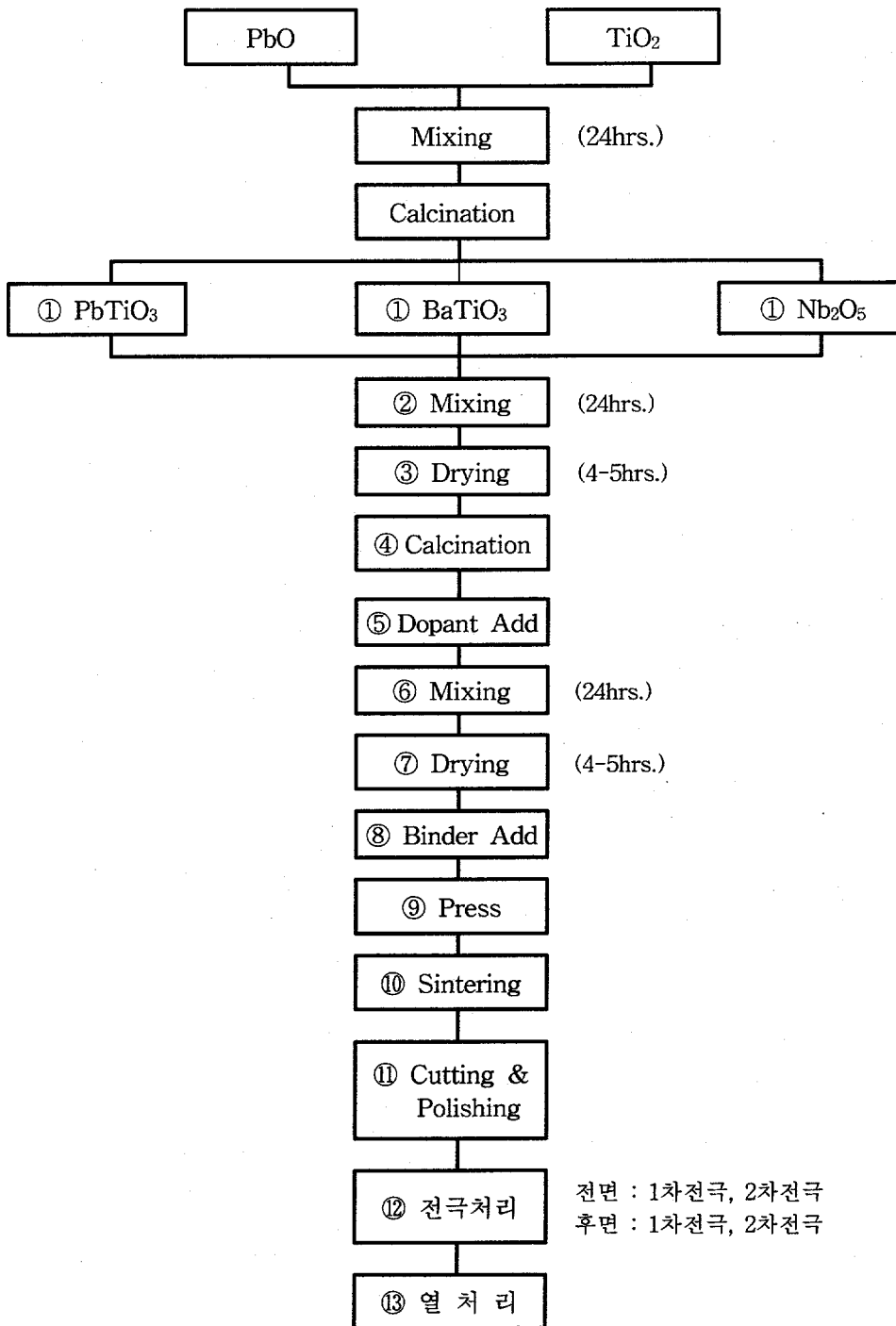


표 2.4는 표 2.3의 제조공정도에 의해 제작된 시편을 1200℃에서 30분 간 N₂분위기에서 소결한 후 냉각속도를 50℃/hr, 80℃/hr, 100℃/hr로 변화시켰을 경우의 저항변화를 나타낸 것이며, 제조된 PTC의 냉각속도를 크게 할수록 저항값이 낮아지는 것을 볼 수 있었다.

표 2.4 냉각속도 변화에 따른 시편의 저항변화

냉 각 속 도	저 항 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
50℃/hr	7M
80℃/hr	3.6K
100℃/hr	1.65K

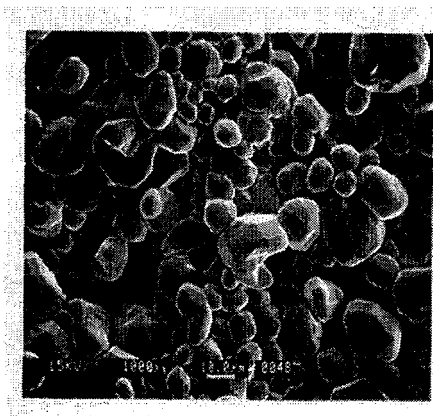
표 2.5는 소결온도를 1250℃로 하여 300℃/hr로 냉각할 때 1250℃에서의 유지시간에 따른 저항값 변화를 나타낸 것이다.

표 2.5에 나타난 것과 같이, 소결온도에서의 유지시간이 길어질수록 Pb의 휘발이 증가되어 생성된 Ba공극의 결정립내의 확산의 증가로 상온 비저항이 높아지는 것으로 판단된다.

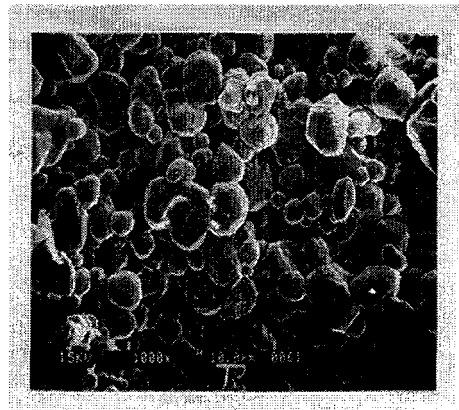
표 2.5 1250℃에서의 유지시간 변화에 따른 시편의 저항변화

유 지 시 간	저 항 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
1250℃, 1hr	561
1250℃, 30min.	472
1250℃, 10min.	450

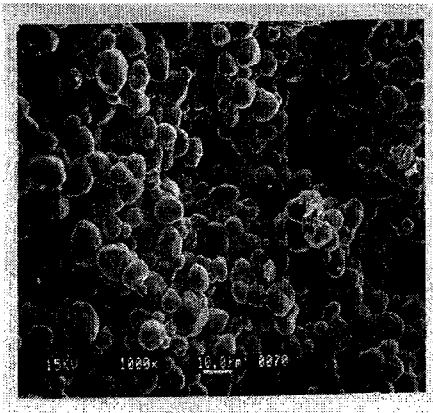
그림 2.23은 1200℃의 동일한 온도에서 냉각속도 및 시간의 변화에 따른 미세구조를 나타낸 것이다. 그림 2.23(a), 그림 2.23(b) 및 그림 2.23(c)에 나타난 것과 같이 냉각속도가 빠를수록 입자성장이 억제되는 것을 볼 수 있었으며, 그림 2.23(c)와 그림 2.23(d)에 나타난 바와 같이 1200℃에서의 유지시간을 길게할 경우 입자의 성장이 다시 커지는 것을 볼 수 있었다. 따라서 소결온도에서의 유지시간을 짧게 하고 냉각속도를 빠르게 했을 때 가장 균일한 미세구조를 나타냄을 알 수 있었다.



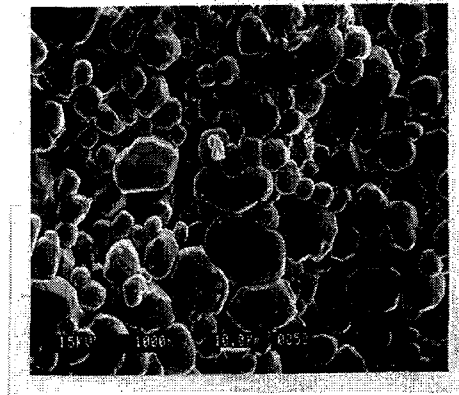
(a) 1200℃, 30min (50℃/hr)



(b) 1200℃, 30min (80℃/hr)



(c) 1200℃, 30min (100℃/hr)



(d) 1200℃, 2hr (100℃/hr)

그림 2.23 냉각속도에 따른 미세구조

이와 같은 시험결과 기존의 성형방법인 Doctor Blade 공정작업은 소결과정에서 기판의 형태가 변형되는 문제로 인해 균일한 미세구조와 우수한 전기적특성을 갖는 PTC heater 제조를 제조하는데 어려움이 따르는 것을 알 수 있었다.

Doctor Blade 공정작업시 이어한 문제가 발생하는 원인은 최종시편의 기판화 과정에서 기판을 소결할 때 Pb의 휘발 및 미성형된 얇은 두께로 인해 열응력을 견디지 못한 휘어짐으로 기판의 형태가 휘어지는 현상 때문이다.

따라서 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 얇은 기판에서 강도를 유지시켜 최종시편의 휘어짐을 방지하는 성형압을 줄 수 있는 Ingot방법을 사용해 시편을 다시 제작하였다.

Ingot 방법을 사용할 경우 소자를 성형해 슬라이싱한 후 필요한 두께로 Polishing하는 단계를 거치게 되는데 Doctor Blade 공정에 비해 표면 조도를 크게 향상시킬 수 있다.

표 2.6은 Ingot법을 이용한 시편의 제조 공정도를 나타낸 것이다.

표 2.6 PTC 제조공정도 (Ingot법)

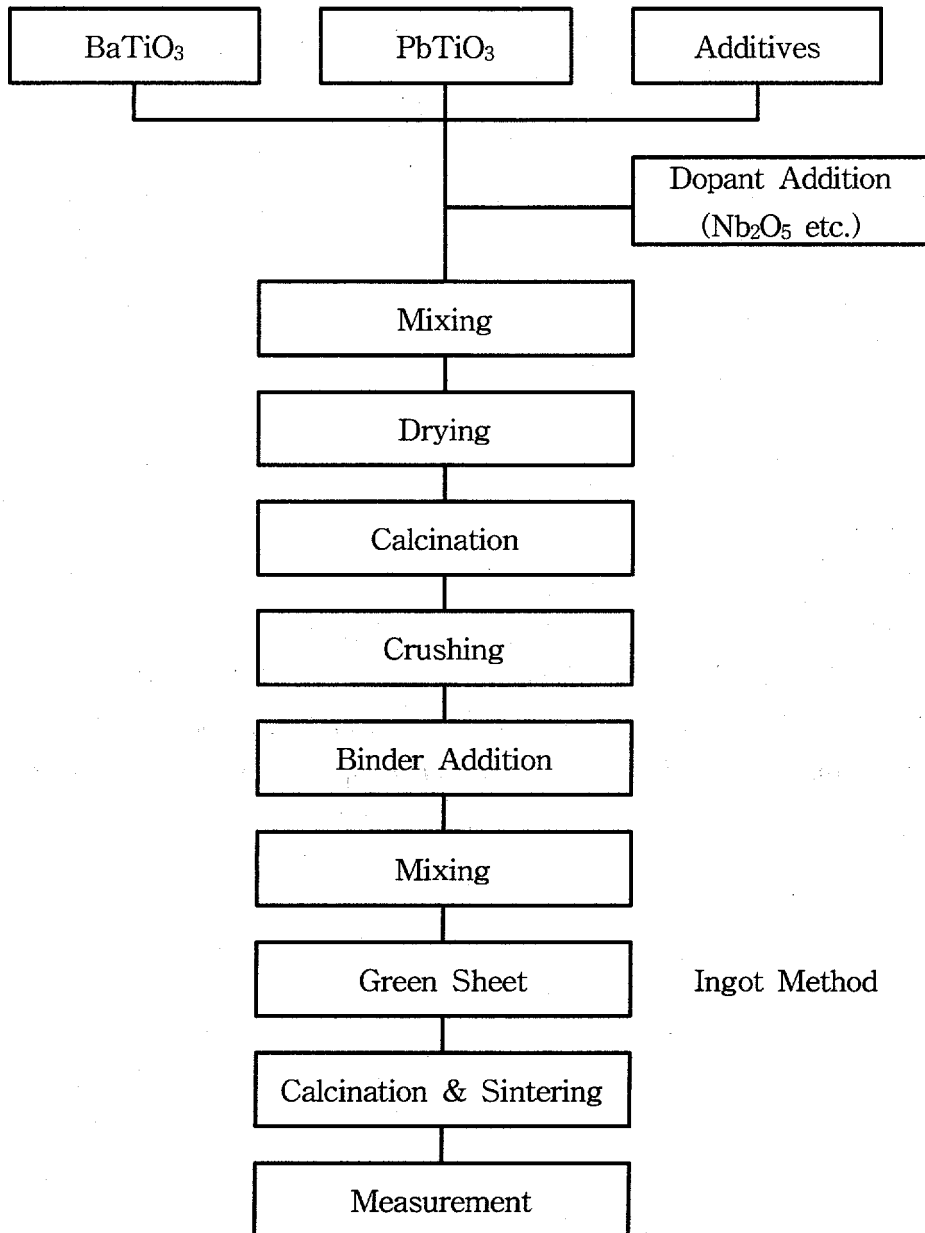


표 2.6에 나타난 공정에 의해 BaTiO_3 에 PbTiO_3 , SrTiO_3 , CaTiO_3 를 첨가해 시편을 제작하였으며, 결정상 확인을 위해 X-선회절 분석을 행하였고, 그 결과를 그림 2.24에 나타내었다.

BaTiO_3 , CaTiO_3 , 합성한 PbTiO_3 , SrTiO_3 모두 제2상이 존재하지 않은 순수물질로서, 결정성 또한 매우 양호하였다.

그림 2.25는 합성한 원료의 입자크기 및 형상을 관찰하기 위해 4종류의 주물질과 반도체화 dopant(Sb_2O_3 , Nb_2O_5)에 대해 주사전자현미경 관찰 결과를 나타낸 것이다.

출발물질의 입자크기와 형상은 BaTiO_3 를 제외한 나머지 물질은 양호하지 못함을 알 수 있었다. BaTiO_3 의 입자 크기는 약 $0.5\mu\text{m}$ 의 매우 미세하고 균일한 입자로 이루어져 있으나, PbTiO_3 , SrTiO_3 및 CaTiO_3 는 그림 2.25의 (b), (c), (d)에 나타난 것과 같이 심하게 agglomeration되어 있음을 볼 수 있다. 특히 PbTiO_3 의 경우 하소과정중 낮은 melting point로 인하여 소결이 어느 정도 진행되어 입자의 크기가 크며, 형상도 불규칙하였다.

따라서 그림 2.25 (a)의 BaTiO_3 을 제외한 PbTiO_3 , SrTiO_3 , CaTiO_3 는 사용전에 충분한 분쇄과정을 통해 입자크기를 조절하였다. 또한, 그림 2.25 (e)의 Sb_2O_3 경우 입자크기가 크고 작은 상태로 불규칙한 형상을 나타내고 있으나, 그림 2.25 (f)의 Nb_2O_5 는 Sb_2O_3 보다 입자크기가 작으며 균일하였는데, 이 두 반도체화 dopant의 입자크기 및 형상차이가 전기적특성에 영향을 줄 것으로 예상되어 본 연구기간에서는 Nb_2O_5 를 반도체화 dopant로 선정하여 실험을 행하였다.

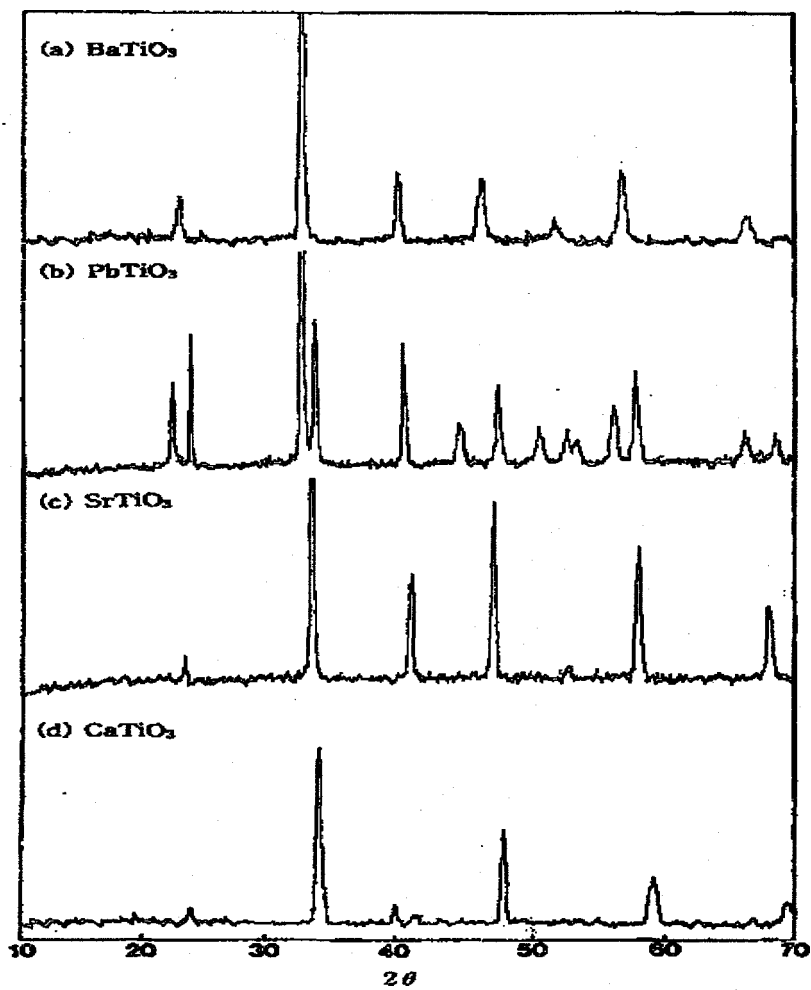


그림 2.24 출발원료의 XRD 패턴

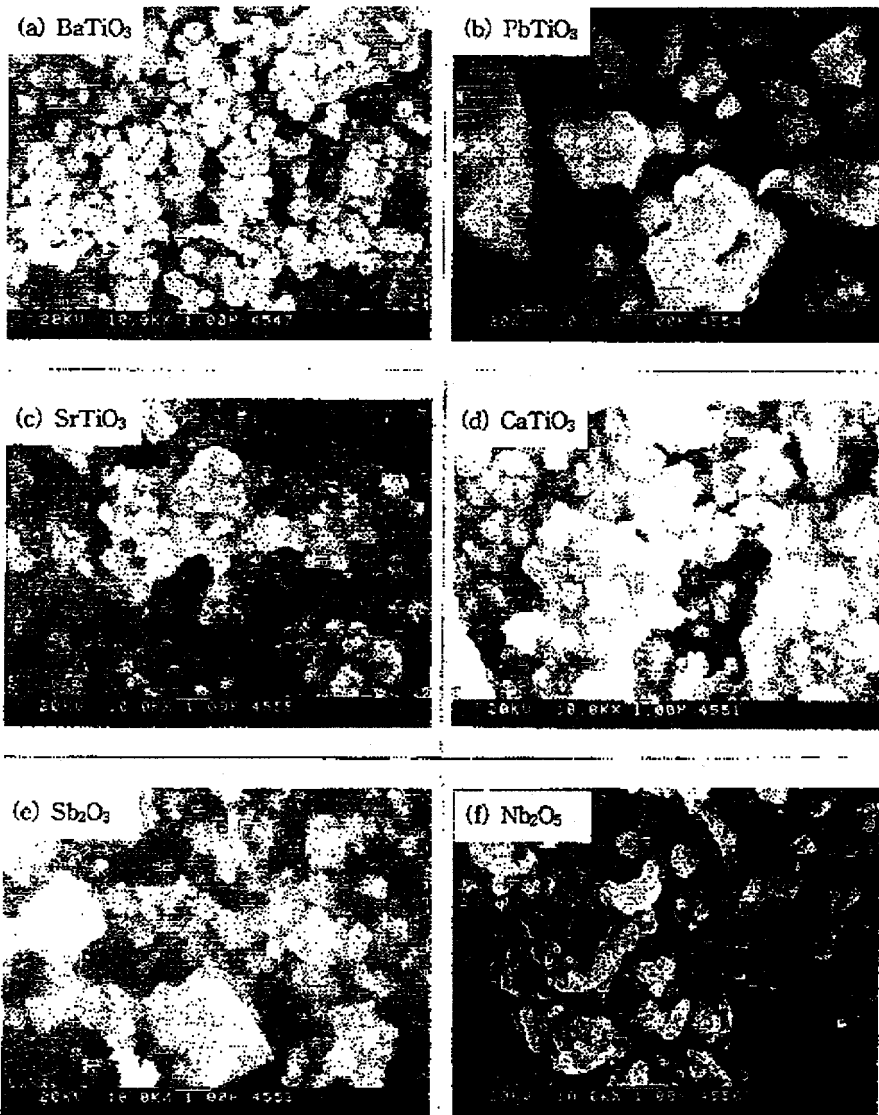


그림 2.25 출발원료의 주사전자현미경 사진

3. 시험결과

3.1 조성선정

Tc가 300℃ 이상인 PTC 서미스터를 제조하기 위해 그림 2.19에 나타난 $\text{BaTiO}_3\text{-PbTiO}_3\text{-CaTiO}_3$ 시스템에서 시료 1~시료 5까지의 조성을 $(\text{Ba}_{0.5}\text{Pb}_{0.43})\text{TiO}_3$, $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.5}\text{Ca}_{0.1})\text{TiO}_3$, $(\text{Ba}_{0.3}\text{Pb}_{0.55}\text{Ca}_{0.15})\text{TiO}_3$, $(\text{Ba}_{0.2}\text{Pb}_{0.6}\text{Ca}_{0.2})\text{TiO}_3$, $(\text{Pb}_{0.8}\text{Ca}_{0.2})\text{TiO}_3$ 로 우선 선정하였다.

위 조성에 dopant인 Nb_2O_5 를 0.11mol% 첨가하여 1280℃에서 30분간 공기중에서 소결한 저항값을 그림 2.26에 나타내었다.

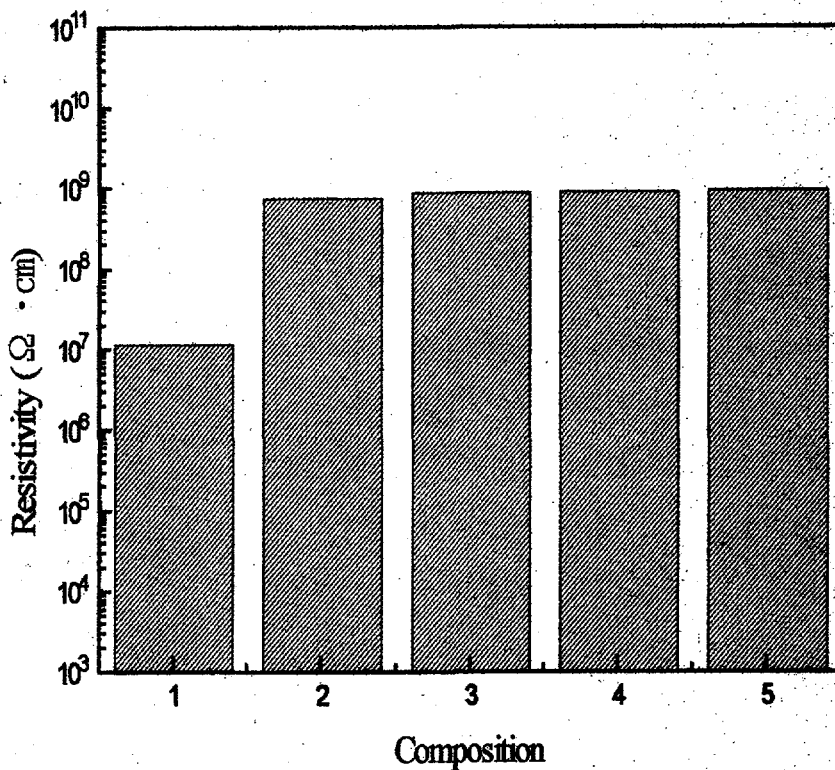


그림 2.26 각 조성에 있어서의 상온비저항
(1280℃, 30분 공기중 소결)

시료 1의 $(\text{Ba}_{0.5}\text{Pb}_{0.43})\text{TiO}_3$ 의 조성의 경우 가장 낮은 비저항값을 나타내었으며, 나머지 시료 2, 3, 4, 5의 경우는 MQ 으로 매우 높은 비저항값을 나타내고 있는 것을 알 수 있는데 이것은 Ca 의 첨가가 상온 비저항에 영향을 미치기 때문이다. Ca 이온은 Ba 위치로 치환되면 15mol.% 정도까지는 BaTiO_3 와 완전한 고용체를 이루고, BaTiO_3 의 전압의존성을 강화시키며 재현성을 향상시키는 것으로 알려져 있으며, 상온 비저항은 Ca 치환량이 증가함에 따라 크게 증가된다고 알려져 있다.

따라서 Ca 첨가량에 따라 비저항이 증가하다가 Ca 가 완전고용되는 시료 3의 15mol.%부터는 일정한 상온 비저항을 나타내는 것으로 보인다. 그러나, 시료 1의 경우 소결중 Pb 의 휘발로 인해 표면에 기공이 많이 존재하여 heater로 사용하기에는 부적합한 것으로 드러났다.

3.2 Nb₂O₅ 첨가량에 따른 효과

그림 2.27의 BaTiO₃-PbTiO₃-CaTiO₃ 시스템에서 Tc가 300℃ 이상인 부분에서 선정한 5종류의 시료는 소결중의 Pb휘발에 따라 Tc의 저하가 문제가 되기 때문에 Pb의 휘발을 억제하고자 Ca와 Ba일부를 Sr로 치환하였다. 이때 Sr의 치환은 SrTiO₃ 1mole 첨가당 Tc를 2.5℃씩 저온측으로 이동시키는 점을 고려해 치환량을 조절하였으며, (Ba_{0.5}Pb_{0.43}Sr_{0.07})TiO₃, (Ba_{0.4}Pb_{0.5}Ca_{0.004}Sr_{0.006})TiO₃, (Ba_{0.25}Pb_{0.6}Ca_{0.05}Sr_{0.1})TiO₃의 3가지 조성을 선정하였다.

그림 2.27은 (Ba_{0.5}Pb_{0.43}Sr_{0.07})TiO₃ 조성으로 제조한 시료 6의 (Ba_{0.5}Pb_{0.43}Sr_{0.07})TiO₃ 조성에 Nb₂O₅ 치환량 변화에 따른 미세구조사진을 나타낸 것이고, 그림 2.28은 시료 8의 (Ba_{0.25}Pb_{0.6}Ca_{0.05}Sr_{0.13})TiO₃에 Nb₂O₅ 첨가량에 따른 미세구조 사진을 나타낸 것이며, 그림 2.29는 선정된 시료에 dopant Nb₂O₅ 첨가량을 변화시켜 1280℃에서 30분 소결한 후의 상온 비저항값을 나타내었다.

Nb₂O₅ 첨가량이 증가될수록 입자의 크기가 작아지고 있는데 이는 첨가된 Nb₂O₅ 입자가 grain boundary에 고용됨에 의한 현상인 것으로 보여진다.

또한, Nb₂O₅ 첨가량이 0.11mol.%~0.13mol.%범위에서 균일하고, 치밀한 구조를 갖는 것을 볼 수 있다. 그러나, 첨가량을 0.15mol.%로 증가시키면 grain boundary로 많은 양의 Nb₂O₅가 고용되어 크고 작은 입자들이 함께 존재하고 있는 것을 볼 수 있는데, 이러한 미세구조의 영향을 상온비저항값의 변화로도 볼 수 있다.

그림 2.29의 상온비저항 변화를 보면 Ca이온 첨가의 경우 앞의 설명에 나타난 바와 같이 첨가량에 따라 상온비저항이 Ca를 첨가하지 않은 (Ba_{0.5}Pb_{0.43}Sr_{0.07})TiO₃보다 높게 나타났다. 이러한 상온 비저항의 Sr이온 첨가는 같은 결과를 나타낼 것으로 보인다. 상온비저항은 Nb₂O₅ 첨가량을 0.11mol.%~0.13mol.%범위로 했을 때 낮은 값을 나타내고 있는데 이는 미세구조 사진으로 잘 설명되고 있다. 또한, Ca와 Sr이온 첨가량이

증가하여도 Nb_2O_5 첨가량에 무관하게 일정한 값을 나타내는 것을 알 수 있다.

따라서 Nb_2O_5 의 최적 첨가량은 air분위기 소결시 0.11mol.%~0.13mol.%범위 사이임을 알 수 있었다.

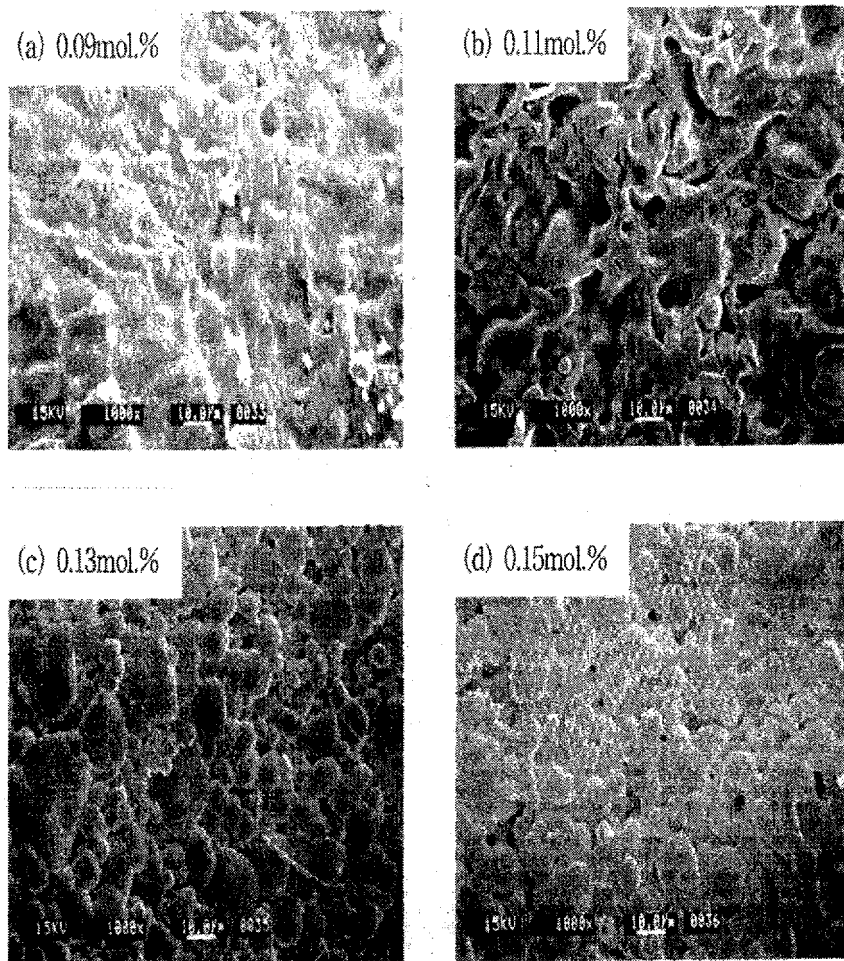


그림 2.27 $(\text{Ba}_{0.5}\text{Pb}_{0.43}\text{Sr}_{0.07})\text{TiO}_3$ 의 Nb_2O_5 첨가량에 따른
미세구조 사진
(1280℃, 30분, 공기중 소결)

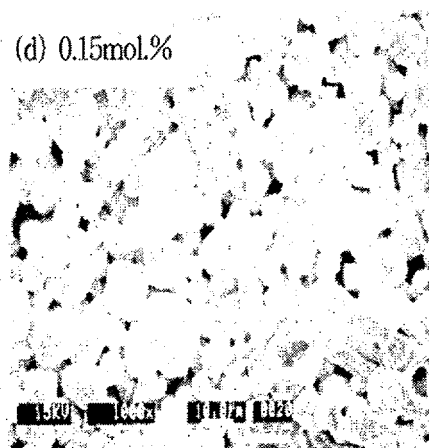
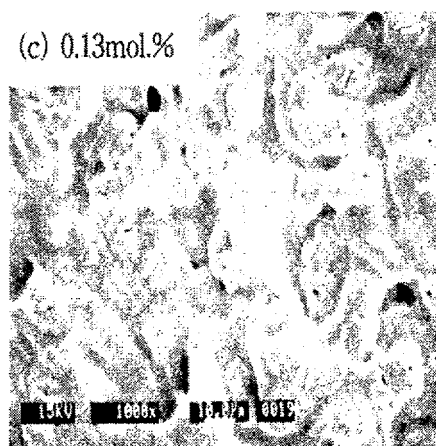
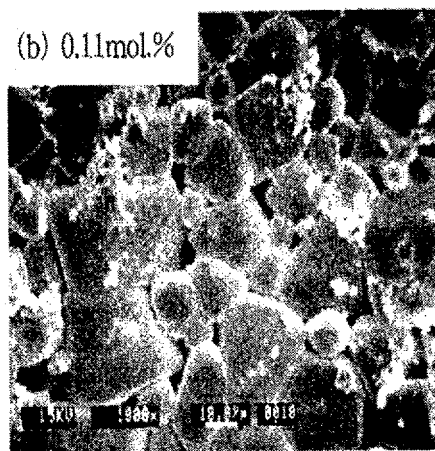
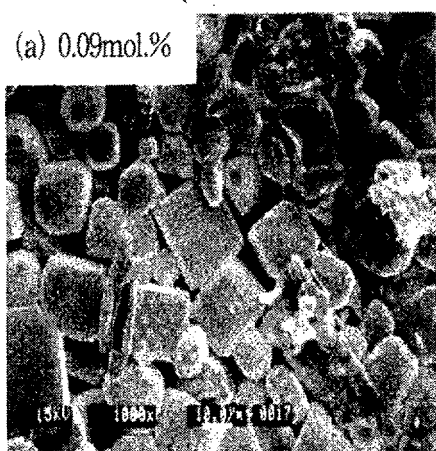


그림 2.28 $(\text{Ba}_{0.25}\text{Pb}_{0.6}\text{Ca}_{0.05}\text{Sr}_{0.1})\text{TiO}_3$ 의 Nb_2O_5 첨가량에 따른 미세구조 사진
(1280℃, 30분, 공기중 소결)

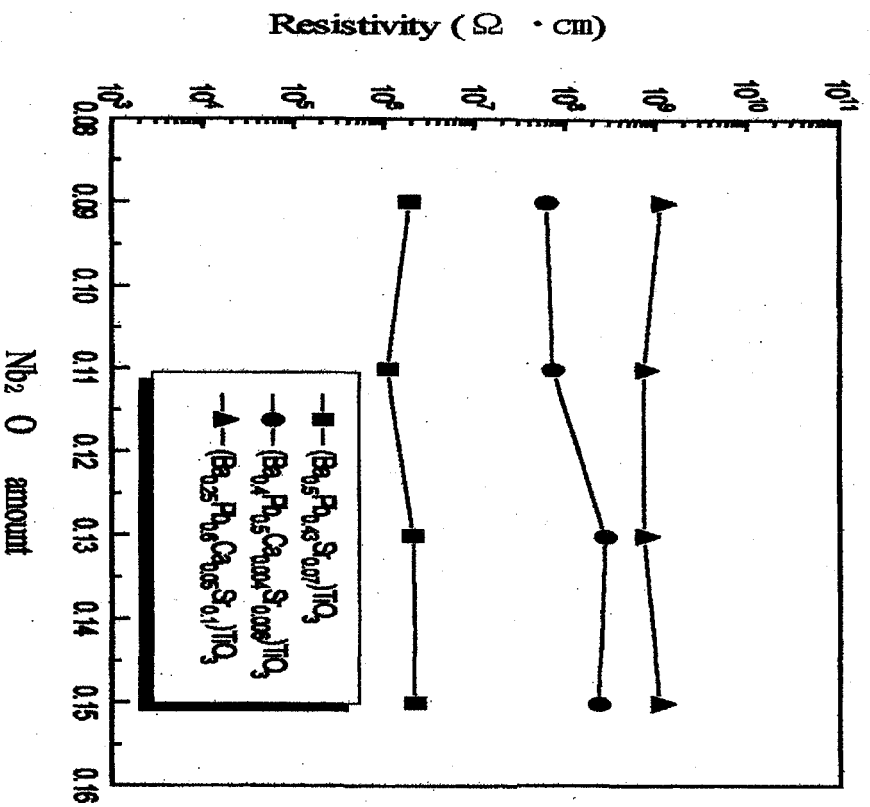


그림 2.29 각 조성에 있어서 Nb_2O_5 첨가량에 따른
상온비저항
(1280°C, 30분 공기중 소결)

3.3 분위기 소결

위의 시험결과 사용하고자 하는 heater에 적용하기에 높은 상온 비저항이 나타나 $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.6})\text{TiO}_3$ 조성의 시료를 선정해 0.2mol.% Nb_2O_5 를 첨가하여 N_2 분위기 하에서 소결하여 상온비저항을 air 분위기 소결과 비교하여 표 2.7에 나타내었다.

표 2.7에서 보면 전체적으로 air분위기가 N_2 분위기 소결보다 소결온도가 낮은 것을 알 수 있는데, 이는 N_2 분위기 소결시 소결과정중 찬 N_2 gas가 유입됨으로 인하여 소결온도가 높아진 것으로 보여진다. 또한 상온 비저항값은 air분위기보다 N_2 분위기가 낮은 비저항값을 나타내고 있다. 이러한 결과는 grain boundary에 존재하게 되는 Ba vacancy가 N_2 gas에 의해 결정립계로의 확산이 저지되기 때문이라 생각된다. 이러한 Ba vacancy의 영향은 소결온도와 시간, 냉각속도에 의해서도 크게 좌우된다.

표 2.7 Air와 N_2 분위기 소결의 비저항비교

Air 분위기		N_2 분위기	
소결온도 및 시간 (냉각속도)	저항($\Omega \cdot \text{cm}$)	소결온도 및 시간 (냉각속도)	저항($\Omega \cdot \text{cm}$)
1175°C, 30분 (300°C/hr.)	43M	1250°C, 10분 (300°C/hr.)	53.6K
1175°C, 1시간 (300°C/hr.)	170M	1250°C, 30분 (100°C/hr.)	1374K
1200°C, 10분 (300°C/hr.)	184M	1250°C, 1시간 (300°C/hr.)	561.7K
1200°C, 30분 (300°C/hr.)	190M	1250°C, 1시간 (100°C/hr.)	7.8K

표 2.7에서 보면 air분위기 소결시 소결온도가 같은 경우 소결시간이 긴 경우의 상온 비저항값이 커지는 것으로 보이나 N₂ 분위기 소결시에는 이와 반대현상을 나타내는 것을 볼 수 있다. 이는 air분위기 소결시 소결시간이 길어짐에 따라 Pb의 휘발이 증가하여 생성된 Ba vacancy의 결정립내의 확산이 증가되기 때문에 상온비저항이 높아지는 것으로 생각된다.

그러나 냉각속도에 의한 상온 비저항값의 변화는 분위기에 상관없이 냉각속도가 느릴수록 상온비저항이 커지는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 Ba vacancy의 영향으로 보여지며, 소결중 N₂ gas는 Pb의 휘발을 억제해 결정립내의 Ba vacancy 생성을 억제하기 때문인 것으로 사료된다. 또한 이러한 결과는 분위기 소결과 무관하게 냉각과정중 결정립계에서 생성된 Ba vacancy는 냉각속도가 느릴수록 결정립내로 확산해 들어가는 높은 상온 비저항이 나타나는 것으로 보인다.

따라서, 상온비저항 값은 공기분위기 소결보다는 N₂ 분위기에서 더 낮은 상온비저항 값을, 냉각속도는 빠를수록 낮은 상온비저항값을 나타내는 것을 알 수 있다.

3.4 소결시간 및 냉각속도에 따른 R-T curve

앞의 실험결과로 얻은 최적조성 $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.6})\text{TiO}_3 + 0.2\text{mol.}\% \text{Nb}_2\text{O}_5 + 2\text{mol.}\% \text{SiO}_2$ 시료의 소결온도에 따른 R-T curve를 그림 2.30에 나타내었다.

1250℃에서 소결시간이 증가함에 따라 상온 비저항은 낮아지며, jump order는 감소하는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 소결시간 증가에 따라 N_2 gas에 의해 휘발하지 못한 Pb가 용융되어 grain 크기가 커짐에 따라 나타나는 현상으로 보여진다.

또한 jump order의 감소는 grain 크기의 증대에 따라 grain boundary의 영역이 감소하기 때문으로 보여진다.

따라서 최적 소결온도는 1250℃, 1시간으로 생각된다.

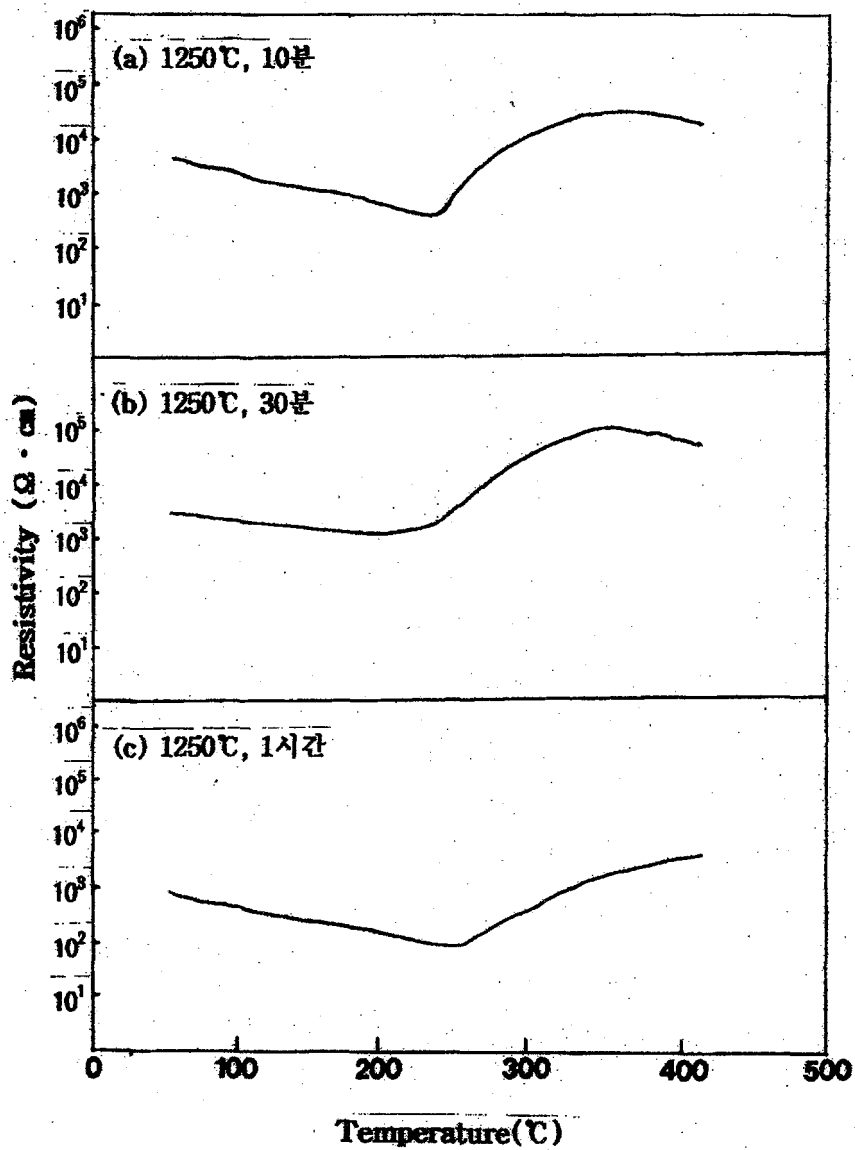


그림 2.30 $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.6})\text{TiO}_3 + 0.2\text{mol.}\%\text{Nb}_2\text{O}_5 + 2\text{mol.}\%\text{SiO}_2 + 0.168$
 $\text{mol.}\%\text{Al}_2\text{O}_3$ 조성의 소결시간에 따른 R-T curve
 (N_2 분위기소결)

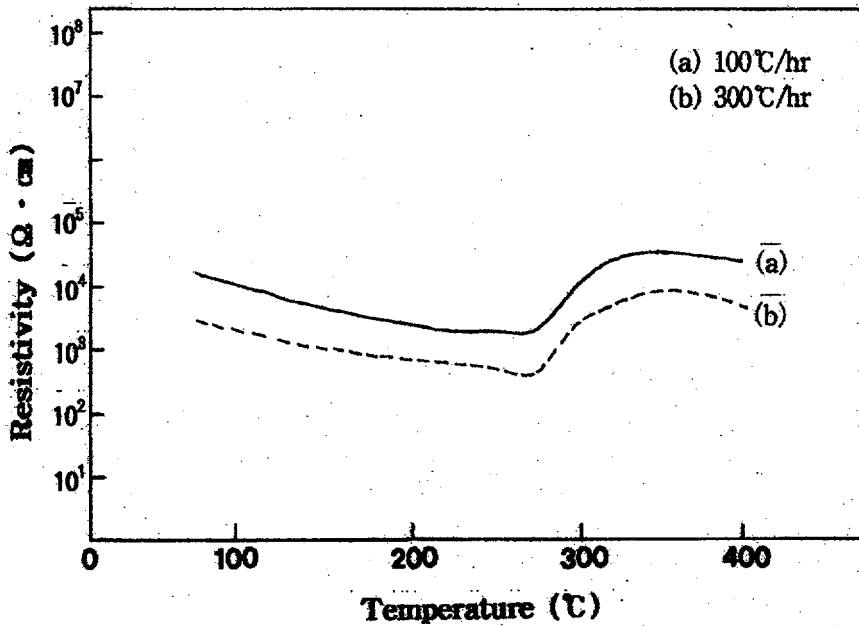


그림 2.31 $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.6})\text{TiO}_3 + 0.2\text{mol.}\% \text{Nb}_2\text{O}_5 + 2\text{mol.}\% \text{SiO}_2 + 0.168\text{mol.}\% \text{Al}_2\text{O}_3$ 조성의 냉각속도에 따른 R-T curve

그림 2.30의 최적 소결조건인 1250°C , 1시간으로 소결한 $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.6})\text{TiO}_3 + 0.2\text{mol.}\% \text{Nb}_2\text{O}_5 + 2\text{mol.}\% \text{SiO}_2 + 0.168\text{mol.}\% \text{Al}_2\text{O}_3$ 시편의 냉각속도에 따른 R-T curve를 그림 2.31에 나타내었다.

냉각속도를 100°C/hr 로 한 경우에 비해 300°C/hr. 으로 한 경우가 전반적으로 낮은 상온 비저항을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 이러한 경향은 앞의 설명과 같이 냉각속도를 증가시킴에 따라 grain boundary의 Ba vacancy가 결정립내로 확산됨에 따라 상온 비저항이 증가하는 것으로 보인다. 따라서, 낮은 상온 비저항을 유도하기 위해서는 빠른 냉각, 즉 300°C/hr. 의 경우가 양호한 특성을 나타내는 것으로 보인다.

3.5 표면온도측정

표 2.8은 제작한 PTC의 전압에 대한 온도변화를 나타낸 것이다.

3~9V까지 0.5V Step으로 전압을 변화시키며 소자의 표면온도를 측정한 결과 인가전압 5V에서 약 300~330℃ 정도의 가장 높은 값을 나타내어 당초의 목표였던 250℃보다 훨씬 높은 온도를 나타냈다.

또한, 단위면적(1mm³)당 전력소모는 약 50~60mW정도로 나타나 기존의 가스센서에 사용되고 있는 heater보다 1/3~1/4 이하로 전력손실을 감소시킬 수 있는 것으로 나타났다.

표 2.8 전압에 대한 소자 표면온도 측정

V [V]	표면온도 [℃]		
	Sample 1	Sample 2	Sample 3
3.0	237	257	192
3.5	260	268	214
4.0	310	287	279
4.5	334	342	302
5.0	332	324	295
5.5	310	313	293
6.0	305	306	292
6.5	303	304	289
7.0	301	302	290
7.5	300	303	291
8.0	300	297	292
8.5	299	302	292
9.0	298	303	293

제 3 절 후막형 소자의 각종 첨가물에 대한 연구 및 구조개선

반도체식 후막형 가스센서의 제조를 위한 공정은 크게 센서 페이스트 제조공정과 후막 스크린 인쇄공정 그리고 소자시험 및 패키징 공정으로 나눌수 있으며 이중에서 센서 페이스트 제조공정은 다시 가스감지물질 제조공정과 강화제 및 저항조절용 물질 첨가 그리고 인쇄를 위한 바인더 제조공정으로 나눌 수 있다.

본 연구에서는 기존의 제조공정을 개선하여 보다 우수한 성능의 센서 소자를 제조하기 위해 EDX, XRF, XRD, BET, TEM, SEM분석을 통한 모물질의 선정 및 스크린 인쇄공정조건, 촉매의 함량조절과 강화제, 저항 조절재료의 첨가등에 있어서의 최적조건을 찾아내도록 하였다.

1. 감지물질의 선정

반도체식 후막형 가스센서의 제조공정 개선을 위해서 검토된 감지재료인 SnO_2 Powder는 총 5가지로서 기존의 방법인 공침법에 의해서 제조된 Powder와 상용화된 Powder로서 독일의 BDH, 일본의 고순도화학, Raremetallic 그리고 KIST에 의뢰해서 제작한 Nano Powder를 기본 재료로 하여 촉매를 첨가한 후 함침법으로 제작하였다.

공침법과 함침법에 의한 모물질의 제조공정도를 표 2.9와 표 2.10에 각각 나타내었으며, 표 2.11과 그림 2.32는 Powder별 Paste조성 및 제조조건과 페이스트의 소성공정도를 나타낸 것이다.

표 2.9 공침법을 이용한 모물질의 제조공정도

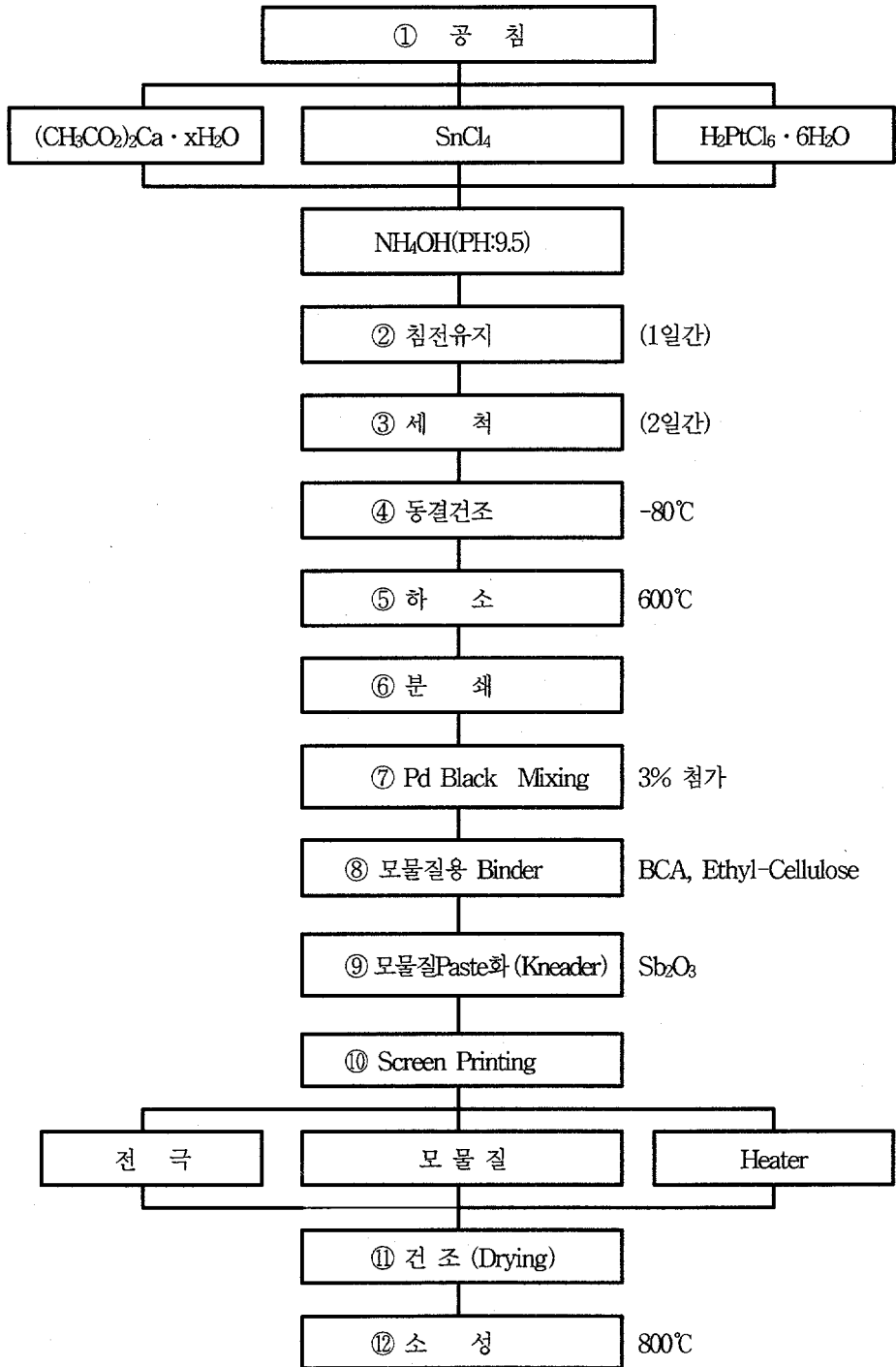


표 2.10 함침법을 이용한 모물질의 제조공정도

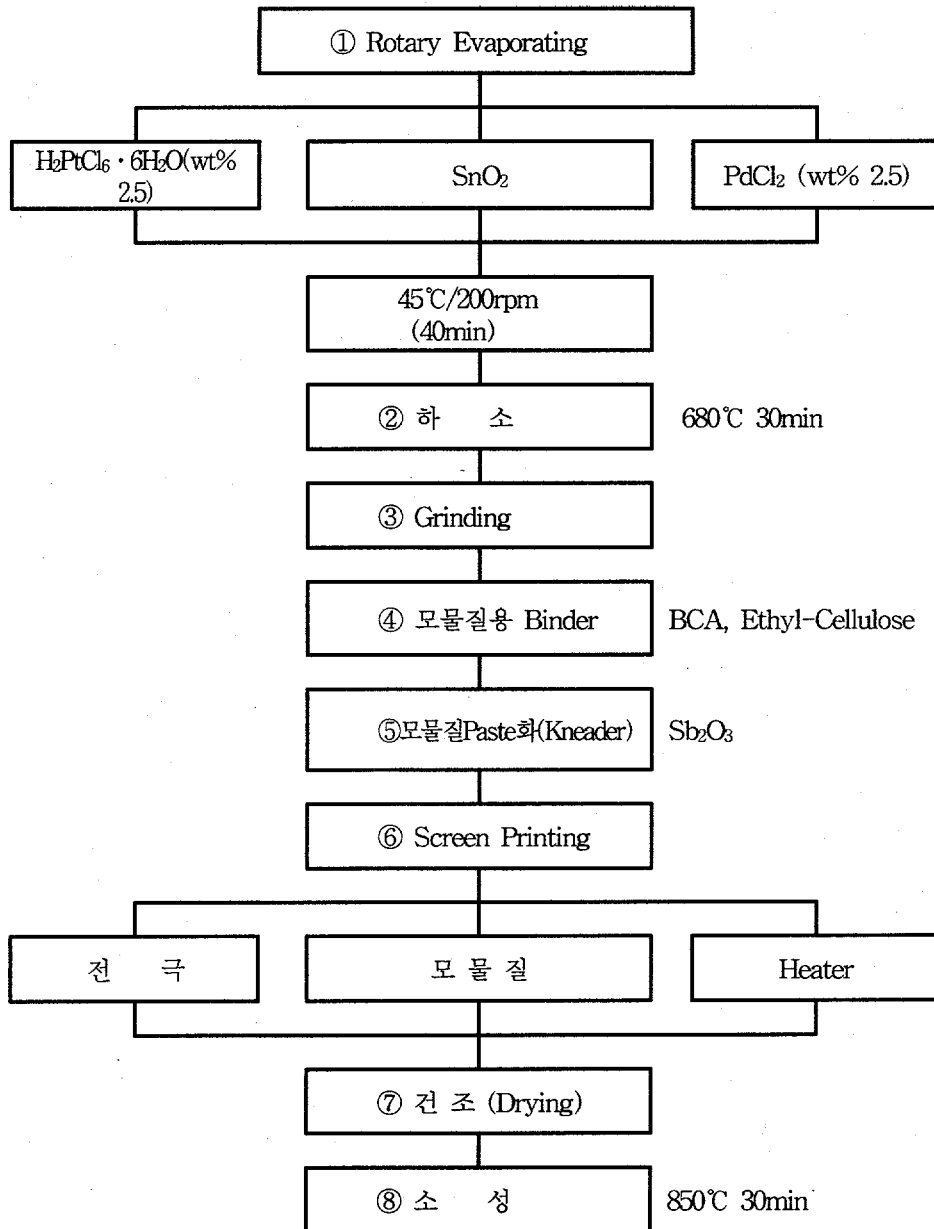


표 2.11 Powder별 Paste 조성 및 제조조건표

Paste	공 침 법	Raremetallic	고순도 화 학	BDH	Nano Powder
Paste Rate	7 : 3	7.5 : 2.5	8 : 2	7 : 3	7.5 : 2.5
색상	흑색	진한 살색	황토색	엷은 살색	짙은 회색
점도	묽음	적당	적당	적당	적당
Pt(1wt%)	$H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$				
Pd(3wt%)	Pd Black	$PdCl_2$	$PdCl_2$	$PdCl_2$	$PdCl_2$
Mass	9.8g	11.4g	10.3g	11.3g	2.3g
Made by	동광기연	제조원	제조원	제조원	KIST

SnO₂ Paste Firing Profile

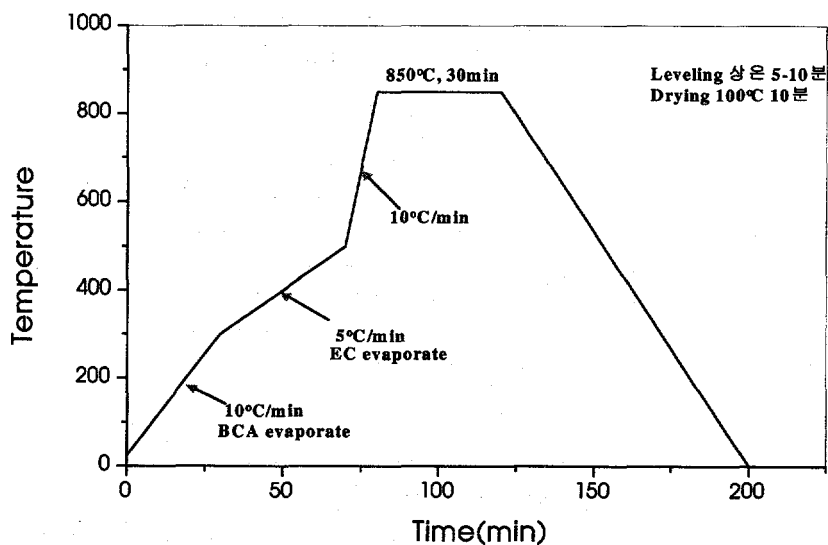


그림 2.32 페이스트의 소성공정도

표 2.12는 각시료의 EDX, XRF, XRD, BET 분석결과를 요약한 것이다. EDX분석결과 고순도, BDH, Nano의 경우 99%의 높은 값을 보였으며, Raremetallic의 경우 96~98%를 나타냈다. BET분석결과 비표면적이 고순도, BDH, Nano의 시료는 $2\sim13\text{m}^2/\text{g}$ 으로 적은 값을 보이고 공침법과 Raremetallic의 경우는 $30\sim42\text{m}^2/\text{g}$ 로 위보다는 높은 값을 보였다. 또한, XRD분석결과 측정시료 모두가 tetragonal 상으로 나타났으며, 그 결과를 그림 2.33, 그림 2.34, 그림 2.35, 그림 2.36, 그림 2.37, 그림 2.38에 나타냈다.

표 2.12 공침법과 함침법에 의해 제조된 시료의 물성분석

Material	EDX(%)	XRF(%)	XRD	BET (m^2/g)	Cl농도 (wt%)
공침-1	96		Tetragonal	42	
공침-3	97	85		38	0.086
Raremetallic	98	99		30	0.012
고순도	99			13	
BDH	99	95		6	0.006
Nano	99			2	

그림 2.39와 그림 2.40, 그림 2.41, 그림 2.42, 그림 2.43, 그림 2.44는 공침법과 함침법에 의해 제조된 모물질의 TEM 분석 및 SEM분석결과를 각각 나타낸 것이다.

TEM 분석결과 고순도화학, BDH, Nano Powder의 경우 미세한 분말을 함침시키는 과정에서 입자의 성장 및 amorphous상태를 보이는 것으로 사료되며, 공침법의 경우 입자의 agglomeration(응집)현상이 나타났고, raremetallic은 입자크기가 공침법과 유사하며 안정되게 나타나는 것으로 판단된다.

SEM분석결과 Nano Powder의 경우 부분적으로 균열(CRACK)이 발생한 것을 볼 수 있었고, Raremetallic과 BDH의 경우에도 기공현상이 나타나고 있는 것으로 관측되었으며 공침법과 고순도화학이 비교적 양호한 표면상태를 보였다.

위에서 전술한 측정결과를 토대로 하여 비표면적이 크게 나타났던 공침법, Raremetallic과 amorphous현상이 큰 BDH를 측정시료로 선정하여 XRF, CI분석으로 재확인하였다.

SnO₂의 함량측정을 위한 XRF분석결과 공침법은 85%, Raremetallic 99%, BDH 95%의 측정값을 얻었으며, 가스감응도의 영향을 미치는 CI기의 함유량을 알아보기 위한 측정결과에서는 공침법 (0.086wt%) > Raremetallic (0.012wt%) > BDH (0.006wt%)의 순으로 나타났다.

위의 결과를 토대로 하여 가스감도와 선택성 면에서 우수한 특성을 나타내는 것으로 판단되는 일본 Raremetallic사의 SnO₂ Powder를 최종적으로 선정하였다.

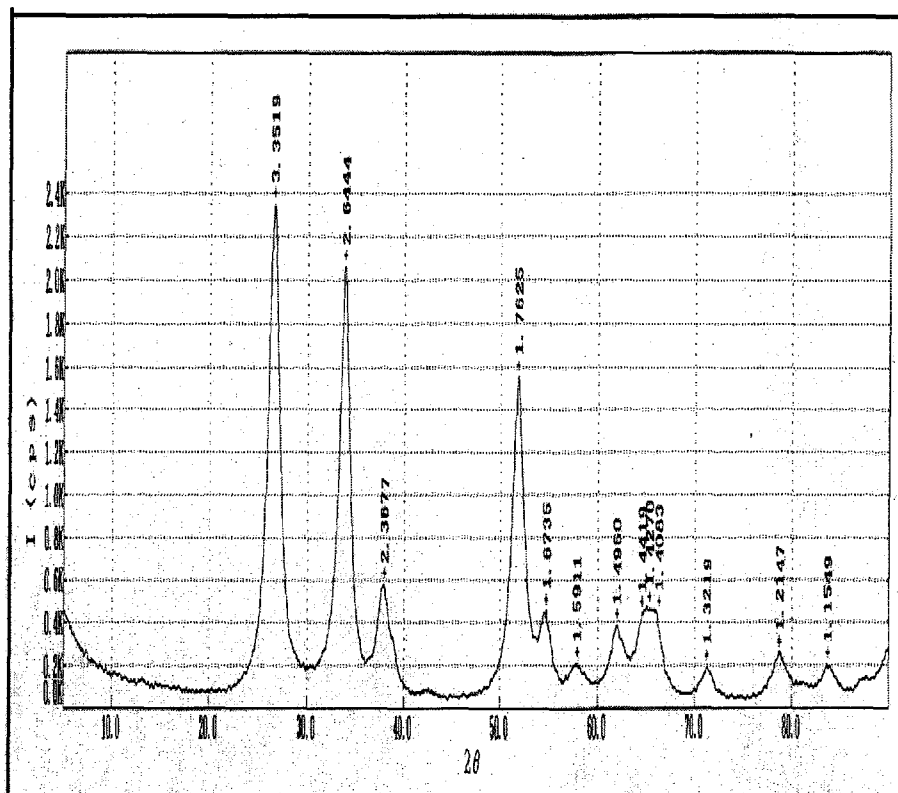


그림 2.33 원료분말별 XRD 분석결과 (공침법 1)

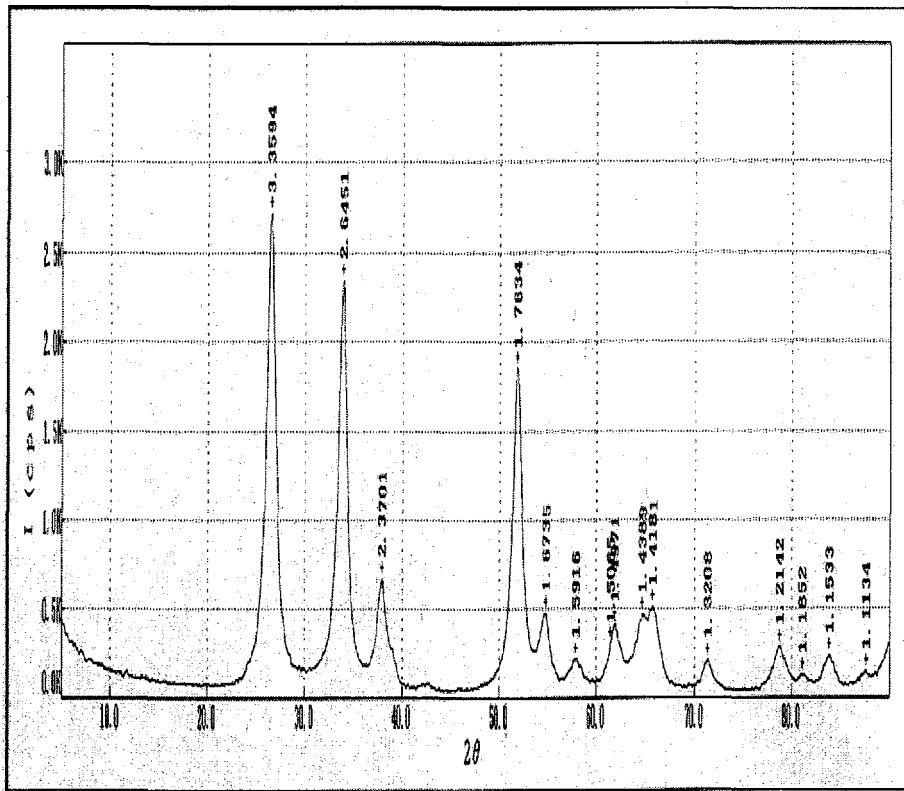


그림 2.34 원료분말별 XRD 분석결과 (공침법 2)

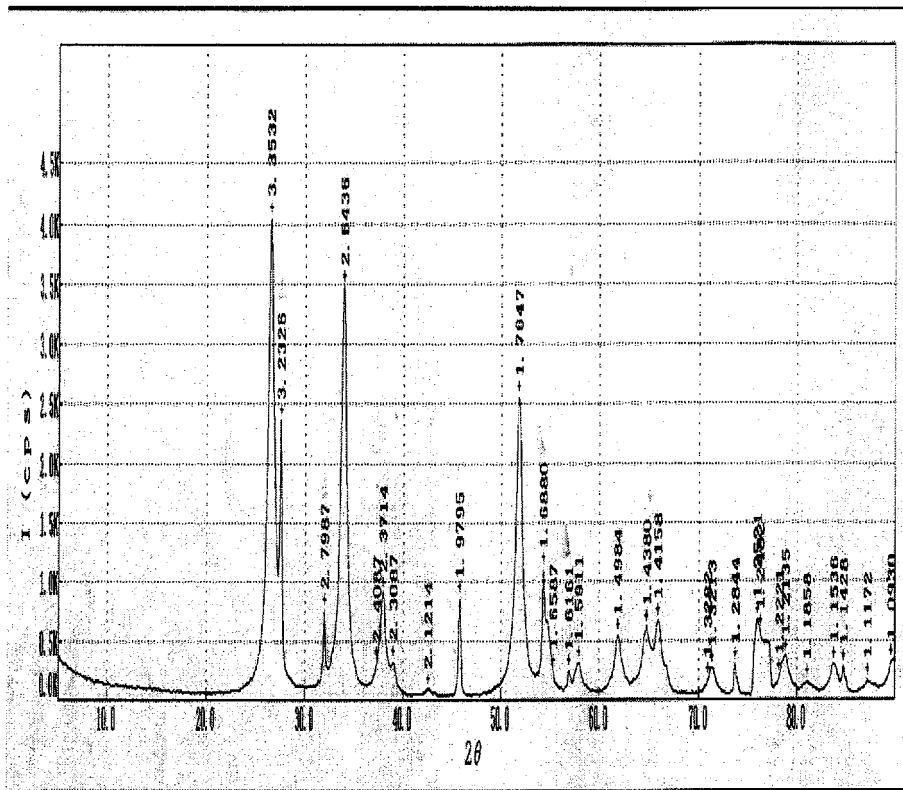


그림 2.35 원료분말별 XRD 분석결과 (Raremetallic)

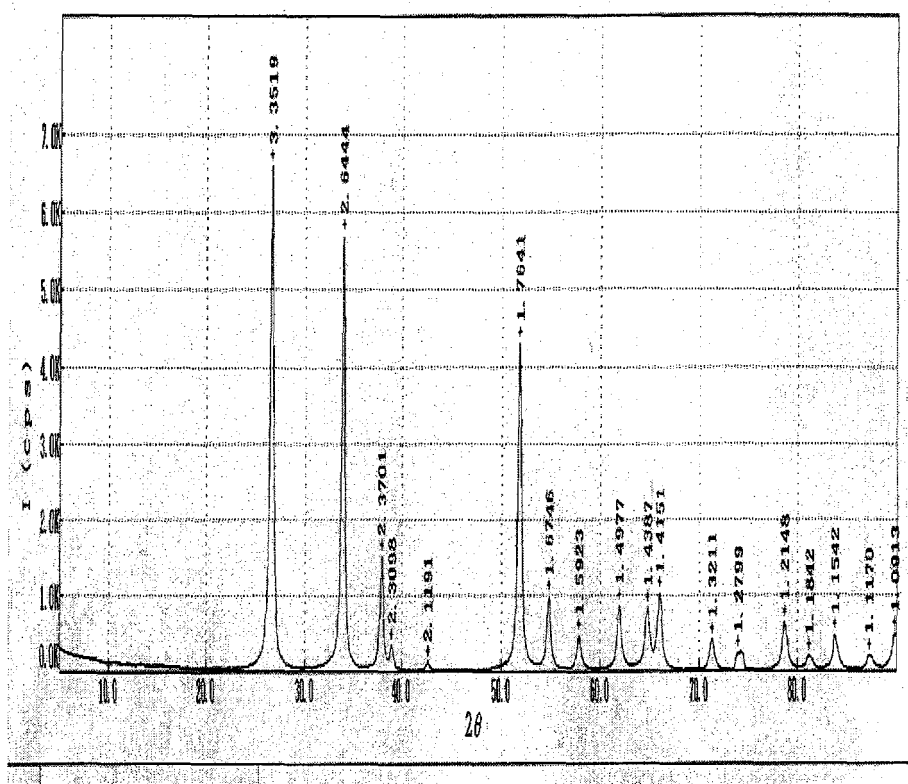


그림 2.36 원료분말별 XRD 분석결과 (고순도화학)

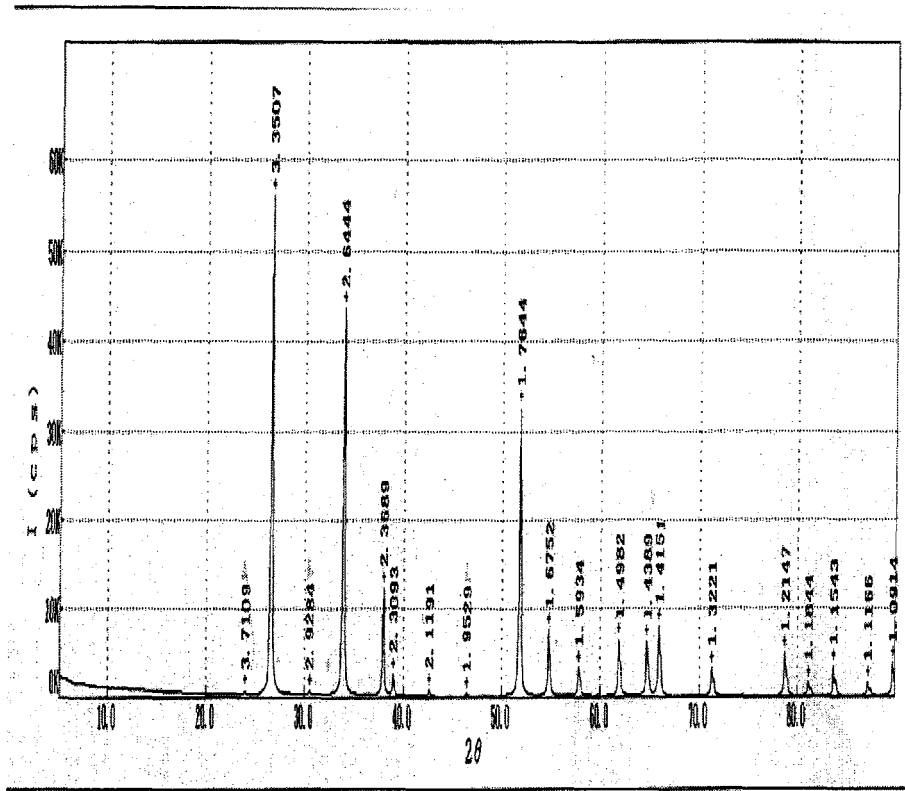


그림 2.37 원료분말별 XRD 분석결과 (BDH)

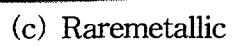
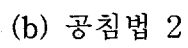
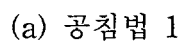
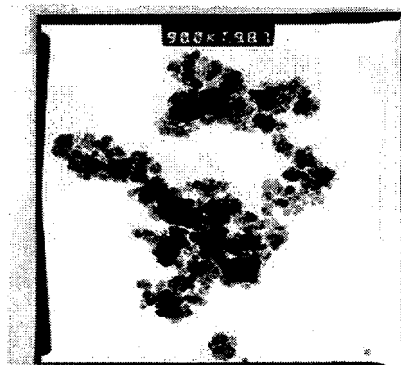


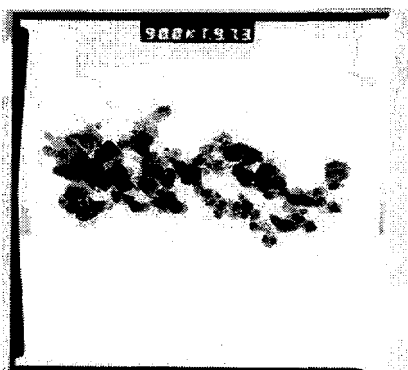
그림 2.39 공침법과 함침법에 의해 제조된 모물질 TEM 사진 (1)



(d) 고순도 화학

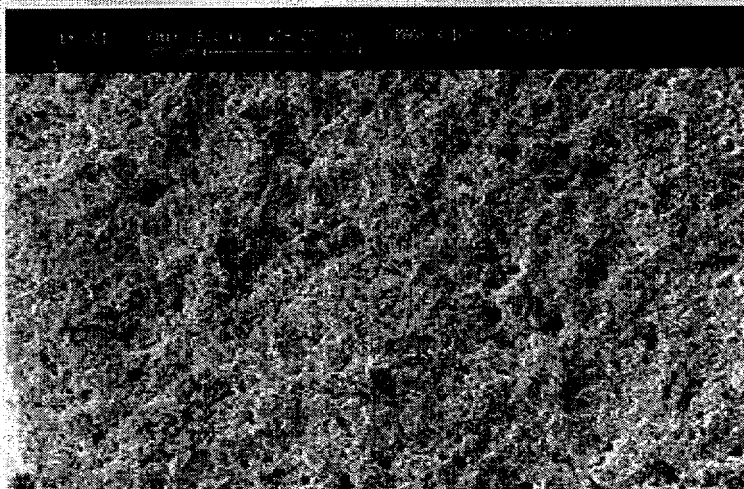


(e) BDH chemical

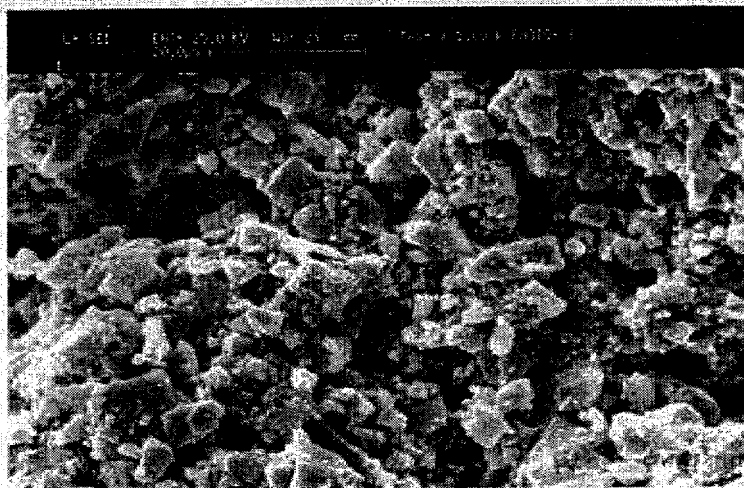


(f) Nano powder

그림 2.39 공침법과 함침법에 의해 제조된 모물질 TEM 사진 (2)

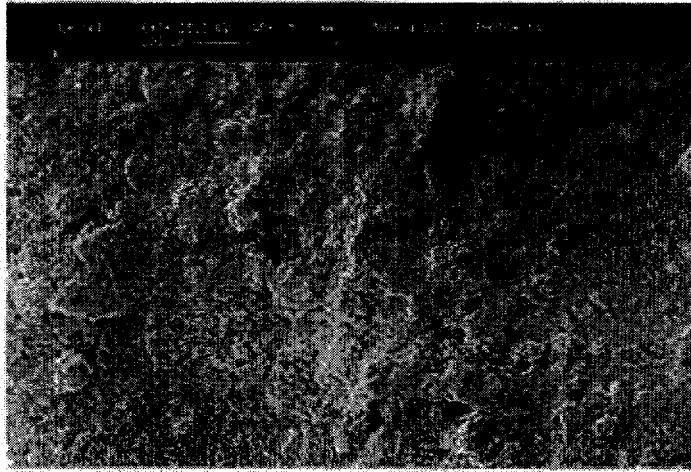


(× 100)



(× 1000)

그림 2.40 소결후의 표면미세구조 (공침법제조)

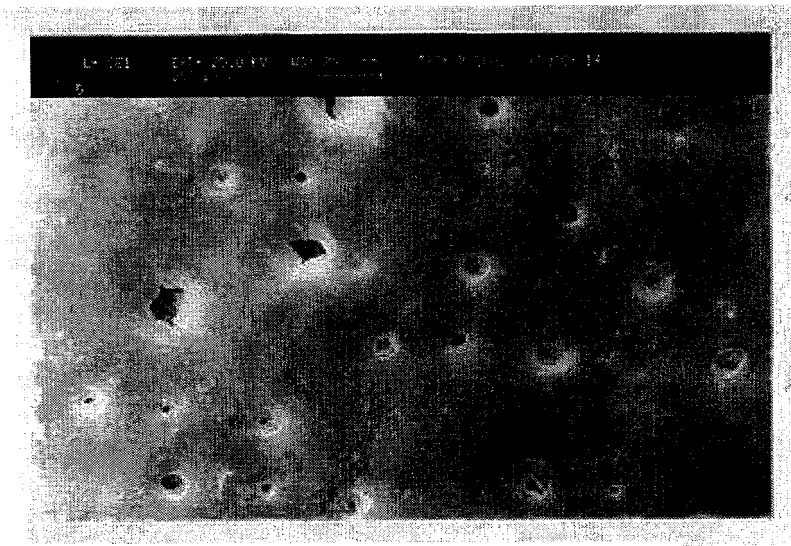


($\times 100$)

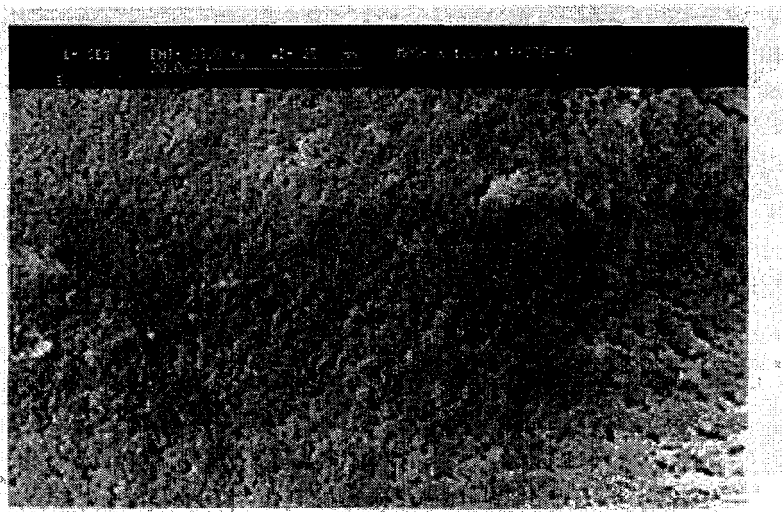


($\times 1000$)

그림 2.42 소결후의 표면미세구조 (고순도화학)



(× 100)



(× 1000)

그림 2.43 소결후의 표면미세구조 (BDH)

2. 히터재료 및 구조개선

후막 스크린 인쇄공정에서는 먼저 기존의 히터인쇄용 스크린을 이용해 인쇄한 히터의 저항을 측정하여 문제점을 분석한 후 보다 개선된 특성을 얻기 위해 새로운 인쇄 스크린을 2회 제작하여 성능비교를 하여 최적의 인쇄공정을 확립할 수 있도록 하였다. 히터의 저항은 센서의 성능을 좌우하는 기본특성으로서 지나치게 높을 경우 과도한 소모전력및 센서의 감응특성을 저하시키는 요인이 되므로 우수한 센서소자를 제조하기 위해서는 먼저 이에 대한 최적조건이 확립되어져야 한다.

기존의 히터인쇄용 스크린을 이용한 히터의 인쇄조건 및 저항측정결과를 표 2.13과 표 2.14에 각각 나타내었다.

표 2.13 기존의 히터인쇄용 스크린을 사용한 히터의 인쇄조건

히터의 사용재료	RuO ₂
사용마스크	Size : 430×430
사용기판	Al ₂ O ₃ (순도 : 96%, 5×5cm, 0.4t)
스크린인쇄기	DEK社 (영국)
건조조건	100℃에서 10min간 건조 (승온속도 : 10℃/min)
건조기	Dry Oven (중앙전자)
소성조건	850℃에서 10min간 유지 (승온속도 : 34℃/min) 전체 소성시간 45min.
소성로	BTU (USA)

표 2.14 기존의 히터인쇄용 스크린으로 인쇄한
히터의 저항측정결과 (단위 : Ω)

138.2	115.4	115.2	117.6	151.2	180.3
157.1	122.7	118.2	120.2	144.1	142.4
158.3	128.1	120.1	130.0	142.1	150.3
162.1	133.4	126.8	131.0	138.6	138.3
161.6	128.8	123.9	128.9	141.0	134.4
164.5	134.0	133.0	131.3	135.7	127.8
158.9	140.1	132.3	132.8	135.7	123.6
167.1	126.8	131.8	131.6	135.1	126.5
160.0	137.3	131.8	130.7	130.1	129.6
168.0	146.3	129.9	135.2	132.0	125.5
173.2	150.7	137.2	142.7	130.3	122.4
175.8	153.0	143.5	143.6	132.9	116.5

히터의 저항측정결과 평균 138Ω 정도로 매우 높게 나타났고, 기판의 좌측에 인쇄된 히터의 경우 평균값보다 약 30Ω 정도 더 높은 저항분포를 보였는데 이와 이 나타난 히터저항을 수십 Ω 대로 감소되어야 센서소자에 적용되어질 수 있을 것으로 분석된다.

위의 시험결과를 통해 드러난 문제점을 개선하기 위해 2차에 걸쳐 새로운 스크린을 제작하였으며, 공정에 들어가기에 앞서 소자의 크기 및 히터의 사용재료를 교체하였다.

먼저 소자의 크기를 기존의 $4 \times 2\text{mm}$ 에서 $3 \times 2.5\text{mm}$ 로 변경하였으며, 히터의 재료로는 기존의 RuO_2 대신 Pt를 사용하기로 했는데 이는 균일한 가열 및 온도분포를 얻기 어려운 RuO_2 의 단점을 보완하기 위한 것으로 안정성이 뛰어난 Pt를 새로 선정하였다. 그림 2.45는 새로 설정한 Al_2O_3 기판의 패턴을 나타낸 것이며, 그림 2.46, 그림 2.47, 그림 2.48, 그림 2.49는 그림 2.50은 1차 제작한 히터 및 히터전극 인쇄용 스크린패턴을 나타낸 것이다.

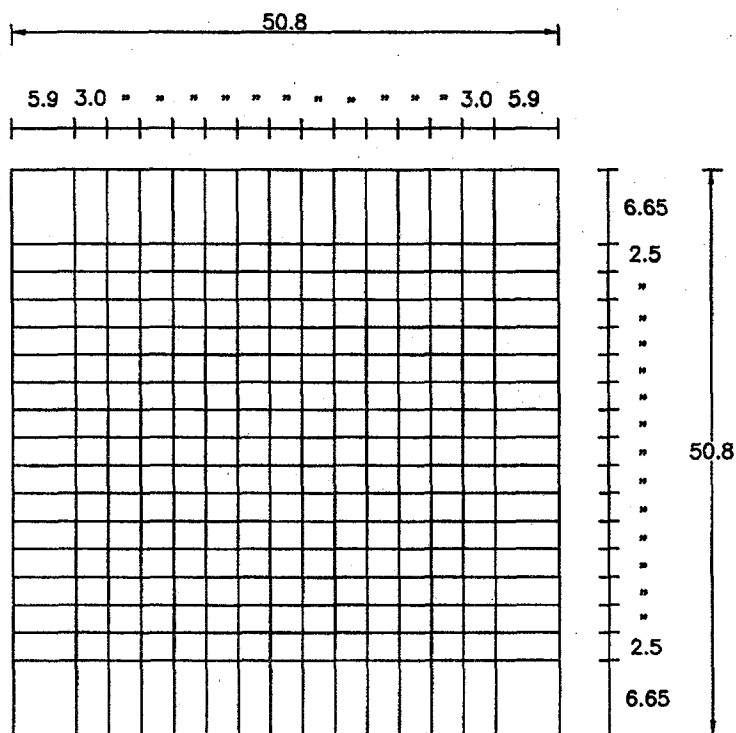


그림 2.45 Al_2O_3 패턴

(SuS)MESH : #325
 EMULSION : 37.5 μ m

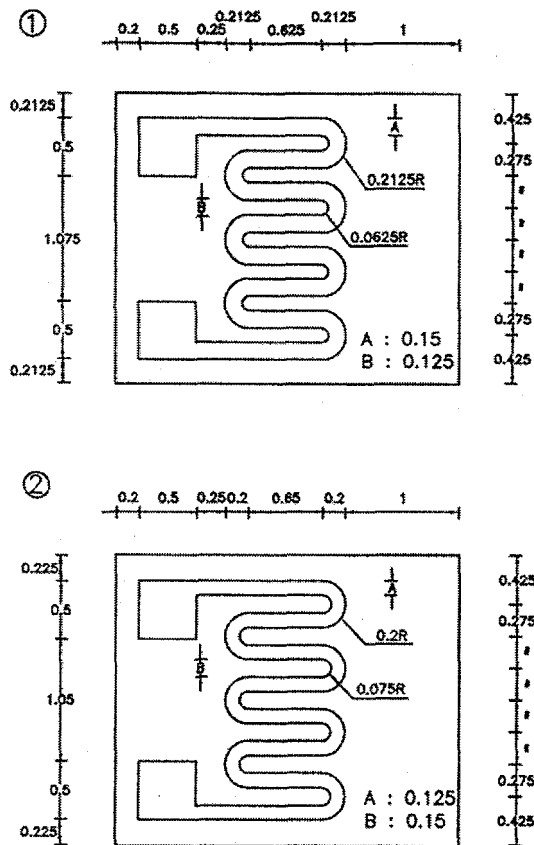


그림 2.46 1차 제작한 히터인쇄용 스크린패턴

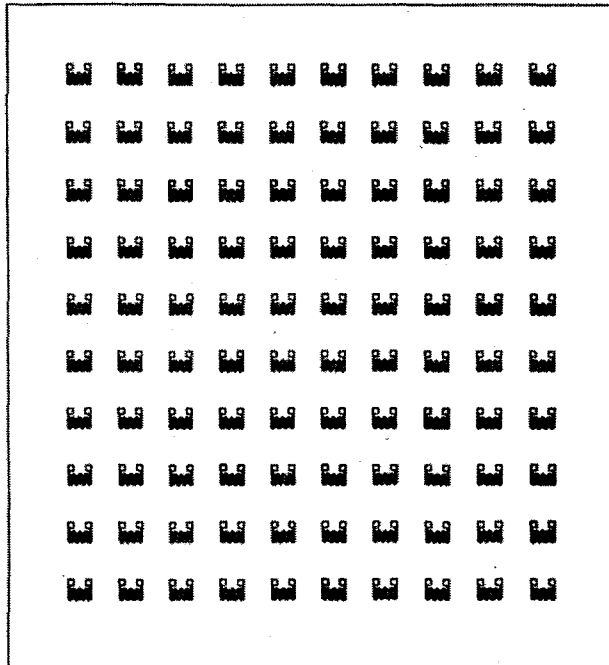


그림 2.47 1차 제작한 히터인쇄용 스크린 패턴

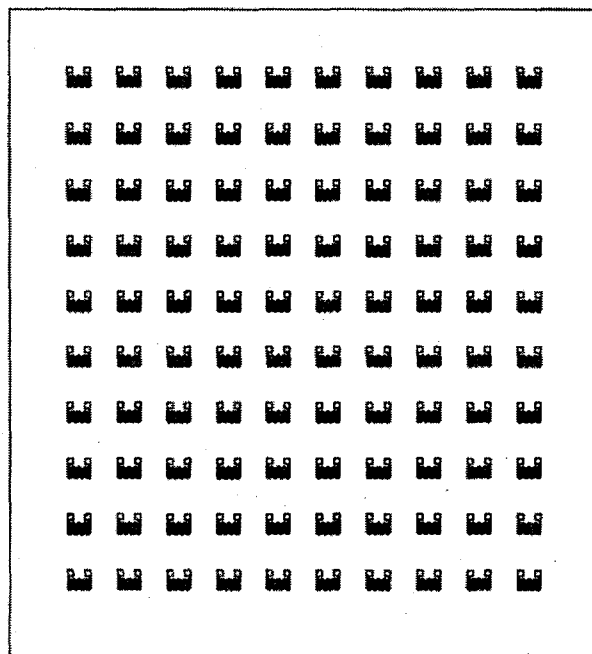


그림 2.48 1차 제작한 히터인쇄용 스크린 패턴

(SuS)MESH : #325
EMULSION : 18um

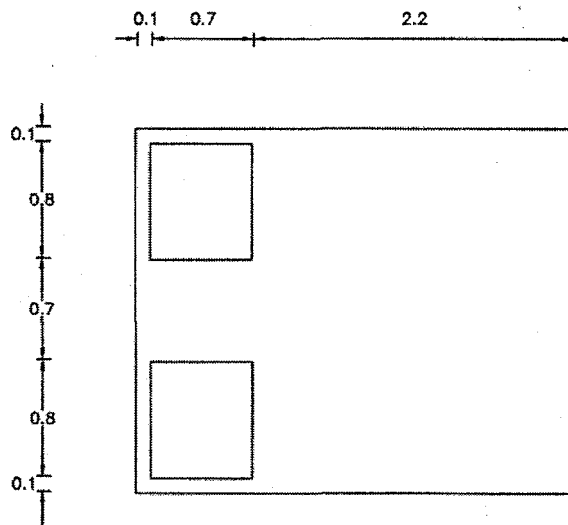


그림 2.49 1차 제작한 히터전극 인쇄용 스크린 패턴

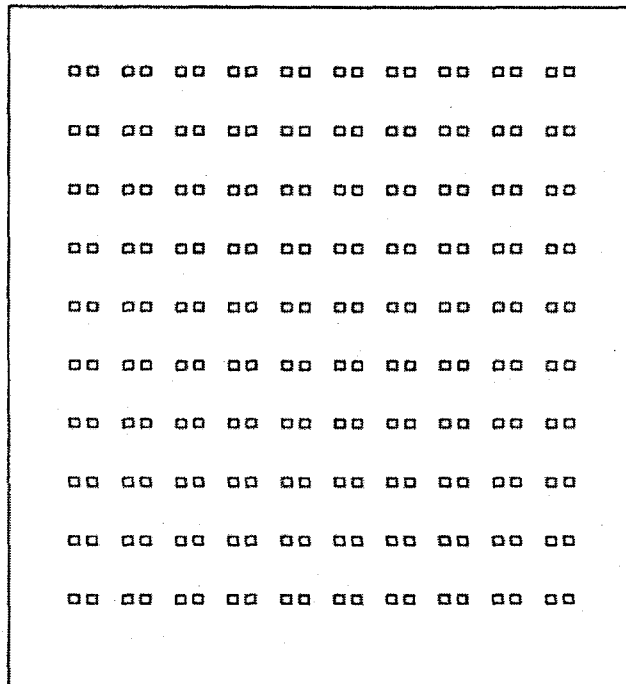


그림 2.50 1차 제작한 히터전극 인쇄용 스크린 패턴

위와 같이 새로 제작한 히터인쇄용 스크린을 이용해 Pt히터를 인쇄한 후 저항을 측정하였으며, 그 결과를 표 2.15에 나타내었다.

표 2.15 1차 제작한 히터인쇄용 스크린으로 인쇄한
Pt히터의 저항분포 (단위 : Ω)

5.7				8.1					8.9
	5.4			8.2				8.5	
		7.2		8.6			8.6		
			7.5	7.2		8.4			
6.5	5.7	5.5	8.3	7.4	8.3	8.8	8.6	8.5	9.0
				-	7.7				
			6.7	7.6		8.5			
		5.4		7.4			7.9		
	5.5			-				9.4	
7.6				5.8					6.6

측정결과 평균 6~9 Ω 정도의 현저히 낮은 값을 보여 기존의 히터인쇄용 스크린을 사용해 RuO₂히터를 인쇄했었던 시험결과와는 반대로 저항의 값을 높여주어야 할 것으로 분석되었다. 저항의 분포도 기판좌측(평균 6~7 Ω)과 비교해 우측(평균 8~9 Ω)이 약간 높게 나타나 일정하지 않았으며, 소결전 17~20 μm 정도를 나타내었던 히터의 두께가 소결(980℃에서 10min간 유지)후 6~8 μm 정도로 크게 감소하는 현상을 보였다.

이와 같이 드러난 문제점들을 보완하여 2차 스크린 제작을 새로 하였으며, 이 스크린을 이용해 각 물질의 인쇄조건을 결정하였다.

표 2.16은 1, 2차에 걸쳐 새로 제작한 히터인쇄용 스크린의 사양 및 인쇄조건을 나타낸 것이며 2차 제작한 히터인쇄용 스크린의 패턴을 그림 2.51, 그림 2.52에 나타내었다.

표 2.16 히터인쇄용 스크린사양 및 인쇄조건 (1차, 2차)

스 크 린	1차제작 스크린	2차제작 스크린
히터의 재료	Pt	Pt
Mesh (μm)	325	ST400
Mesh 두께 (μm)	58	49
Emulsion 두께 (μm)	37	20
인쇄, 건조후 두께 (μm)	17~20	16~17
소결조건	980℃, 10min 15℃/min	980℃, 10min 15℃/min
소결후 두께 (μm)	6~8	11~13

(SuS)MESH : #400
EMULSION : 20um

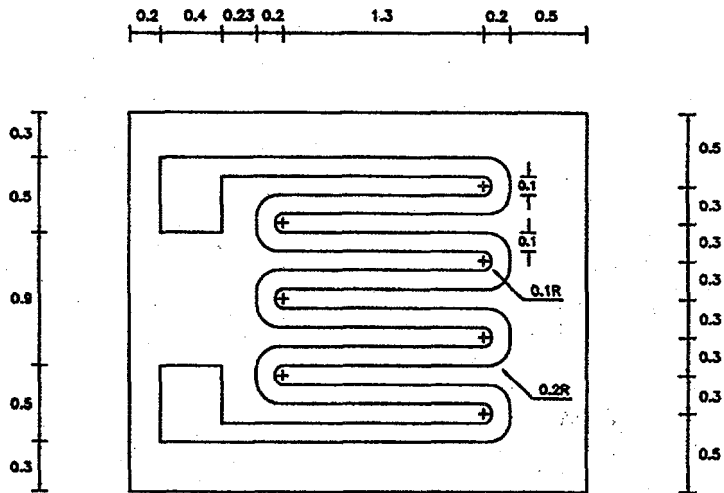


그림 2.51 2차 제작한 히터 인쇄용 스크린 패턴

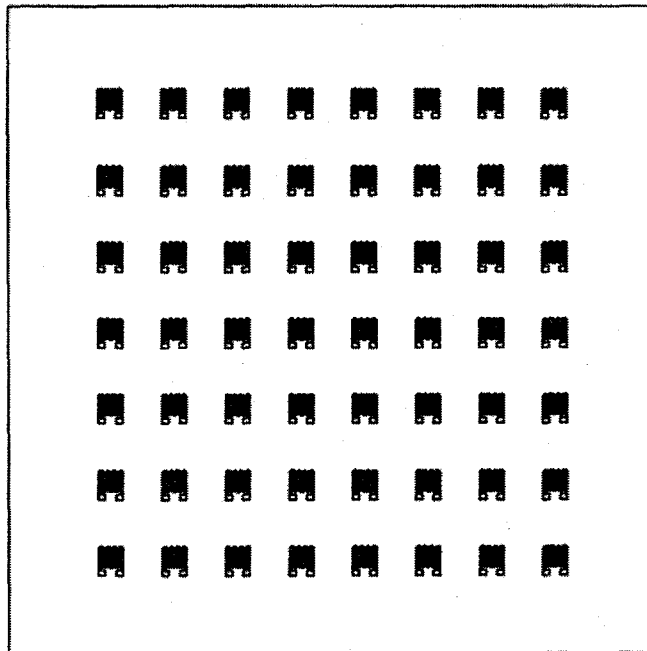


그림 2.52 2차 제작한 히터 인쇄용 스크린 패턴

3. 감지막의 최적 인쇄조건확립 및 촉매의 첨가에 따른 특성분석

함침법에 의해 제조된 소자의 고온에서의 가스감응특성 향상을 위하여 $H_2PtCl_6 \cdot 6H_2O$ 와 $PdCl_2$ (고순도화학적)의 촉매물질인 Pt, Pd를 사용하여 전기적 특성변화를 조사하였으며, 기존의 Pt:Pd 첨가량비인 1wt%:3wt%를 교체한 모물질 및 센서구조에 적합한 촉매의 첨가비로 변경하여 최적의 가스감응특성을 얻을 수 있는 조건을 찾아내도록 하였다.

또한, 히터인쇄용 스크린의 경우와 마찬가지로 감지막의 인쇄를 위한 스크린을 2차에 걸쳐 새로 제작하였으며, 2차 스크린 제작시 감지막의 전극을 Parallel형태와 IDT형태의 두 종류로 하여 감응특성에 미치는 영향을 알아보도록 하였다. 그 사양과 패턴을 표 2.17과 그림 2.53, 그림 2.54, 그림 2.55, 그림 2.56, 그림 2.57, 그림 2.58, 그림 2.59, 그림 2.60에 각각 나타내었다.

표 2.17 감지막 인쇄용 스크린의 사양 (1차, 2차)

스 크 린	1차제작 스크린	2차제작 스크린
감지물질의 재료	SnO_2	SnO_2
Mesh (μm)	150	Poly 150
Mesh 두께 (μm)	82	80
Emulsion 두께 (μm)	30	60
인쇄, 건조후 두께 (μm)	18~25	40~50
소결조건	850℃, 30min	850℃, 30min
소결후 두께 (μm)	15~20	28~30

(Al) MESH : #150
EMULSION : 30 μ m

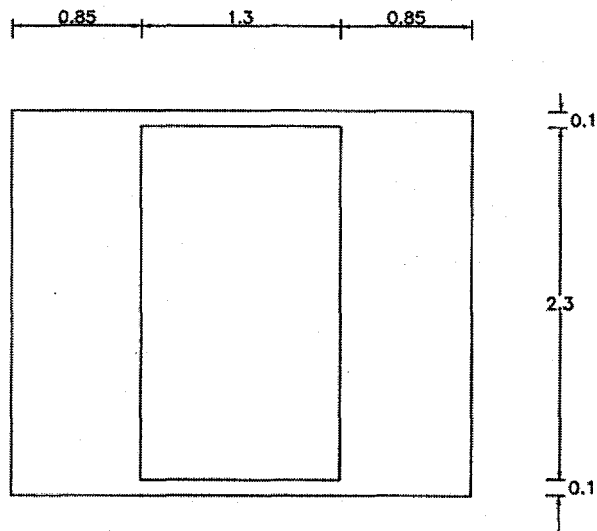


그림 2.53 1차 제작한 감지막 인쇄용 스크린 패턴

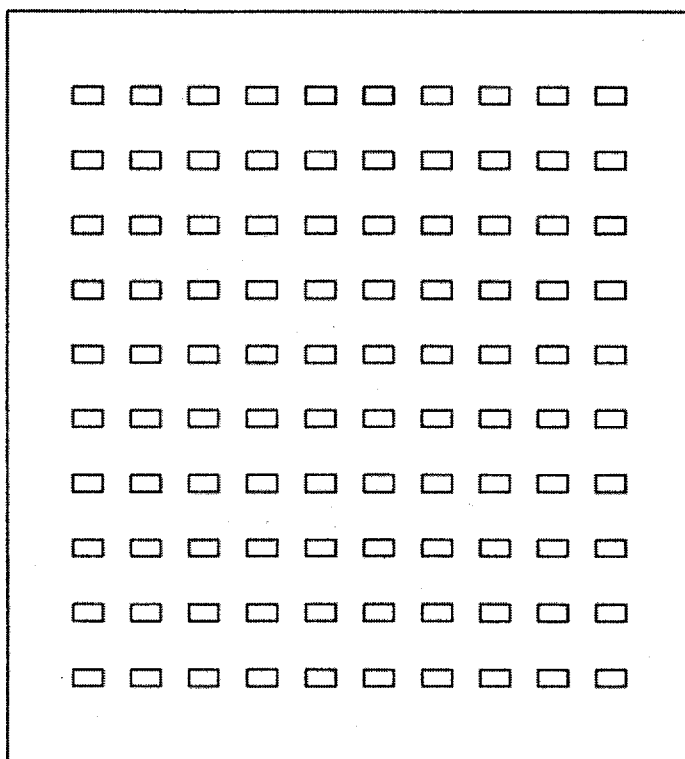
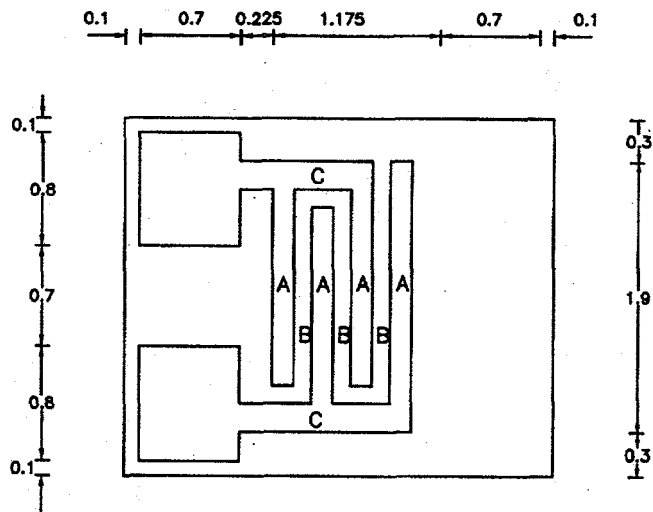


그림 2.54 1차 제작한 감지막 인쇄용 스크린 패턴

(SuS)MESH : #325
EMULSION : 18 μ m



A : 0.15
B : 0.125
C : 0.2

그림 2.55 2차 제작한 감지막 인쇄용 스크린 패턴

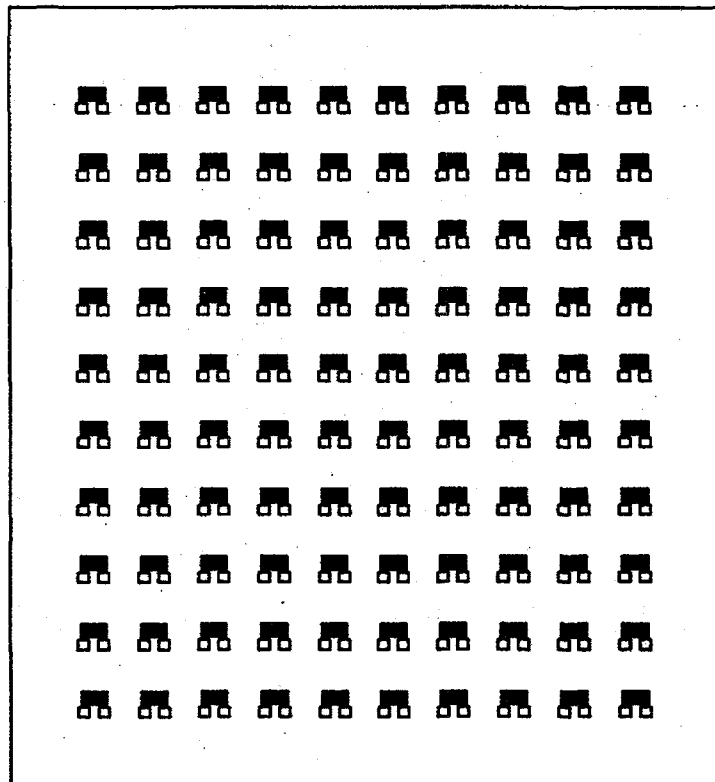


그림 2.56 2차 제작한 감지막 인쇄용 스크린패턴

(SuS)MESH : #325
EMULSION : 18 μ m

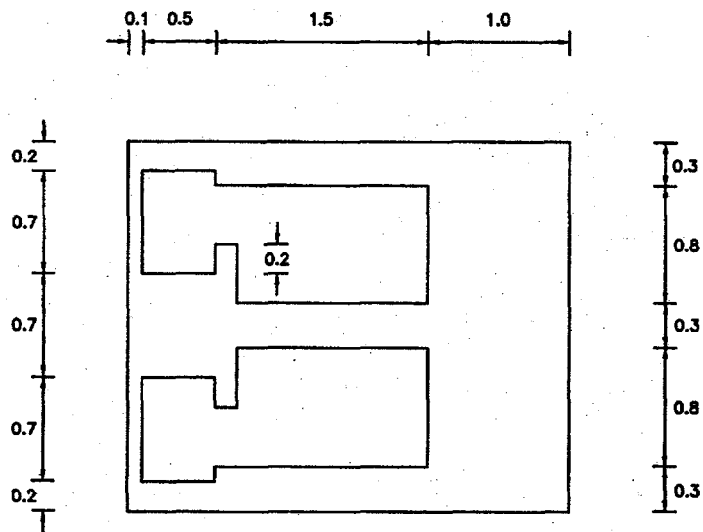


그림 2.57 2차 제작한 감지막의 전극인쇄용 스크린패턴(Parallel)

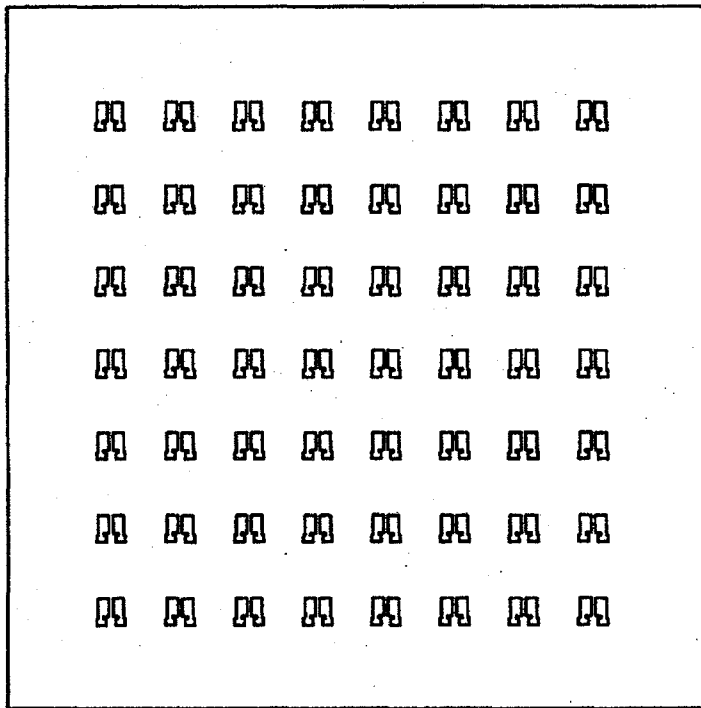


그림 2.58 제작한 감지막의 전국인쇄용 스크린 패턴(Parallel)

(SuS)MESH : #400
EMULSION : 18um

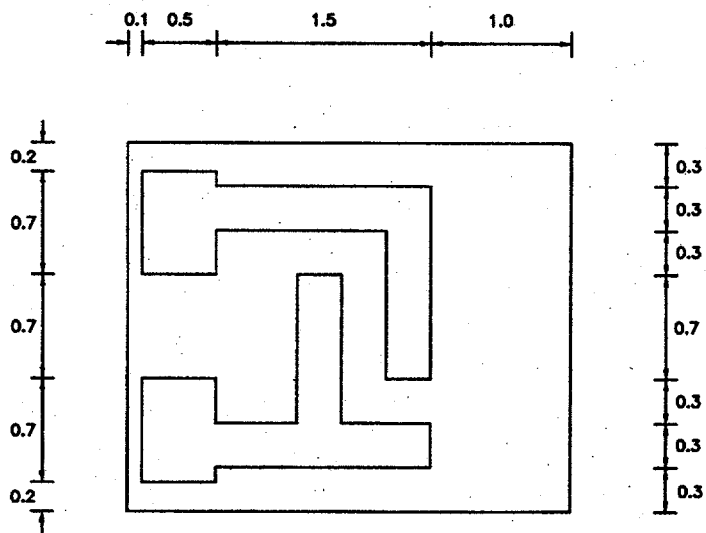


그림 2.59 2차 제작한 감지막의 전극인쇄용 스크린 패턴(IDT)

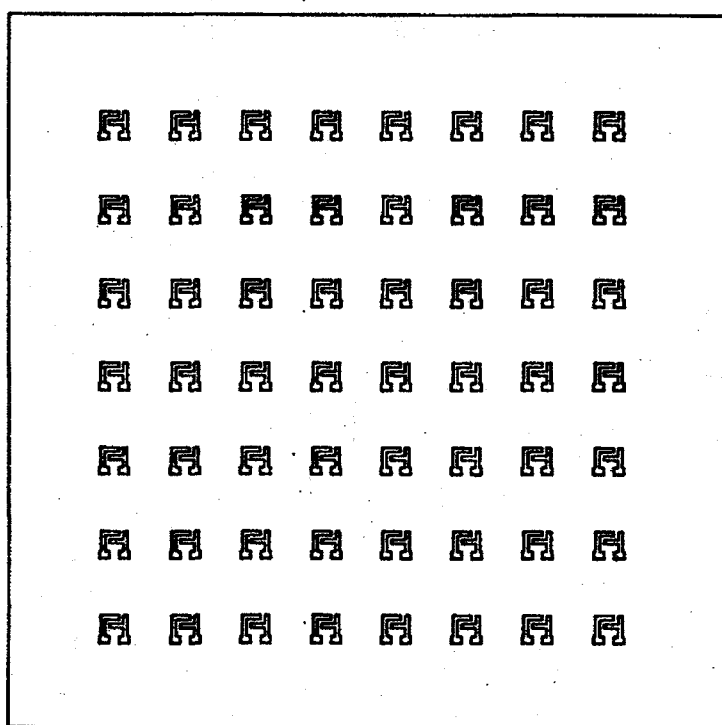


그림 2.60 2차 제작한 감지막의 전국인쇄용 스크린 패턴(IDT)

◆ SnO₂ 모물질과 전극의 최적 감지조건 개선 및 촉매함량비 설정

SnO₂의 최적의 가스감지를 위한 조건을 확립하기 위해 1차로 제작한 감지막 인쇄용 스크린을 이용해 시험을 하였으며, 먼저 촉매의 함량비 및 히터온도의 최적조건을 설정하였다.

촉매로 사용한 Pt와 Pd의 첨가함량비는 5wt%:0wt%, 3wt%:1wt%, 2.5wt%:2.5wt%, 1wt%:3wt%, 0wt%:5wt%의 5가지로 설정하여 소자를 제작하였고, 이에 따른 가스감응특성을 비교하였다.

그림 2.61은 히터의 온도변화와 Pt:Pd의 함유량의 변화에 따른 소자의 가스감응특성 측정결과이다.

히터의 온도를 300℃에서 420℃로 변화시켜가며 소자의 감응도를 측정 한 결과 420℃에서 가장 좋은 특성을 나타냈으며, Pt:Pd의 함유량은 2.5wt%:2.5wt%에서 가장 좋은 특성을 나타내었다.

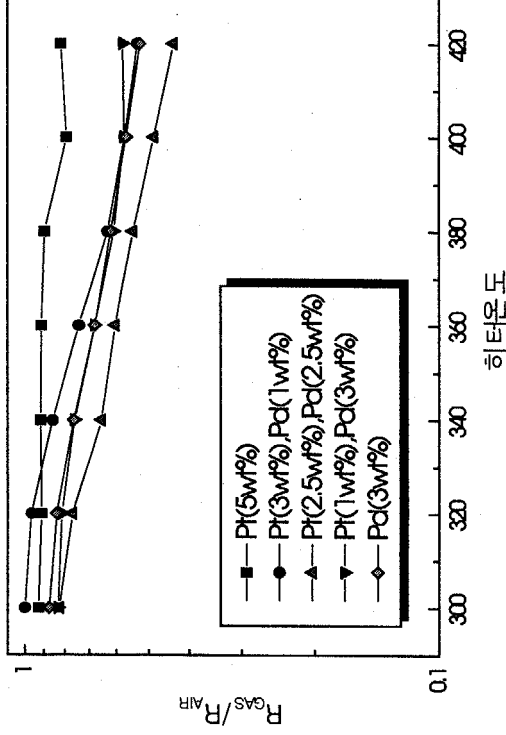


그림 2.61 히터온도와 첨가물 함유량에 대한 소자의 감응특성

그림 2.62는 히터의 전력변화에 대한 히터온도의 변화를 나타낸 것이다.

히터의 온도는 센서의 특성에 있어서 가장 큰 영향을 미치는 요인중 하나로 센서의 안정도 및 소비전력등을 고려해 설정되어야 하며 앞서 시험을 통해 얻은 최적 동작온도인 420℃는 약 600mW내외의 전력에서 나타남을 알 수 있었다.

따라서 이후의 시험에서는 히터의 최적 동작온도를 고정시킨 상태에서 진행하기 위해 600mW의 히터전력조건으로 감응특성을 측정하였다.

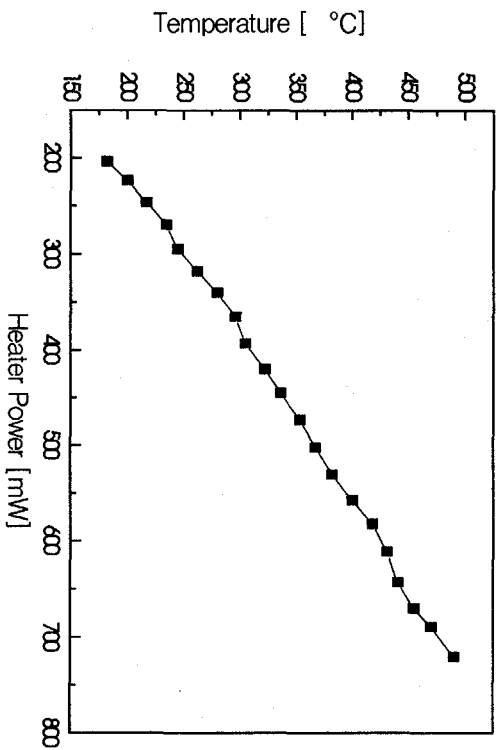


그림 2.62 히터의 소비전력변화에 대한 히터온도

그림 2.63은 히터온도 420℃에서 Pt:Pd의 함량비를 2.5wt%:2.5wt%로 하였을때 Au전극과 Pt전극을 사용해 제조한 소자의 가스감응특성 비교를 나타낸 것이다.

측정결과 Pt전극을 사용해 제조한 소자의 감응특성이 우수한 것으로 나타났다.

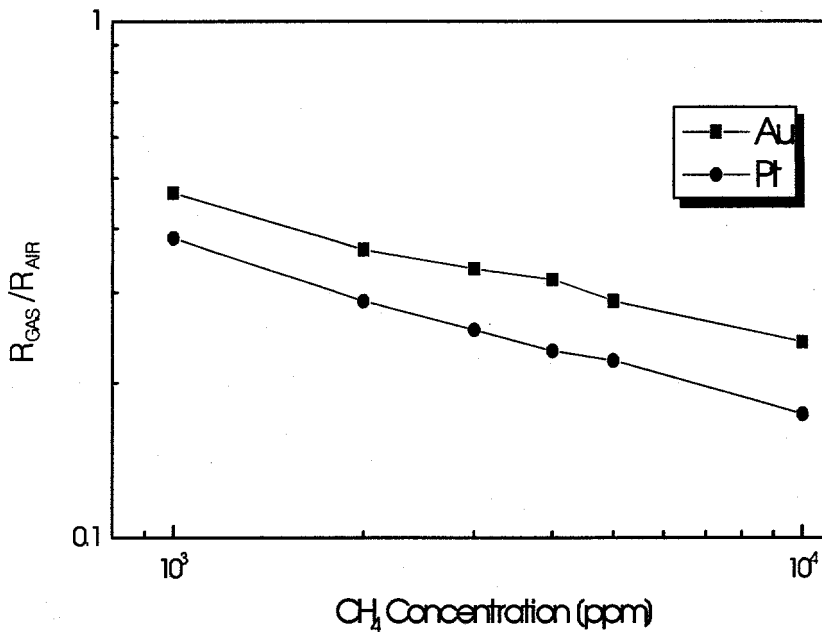


그림 2.63 전극변화에 대한 가스감응특성 (히터온도 : 420℃)

그림 2.64는 히터온도 420℃에서 Pt:Pd의 함량비를 2.5wt%:2.5wt%로 하고 Pt전극을 사용해 제조한 소자의 소결온도에 대한 가스감응특성을 나타낸 것이다. 실험결과 소결온도가 750℃인 경우 가장 좋은 가스감응특성을 나타냈으며, 10000ppm의 메탄가스주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.128$ 의 높은 감도를 나타냈다.

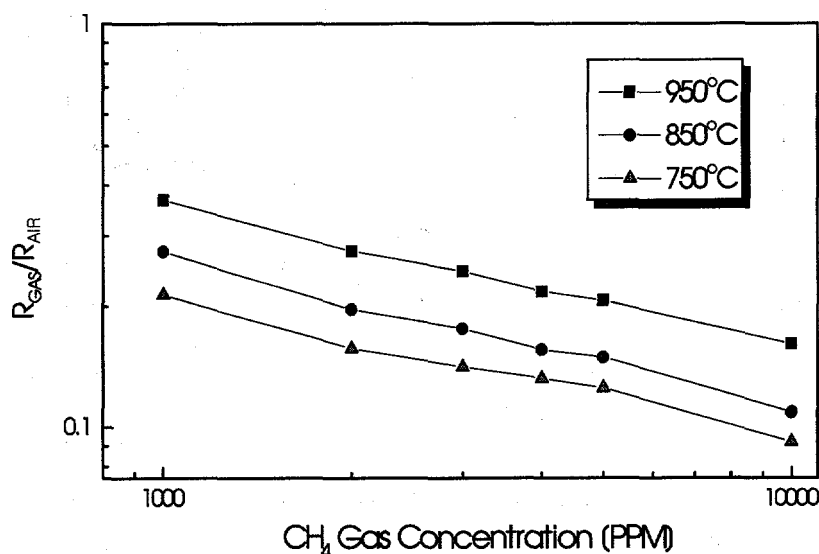


그림 2.64 소결온도 변화에 따른 가스감응특성
(Pt:Pd=2.5wt%, Pt전극, 히터온도 : 420℃)

이러한 결과를 통해 Pt전극을 사용하고 Pt와 Pd를 2.5wt%:2.5wt% 첨가시킨 후 750℃에서 소결해 제조한 소자를 히터온도 420℃의 조건에서 시험하였을 때 가장 높은 가스감응특성을 나타냄을 알 수 있었다.

위의 실험을 통해 얻어낸 센서소자의 최적 제조조건인 Pt전극을 사용해 750℃에서 소결한 소자(Pt와 Pd를 각각 2.5wt%첨가)를 상품화에 적용시키기 위해서는 현재 680kΩ내외로 나타나고 있는 센서의 초기저항을 감소시켜줘야 하는 것과 소자자체의 기계적, 열적안정성의 확보가 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 강화제인 소수성 Silica Sol.과 저항조절용재료인 Sb_2O_3 를 첨가했을때의 초기저항 및 감응특성의 변화를 조사하여 위에서 기술한 문제점에 대한 개선방안을 연구하였다.

◆ 강화제 첨가

현재의 공정을 통해 제조되고 있는 센서소자는 페이스트와 알루미늄 기판과의 부착강도가 충분치 못하여 가스센서의 기계적, 열적안정성에 대한 문제발생의 여지를 안고 있다.

본 연구에서는 알루미늄기판에 대한 SnO_2 감지물의 접착강도향상 및 감지물 자체의 강도개선을 위해 여러 종류의 Glass Frit과 Silica Sol. 저온 소결용 물질들을 검토한 결과 가장 우수한 접착특성을 가진 것으로 알려진 소수성 Silica Sol인 MA-ST(Nissan Chemical社,日)를 첨가하여 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

이러한 시험을 위해 먼저 제작된 Binder로 이전의 시험에서 가장 좋은 특성을 나타냈었던 소자(Pt:Pd의 첨가함량 2.5wt%:2.5wt%, Pt전극사용)에 10wt%와 20wt%의 MA-ST를 첨가하였으며, 일본 Nissel社 NBK-1 Kneader를 이용해 혼합한 후 소자를 제조하여 측정에 들어갔으며 그 결과를 그림 2.65에 나타내었다.

특성시험결과 MA-ST 20wt%를 첨가해 제조한 소자에 비해 MA-ST 10wt% 첨가해 제조한 소자의 감응특성이 월등히 뛰어나게 나오는 것으로 나타났다. 초기저항의 경우 MA-ST 20wt%를 첨가해 제조한 소자가 약 4.7MΩ, MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자가 약 1.7MΩ으로 모두

높은 값을 나타냈으나 가스의 감지특성 및 초기저항의 두가지 측면을 고려했을때 MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자의 특성이 더 좋은 것을 알 수 있었다.

MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자의 경우 가스의 감응도 자체는 강화제를 넣지 않고 제조한 소자와 비교했을 때(10000ppm에서의 메탄가스주입시 MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자의 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.138$, MA-ST를 넣지 않았을때의 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.128$) 큰 차이가 없어 초기저항을 낮추어야 하는 문제점이 개선될 경우 실용화가 가능할 것으로 분석되어진다.

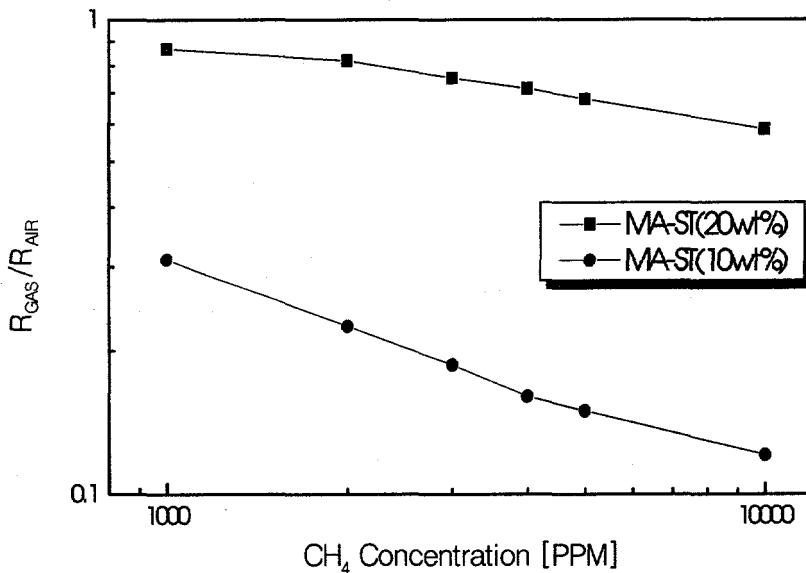


그림 2.65 강화제(MA-ST)의 첨가량변화에 따른 가스감응특성
(Pt:Pd=2.5wt%, Pt전극, 히터온도 : 420℃)

그림 2.66은 MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자의 소결온도에 따른 가스감응특성을 나타낸 것이다.

850℃에서 소결한 소자가 750℃에서 소결한 소자보다 우수한 감응특성을 나타냄을 알 수 있었으며 이후의 시험에서는 MA-ST 10wt%를 첨가한 후 850℃에서 소결한 소자의 초기저항을 감소시키며 현재의 가스감응특성을 유지시키는 방안에 초점을 맞추어 연구를 진행하도록 하였다.

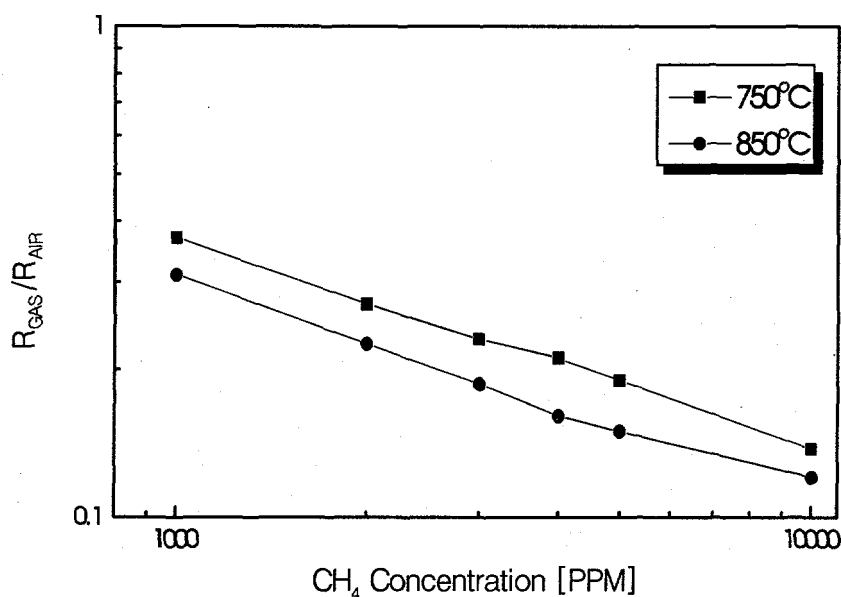


그림 2.66 MA-ST 10wt% 첨가소자의 소결온도별 가스감응특성
(Pt:Pd=2.5wt%, Pt전극, 히터온도 : 420℃)

◆ 저항조절용 재료 첨가

개발된 가스센서 소자의 외부회로와의 원활한 인터페이스 및 센서신호의 Noise감소를 위해서는 센서 감지물질의 초기저항을 수백~수십k Ω 대로 낮출 필요가 있다.

본 연구에서는 이와 관련해 센서재료의 초기저항을 감소시키는 효과를 얻을 수 있는 여러가지 첨가물질들에 대한 시험을 진행하였으며 표 3.8에 그 결과를 나타내었다. 시험결과 감지물질인 SnO₂의 저항을 감소시킨 결과를 가져온 Sb₂O₃를 첨가물로 선정하였으며 센서소자의 초기저항 변화를 관찰하기 위해 먼저 기제작된 감지물질과 5wt% 및 1wt%의 Sb₂O₃를 Ethanol Base로 독일 FRITSCH사의 Planetary Ball Mill을 이용하여 1시간동안 혼합 및 분쇄한 후 vehicle, silica sol. 강화제(MA-ST 10wt%, 850℃소결)가 첨가된 감지물 페이스트를 제작하여 센서의 가스 감지특성과 초기저항변화를 측정하였다.

표 2.18 가스센서 전도도 강화용 물질첨가 시험결과

첨가제	혼합비	첨가량	초기 저항값 (열처리후)	비고
B ₂ O ₃ +MA-ST	50 : 50 (mol%)	30wt%	1 ~ 2 M Ω	1차 / Pt
Sb ₂ O ₃ +MA-ST	5 : 30 (wt%)	35wt%	3 ~ 4 M Ω	1차 / Pt
Sb ₂ O ₃ +MA-ST	5 : 10 (wt%)	15wt%	0.6 ~ 0.7 M Ω	2차 / Au(P)
			1 M Ω	2차 / Au(I)
Sb ₂ O ₃ +MA-ST	1 : 10 (wt%)	11wt%	10 ~ 11 M Ω	2차 / Au(P)
			15 ~ 16 M Ω	2차 / Au(I)

그림 2.67은 MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자(Pt전극, Pt:Pd=2.5wt%:2.5wt%)에 대한 Sb_2O_3 의 첨가량에 따른 저항변화를 나타낸 것이며 Sb_2O_3 를 첨가량이 많아질수록 저항은 감소하는 것으로 나타났다.

Sb_2O_3 를 첨가하지 않고 제조한 소자의 초기저항이 약 1.7M Ω 정도의 매우 큰 값을 나타내었던 반면 Sb_2O_3 1wt%를 첨가해 제조한 소자의 초기 저항은 419k Ω , Sb_2O_3 5wt%를 첨가해 제조한 소자의 초기저항은 65.6k Ω 으로 현저한 감소를 나타냈다.

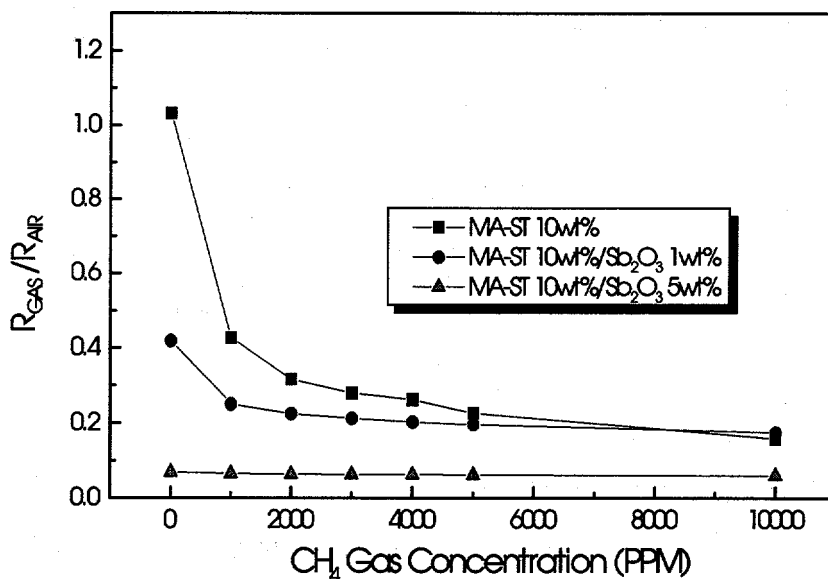


그림 2.67 Sb_2O_3 의 첨가량변화에 따른 저항의 변화
(MA-ST 10wt%, 단위 : M Ω)

그림 2.68은 MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자(Pt 전극사용, Pt:Pd=2.5wt%:2.5wt%)에 대한 Sb_2O_3 의 첨가량에 따른 가스감응특성변화를 나타낸 것이다.

측정결과 Sb_2O_3 의 첨가량이 증가함에 따라 가스감응특성은 현저하게 감소하는 것으로 나타났으므로 앞에서의 저항변화 시험결과와 비교했을 때 Sb_2O_3 의 첨가가 소자의 초기저항을 감소시키는 것에는 큰 효과를 가져왔지만 가스감응특성은 현저히 저하되는 것으로 분석되어진다.

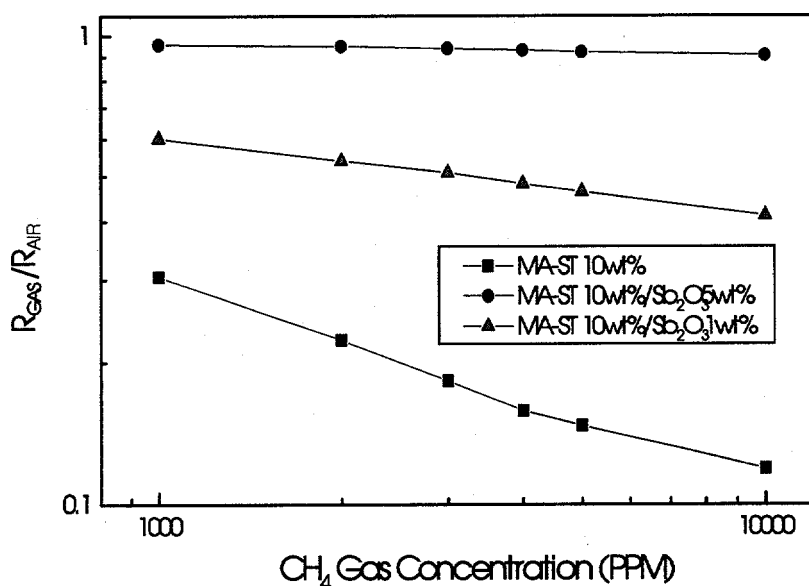


그림 2.68 Sb_2O_3 의 첨가량변화에 따른 가스감응특성의 변화
(MA-ST 10wt%, Pt전극, Pt:Pd=2.5wt%:2.5wt%)

그림 2.69는 MA-ST 10wt%를 첨가해 제조한 소자(Pt 전극사용, Pt:Pd=2.5wt%:2.5wt%)에 Sb_2O_3 0.5wt%를 첨가하고 전극의 형태를 Parallel과 IDT로 하였을때의 저항변화를 나타낸 것이다.

두가지 경우 모두 우수한 감응특성을 나타내지는 못했으나 Parallel전극형태로 제조한 소자가 IDT전극형태로 제조한 소자에 비해서는 더 높은 감도를 보였으며 초기저항에서는 Parallel전극형태로 제조한 소자가 494.3k Ω , IDT전극형태로 제조한 소자가 348.6k Ω 을 나타내어 IDT전극형태로 제조한 소자가 더 낮은 저항을 나타냈다.

따라서 두가지 형태의 전극으로 제조한 소자의 우수한 특성만을 적용시킬 수 있는 소자의 개발을 추후 시험을 통해 진행해나가야 할 것으로 분석된다.

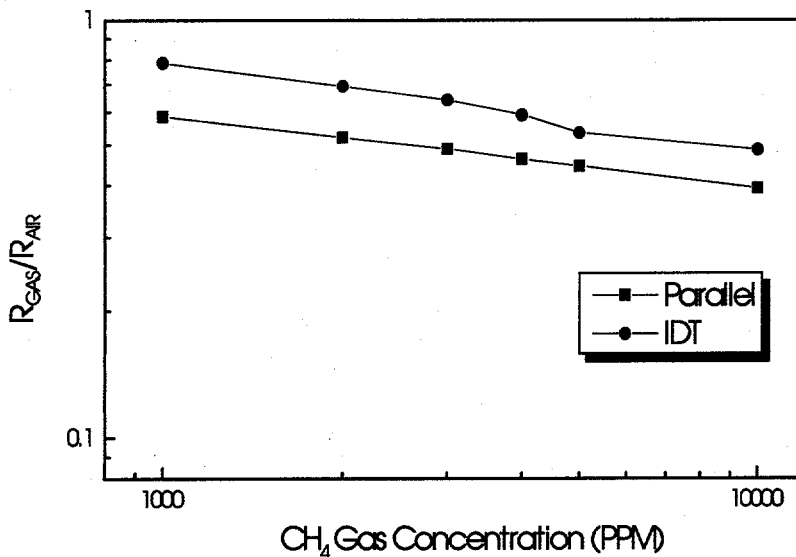


그림 2.69 전극의 형태에 따른 가스감응특성의 변화
(MA-ST 10wt%, Sb_2O_3 0.5wt%, Pt:Pd=2.5wt%:2.5wt%, 850 $^{\circ}\text{C}$ 소결)

이상의 시험결과를 통해 나타난 가장 좋은 특성을 갖는 센서소자의 제조조건은 SnO₂분말(R社)에 Pt:Pd의 첨가함량을 2.5wt%:2.5wt%로 하고, MA-ST 10wt%와 Sb₂O₃ 0.5wt%를 첨가해 850℃에서 소결한 경우인 것으로 분석되어지며 추후 시험을 통해 현재의 조건보다 가스감응특성을 향상시키고 초기저항을 감소시킬 수 있는 최적조건에 대한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

4. 후막형 가스센서 소자의 제조공정 개선

본 연구개발 기간에서는 지난 분기중 재현성시험을 위해 제작했던 센서의 특성이 1차년도에 최적 조건으로 제조했던 센서의 특성에 비해 떨어지게 나타났던 원인을 분석하기 위해 동일한 제조조건으로 센서를 제작해 2차 재현성시험을 하였으며, 공정방법의 변화를 통한 특성개선 방안을 강구하도록 하였다. 또한 공침법으로 제조한 센서의 특성시험을 함께 진행하여 함침법으로 제조한 센서와 비교가 이루어질 수 있도록 하였다.

먼저 지난 분기의 연구개발 기간에 제조한 센서의 EDS분석결과 감지물과 촉매로 사용된 Sn과 Pt, Pd의 함량이 센서들마다 균일하게 나타나지 않았던 현상을 고려해 Grinding시 기존의 유발에서 분쇄했던 조건을 Planetary 볼밀로 분쇄해 제조했을 때의 특성차이를 비교하였다.

또한 스크린인쇄시 막의 두께에 따른 감응특성 및 초기저항값의 변화를 비교하기 위해 스크린인쇄 회수를 1회와 2회로 각각 달리 했을 때의 특성을 비교하였으며, 소결온도 조건도 750℃, 800℃, 850℃로 각각 달리 하여 차이를 비교하였다.

표 2.19는 본 연구기간에 시험한 센서의 제조조건을 나타낸 것이다.

표 2.19 센서소자의 제조조건

구 분		스크린회수	소결온도
함 침	기존조건 (유발분쇄)	2회	750℃
		2회	800℃
		1회	850℃
		2회	
	불밀분쇄	1회	750℃
		2회	
		1회	850℃
		2회	
공 침 법		2회	850℃

그림 2.70은 유발분쇄한 시료를 2번 스크린 인쇄하여 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.15$ 로 나타났으며, 초기저항(R_{AIR})은 약 1.1MΩ정도로 나타나 기존의 조건(유발분쇄, 스크린인쇄 2회, 850℃에서 소결)으로 제조해 가장 좋은 감도를 나타냈던 센서의 특성인 메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.12$, 초기저항(R_{AIR})=2.6MΩ에 비해 감도는 약간 떨어졌으나 초기저항은 2배이상 낮게 나타났다.

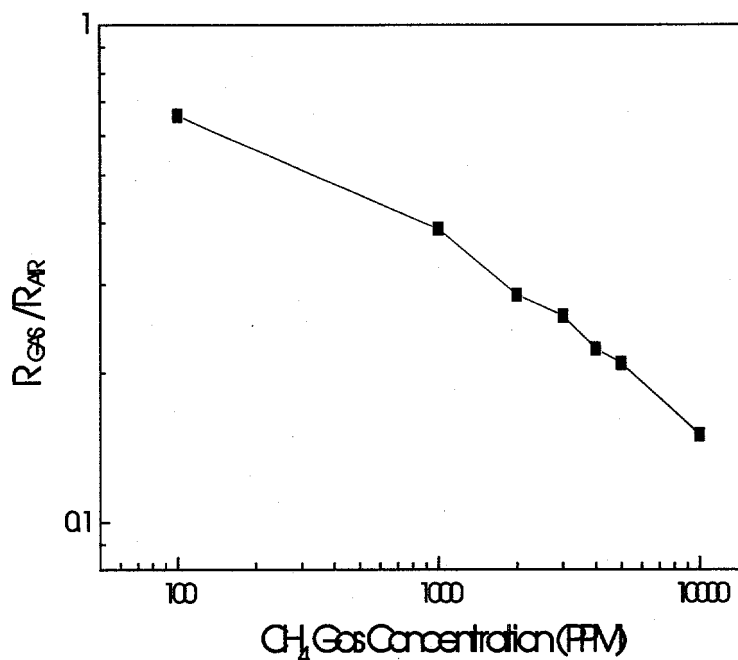


그림 2.70 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(유발분쇄, 스크린인쇄 2회)

그림 2.71은 유발분쇄한 시료를 2번 스크린 인쇄하여 800℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.14$ 로 나타났으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 3.1MΩ 정도로 나타나 750℃에서 소결해 제작한 센서에 비해 감도는 좋으나 초기저항이 3배 이상 높게 나타났다.

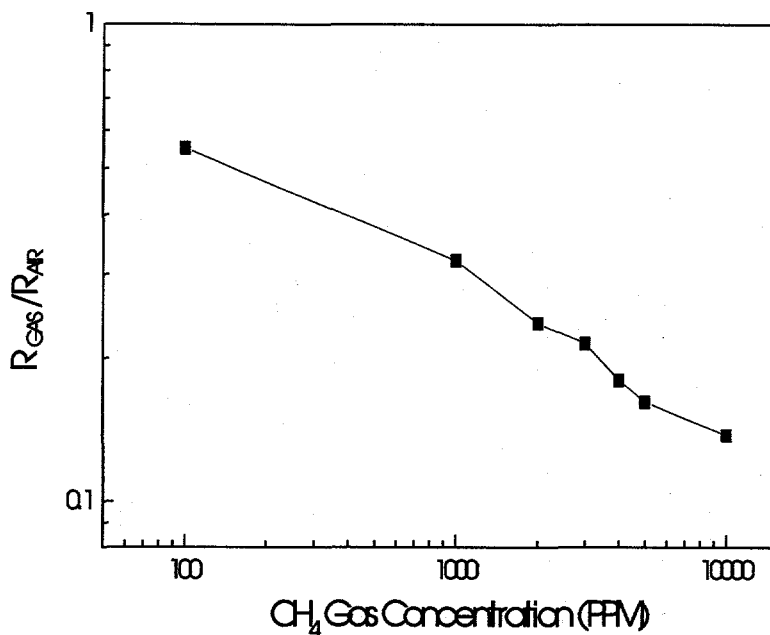


그림 2.71 800℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(유발분쇄, 스크린인쇄 2회)

그림 2.72는 유발분쇄한 시료를 1번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.22$ 로 나타났으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 0.9MΩ 정도로 나타나 감도는 다소 떨어졌으나 초기저항은 유발에서 분쇄해 제조한 센서들중 가장 낮게 나타났다.

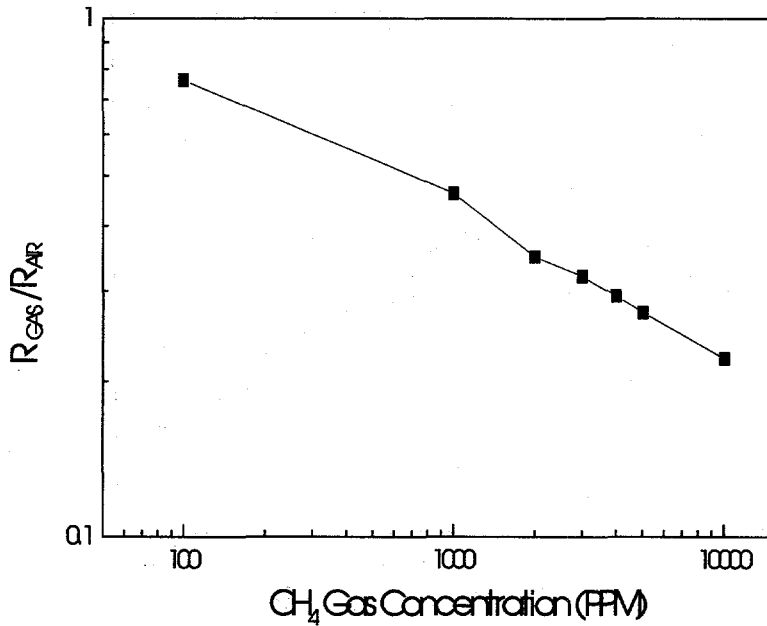


그림 2.72 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(유발분쇄, 스크린인쇄 1회)

그림 2.73은 유발분쇄한 시료를 2번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.18$ 로 나타났으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 1.4MΩ정도로 나타나 유발분쇄한 시료를 1번 스크린인쇄후 850℃에서 소결한 센서에 비해서는 감도와 초기저항 측면에서 모두 좋은 특성을 보였으나 기존의 최적 조건으로 제조한 센서의 감도에는 미치지 못하는 것으로 나타났으며, 유발에서 분쇄해 2번 스크린인쇄후 750℃ 및 800℃에서 소결한 센서의 감도에도 미치지 못하는 결과를 나타냈다.

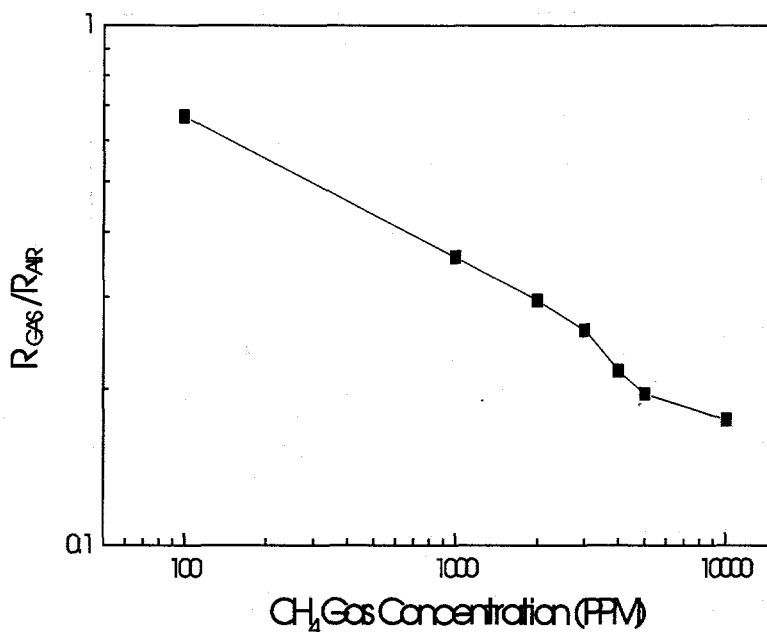


그림 2.73 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(유발분쇄, 스크린인쇄 2회)

그림 2.74는 불밀로 분쇄한 시료를 1번 스크린 인쇄하여 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.14$ 로 불밀분쇄해 제조한 센서 중 가장 좋은 특성을 나타냈으나, 초기저항(R_{AIR})은 약 1.8MΩ정도로 다소 높게 나타났다.

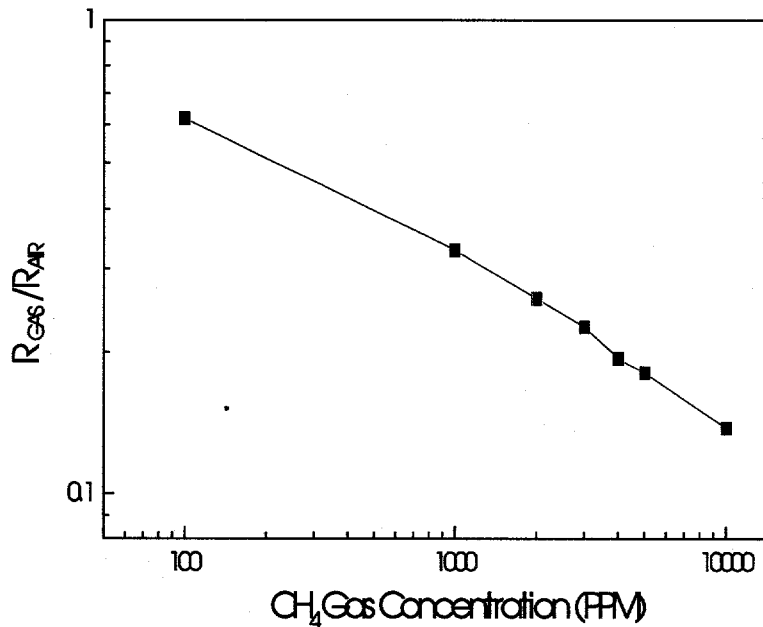


그림 2.74 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(불밀분쇄, 스크린인쇄 1회)

그림 2.75는 불밀로 분쇄한 시료를 2번 스크린 인쇄하여 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.23$ 와 초기저항(R_{AIR})은 약 0.8 MΩ 정도로 낮게 나타나, 불밀로 분쇄해 1번 스크린 인쇄하여 750℃에서 소결한 센서와 유발로 분쇄해 2번 스크린 인쇄하여 750℃에서 소결한 센서에 비해 감도는 떨어지나 초기저항은 낮아진 것으로 나타났다.

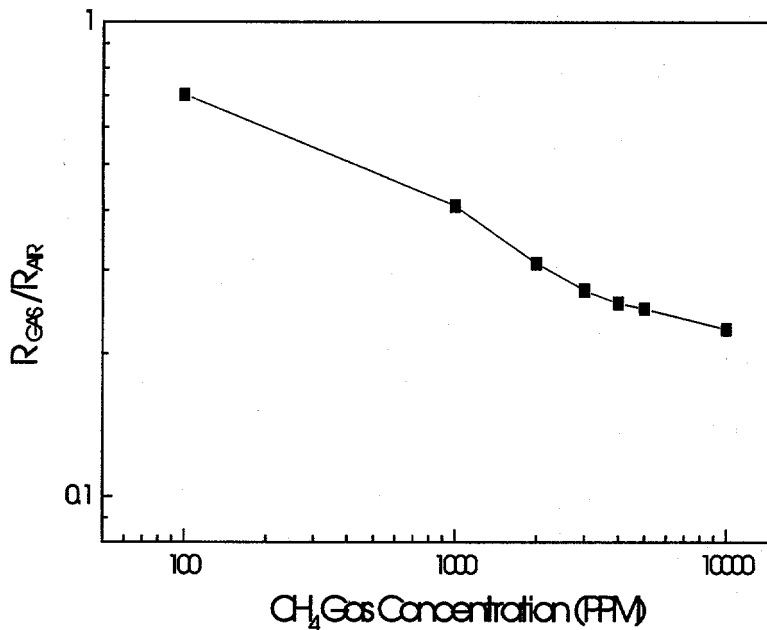


그림 2.75 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(불밀분쇄, 스크린인쇄 2회)

그림 2.76은 불밀로 분쇄한 시료를 1번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.19$ 로 나타났으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 0.7MΩ 정도로 나타나 기존의 가장 좋은 감도를 나타내었던 센서에는 미치지 못하였으나 유발로 분쇄해 1번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서에 비해서는 감도와 초기저항에서 모두 우수한 특성을 보였고, 특히 본 연구개발 기간에 제조한 센서들중 가장 낮은 초기저항을 나타냈다.

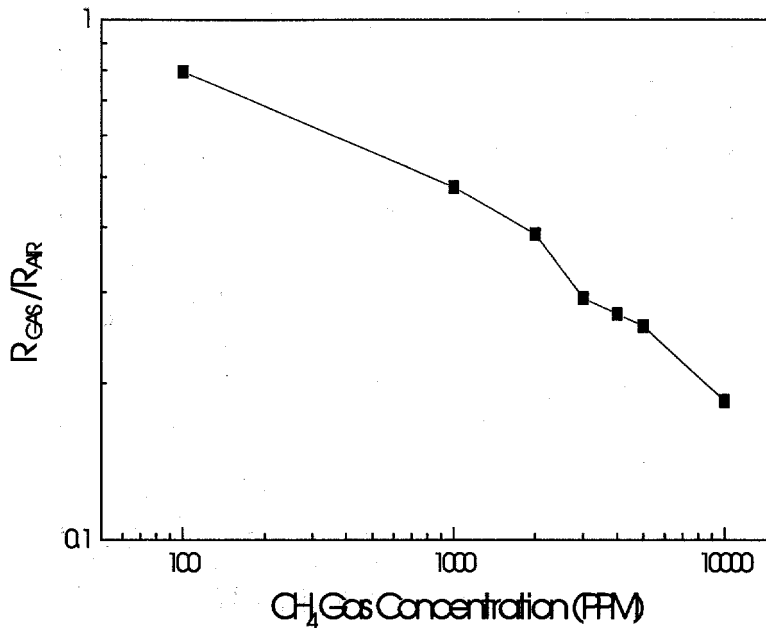


그림 2.76 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(불밀분쇄, 스크린인쇄 1회)

그림 2.77은 불밀로 분쇄한 시료를 2번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.24$ 를 나타내었으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 0.8MΩ 정도로 나타나 유발로 분쇄해 2번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서에 비해 감도는 떨어지나 초기저항은 낮은 것으로 나타났으며, 불밀분쇄해 1번 스크린 인쇄하여 850℃에서 소결한 센서에 비해서는 감도와 초기저항의 두가지 측면이 모두 떨어지는 것으로 나타났다.

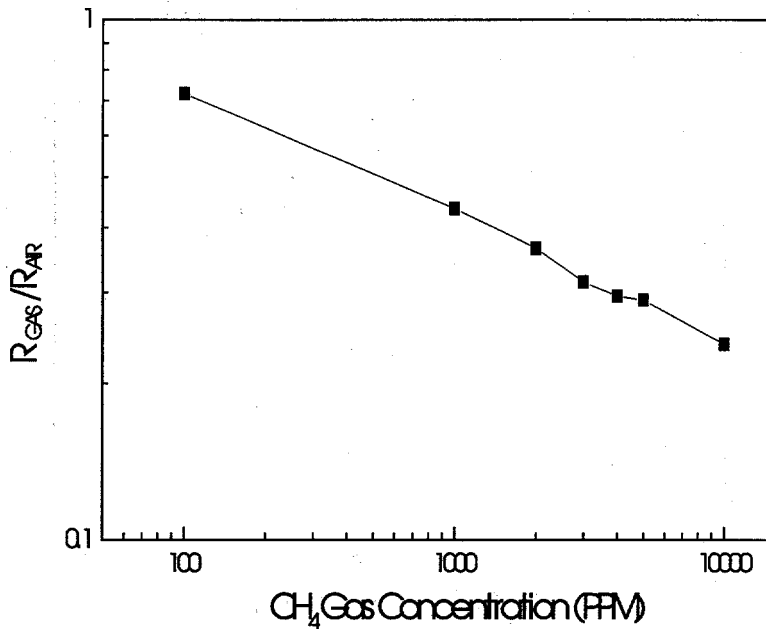


그림 2.77 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성
(불밀분쇄, 스크린인쇄 2회)

그림 2.78은 공침법으로 제조한 센서(A)의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.28$ 로 나타났으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 7.3MΩ 정도로 나타나 함침법으로 제조한 센서에 비해 감도는 약 2배정도 떨어지는 것으로 나타났고, 초기저항은 10배 정도 높은 것으로 나타났다.

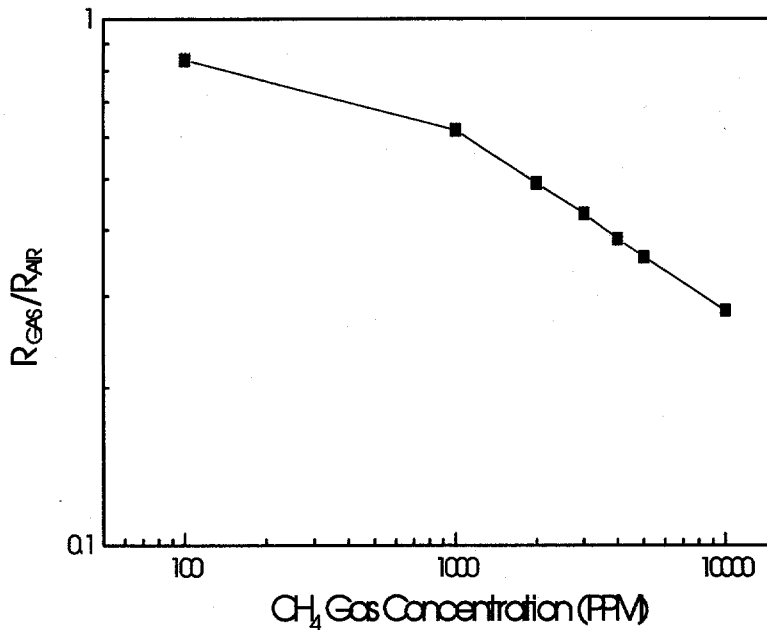


그림 2.78 공침법으로 제조한 센서(A)의 메탄가스에 대한
감응특성

그림 2.79는 공침법으로 제조한 센서(B)의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.24$ 를 나타냈으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 $7.4M\Omega$ 정도로 나타나 같은 조건으로 제조한 센서(A)와 마찬가지로 함침법으로 제조한 센서에 비해 두가지 특성이 모두 크게 떨어지는 것으로 나타났다.

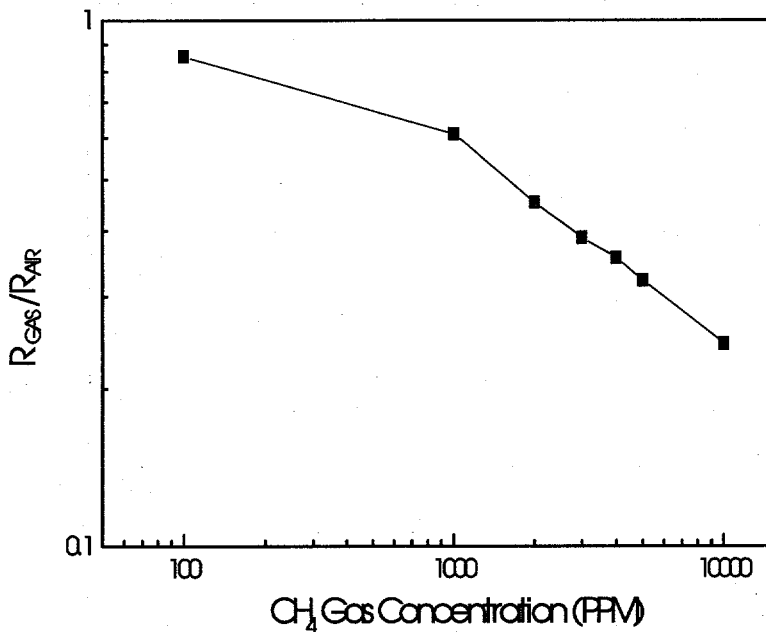


그림 2.79 공침법으로 제조한 센서(B)의 메탄가스에 대한 감응특성

그림 2.80은 공침법으로 제조한 센서(C)의 메탄가스에 대한 감응특성을 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.26$ 으로 나타나 같은 조건으로 제조한 센서(A), 센서(B)와 마찬가지로 함침법으로 제조한 센서에 비해 크게 못 미치는 감도를 나타냈으며, 특히 초기저항(R_{AIR})은 약 $8.0M\Omega$ 정도로 나타나 본 연구개발기간중 제조한 센서들중 가장 높은 값을 나타냈다.

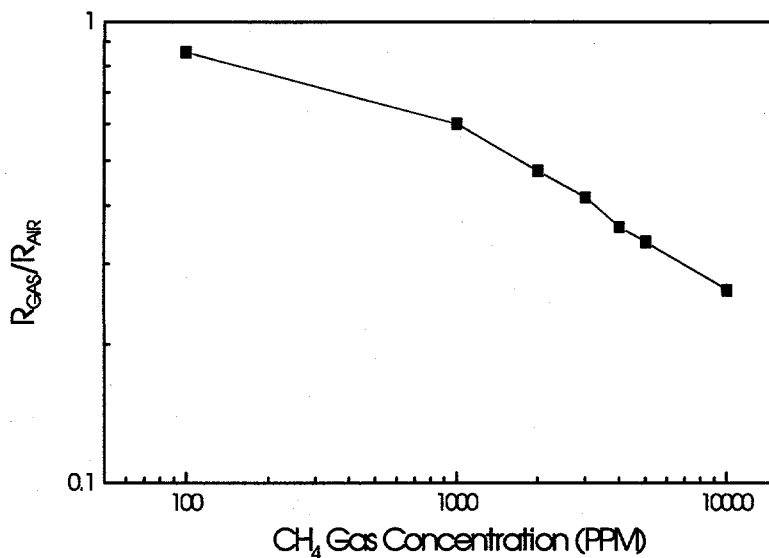


그림 2.80 공침법으로 제조한 센서(C)의 메탄가스에 대한 감응특성

표 2.20는 유발분쇄와 불밀분쇄후 스크린인쇄를 2번하여 850℃에서 소결한 센서의 EDS 분석결과를 각각 나타낸 것이다.

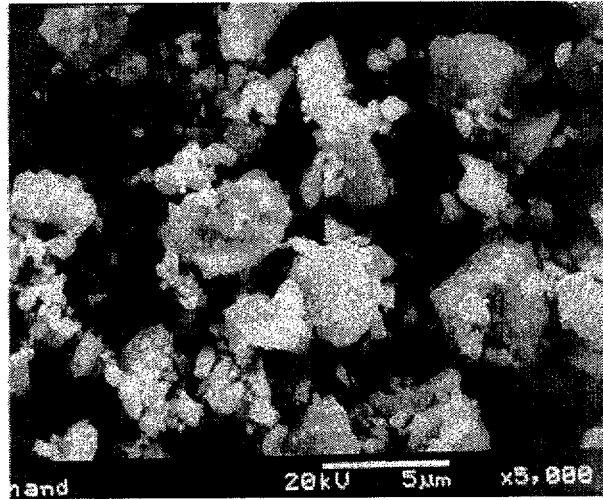
표에 나타난 것과 같이 유발분쇄후 제조한 센서의 Sn함량이 불밀분쇄후 제조한 센서에 비해 더 높게 나타나, 감도에 영향을 미쳤던 것으로 분석된다.

표 2.20 함침법 분말의 분쇄방법에 따른 EDS 분석결과
(스크린인쇄 2회, 850℃ 소결)

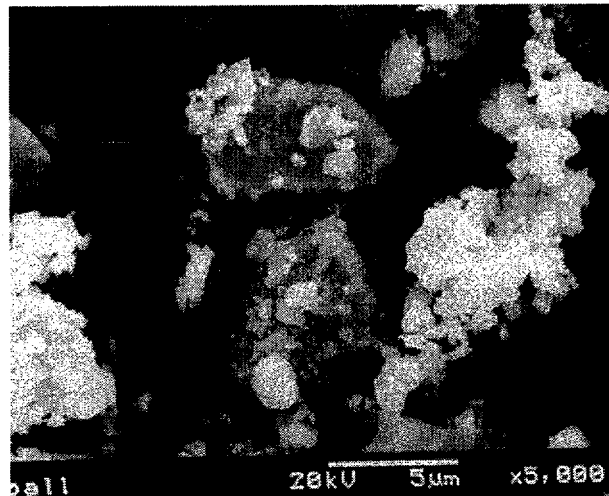
구 분	유발분쇄		Planetary 불밀분쇄		
	A	B	A	B	C
Sn	93.31	93.3	90.76	90.35	92.34
Pd	2.79	2.43	3.81	4.65	2.12
Pt	3.90	4.54	5.44	4.99	5.54

그림 2.81은 유발분쇄와 불밀분쇄후 스크린인쇄를 2번하여 850℃에서 소결한 센서감지막의 SEM 사진을 나타낸 것이다.

사진에 나타난 것과 같이 유발분쇄후 제조한 센서 감지막의 경우 불밀 분쇄해 제조한 센서의 감지막에 비해 입자크기가 균일하고 치밀하게 입혀진 것을 볼 수 있으며, 감도의 차이를 나타내는데 영향을 미쳤던 것으로 분석된다.



(a) 유발분쇄



(b) 볼밀분쇄

그림 2.81 합침법 분말의 분쇄방법에 따른 SEM사진
(스크린인쇄 2회, 850℃ 소결)

불린분쇄로 제조한 센서의 경우 기준방법인 유발분쇄로 제조한 센서에 비해 동일한 스크린 인쇄회수와 소결온도로 제조했던 경우를 기준으로 비교했을 때 초기저항값이 낮게 나타나는 것을 알 수 있었다. 가장 낮은

면적 합침법과 공침법으로 제조한 센서의 특성비교에서는 합침법으로 제조한 센서가 공침법으로 제조한 센서에 비해 초기저항과 감도의 두가지 측면에서 모두 우수한 특성을 나타내는 것을 볼 수 있었다.

구분	스크린 회수	소결온도	감도 (CH ₄ , 1000ppm)	합침				공침		
				기준조건 (유발분쇄)				불린분쇄		
	2회	750℃	0.150	2회	850℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	800℃	0.138	2회	850℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	850℃	0.223	2회	850℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	850℃	0.176	2회	850℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	750℃	0.138	2회	750℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	850℃	0.185	2회	750℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	850℃	0.225	2회	850℃	1회	2회	1회	2회	2회
	2회	850℃	0.138	2회	850℃	1회	2회	1회	2회	2회
	A	850℃	0.281							
	B		0.244							
	C		0.263							

표 2.21 센서 특성비교

표 2.21은 본 연구개발기간에 제조한 센서들의 제조조건 및 특성시험 결과를 비교한 것이다.

초기저항값을 나타낸 센서는 불밀분쇄후 1번 스크린인쇄를 하여 850℃에서 소결한 경우로 0.74MΩ를 나타내어 1차년도에 제작한 센서에 비해 3배 이상 낮아진 값을 보였다. 그러나 감도는 두가지 방법으로 분쇄해 제조한 센서중 어느 한쪽이 더 좋게 나타나는 현상이 일관적으로 나타나지 않았으며, 가장 좋은 감도를 나타낸 센서는 유발분쇄해 2번 스크린인쇄 후 800℃에서 소결한 경우와 불밀분쇄해 1번 스크린인쇄 후 750℃에서 소결한 경우로 메탄가스 10000ppm 주입시 모두 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.14$ 를 나타내어 1차년도에 제작한 센서중 가장 좋은 감도를 나타냈던 센서의 메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.13$ 에는 미치지 못하였다.

소결온도의 경우 750℃에서 소결한 센서가 850℃에서 소결한 센서에 비해 동일한 스크린 인쇄회수와 분쇄방법으로 제조한 경우를 기준으로 비교했을 때 더 좋은 감도를 나타내어 1차년도의 연구를 통해 얻어진 최적 소결온도 조건이었던 850℃와는 다르게 나타난 것을 볼 수 있었다. 그러나 위에서 열거한 바와 같이, 본 연구개발기간에 제조한 센서중 가장 좋은 감도를 보였던 센서가 850℃에서 소결했던 1차년도 제조센서의 감도에는 근소하게 미치지 못했던 것으로 나타나 최적 소결온도 조건의 설정은 추후 지속적인 시험을 통해 찾아나가야 할 것으로 분석된다. 또한 초기저항에 있어서는 750℃와 850℃에서 소결한 센서들중 어느 한 쪽이 더 낮게 나타나는 경향이 일관적으로 나타나지 않았다.

스크린 인쇄회수의 경우 동일한 소결온도로 제조한 경우를 기준으로 비교했을 때 유발분쇄해 제조한 센서는 2번 스크린인쇄를 했을 때 감도가 뛰어나고 초기저항은 높게 나타난 반면, 불밀분쇄해 제조한 센서는 2번 스크린 인쇄를 했을 때 감도는 떨어지고 초기저항은 일관적인 현상이 나타나지 않았다.

위의 결과를 종합했을 때 감도면에서는 기존의 제조공정이었던 유발분쇄해 제조한 센서가, 초기저항이 낮게 나타나는 측면에서는 볼밀로 분쇄해 제조한 센서가 더 우수한 것으로 보여지며, 스크린의 인쇄횟수 및 소결온도의 변화가 감도 및 초기저항에 미치는 영향은 일관적인 현상이 나타나지 않아 큰 연관은 없는 것으로 보여진다. 그러나 이러한 현상들에 대한 보다 정확한 결론은 추후 시험을 통한 지속적인 분석이 필요한 것으로 사료된다.

5. 가스센서 소자의 재현성시험

본 연구개발기간에서는 1차년도 연구를 통해 얻어낸 센서소자의 최적 제조조건을 기준으로 앞으로의 양산에 대비한 재현성 시험을 진행하였다.

◆ 후막형 가스센서 소자의 제조

본 연구개발 기간에 제작한 후막형 가스센서의 전체적인 제조공정은 1차년도의 연구에서 얻어낸 최적 제조조건을 동일하게 따랐으며, Au전극과 Pt전극을 각각 사용해 소결시의 온도를 달리 하여 제조한 센서의 특성을 시험하였다.

먼저 센서의 감지물로는 R社의 SnO_2 분말을 사용하였으며, PdCl_2 , $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 함께 Rotary Evaporator와 Hot Plate에서 혼합한 후 하소해 분쇄하여 최종분말을 얻어냈다.

히터의 재료는 1차년도의 연구에서 사용했던 Pt전극의 경우 안정한 특성을 얻을 수 있도록 균일한 가열이 이루어지는 우수한 특성을 지니고

있으나 가격이 고가인 관계로 양산시의 비용절감 문제를 고려하지 않을 수 없으므로 본 연구에서는 Pt전극의 절반정도의 가격인 Au전극을 사용해 센서를 제조했을 때 특성에 미치는 영향을 조사하였다. 또한 Pt전극을 사용해 1차년도와 최적조건과 동일한 제조공정으로 제작한 센서의 특성시험을 함께 진행하여 재현성을 조사하였다.

전극물질과 Pad의 재료로는 1차년도의 연구와 동일하게 가격이 저렴하고 전극의 말단에서 발생하는 전기적손실과 저항증가를 방지할 수 있는 Au를 사용하였다.

촉매로는 1차년도의 연구를 통해 가장 좋은 특성을 나타냈을 때의 혼합비로 제조하였다. 또한 감지물질과 기판사이의 부착강도 개선 및 기계적강도 향상을 위해 사용한 첨가물로는 1차년도의 연구시 얻어낸 최적조건인 MA-ST를 첨가하였다.

혼합된 최종분말에 포함되어 있는 Cl기를 제거하기 위한 하소시의 온도는 1차년도의 연구기간중 DTA-TA 분석을 통해 얻어낸 최적조건인 온도로 설정하여, 30분간 Soaking시켰다.

소결시의 온도는 먼저 Au전극을 사용한 1차 시험의 경우 1차년도 연구에서 얻어낸 최적조건과 동일한 850℃에서 30분간으로 하였으며, 2차 시험에서는 Au전극을 사용해 750℃와 850℃에서 각각 30분간 유지해 제조하였다.

또한 Pt전극을 사용해 1차년도의 연구와 동일한 제조조건으로 소결해 작업을 하였다.

표 2.22는 1차년도에의 최적 제조조건과 본 연구기간중 시험한 센서의 제조조건을 나타낸 것이다.

표 2.22 센서소자의 제조조건

제조조건	1차년도의 연구에서 얻은 기존의 최적 제조조건	Au 전극을 사용한 재현성시험	Pt 전극을 사용한 재현성시험
감 지 물	SnO ₂ (R社)	기존조건과 동일	기존조건과 동일
촉 매	Pt(2.5wt%), Pd(2.5wt%)	기존조건과 동일	기존조건과 동일
전 극	Pt	Au	기존조건과 동일
첨 가 물	MA-ST 10wt%	기존조건과 동일	기존조건과 동일
하 소	680℃ (30분)	기존조건과 동일	기존조건과 동일
소 결	850℃ (30분)	1차 : 기존조건과 동일 2차 : 750℃ (30분), 850℃ (30분)	기존조건과 동일

5.1 Au전극을 사용한 1차 시험

먼저 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서(A, B)의 메탄가스에 대한 감응특성 시험을 했으며, 그림 2.82와 그림 2.83에 각각의 결과를 나타내었다.

센서 A의 경우 메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.79$ 를 나타냈으며, 초기저항(R_{AIR})은 6MΩ 정도로 나타나 Pt전극을 사용해 기존의 최적 제조조건으로 제작한 소자의 특성이었던 메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.12$, 초기저항(R_{AIR})=2.6MΩ에 비해 감도는 약 6~7배, 초기저항은 2.5배 이상 떨어진 결과를 나타냈다.

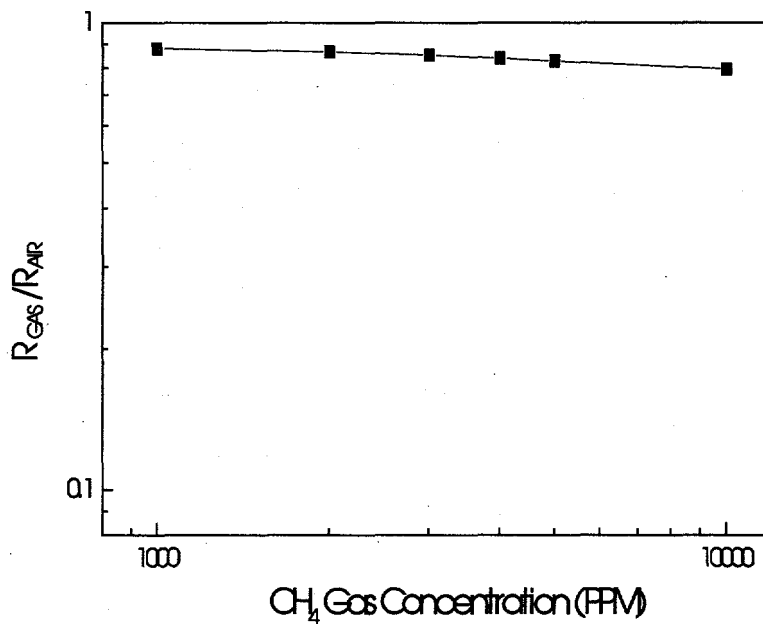


그림 2.82 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서(A)의 메탄가스에 대한 감응특성

그림 2.83은 센서(B)의 메탄가스에 대한 감응특성 시험결과를 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.82$ 를 나타냈으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 $7.5M\Omega$ 정도로 나타나 같은 공정으로 제조한 센서(A)에 비해서도 크게 떨어지는 특성을 나타내었다.

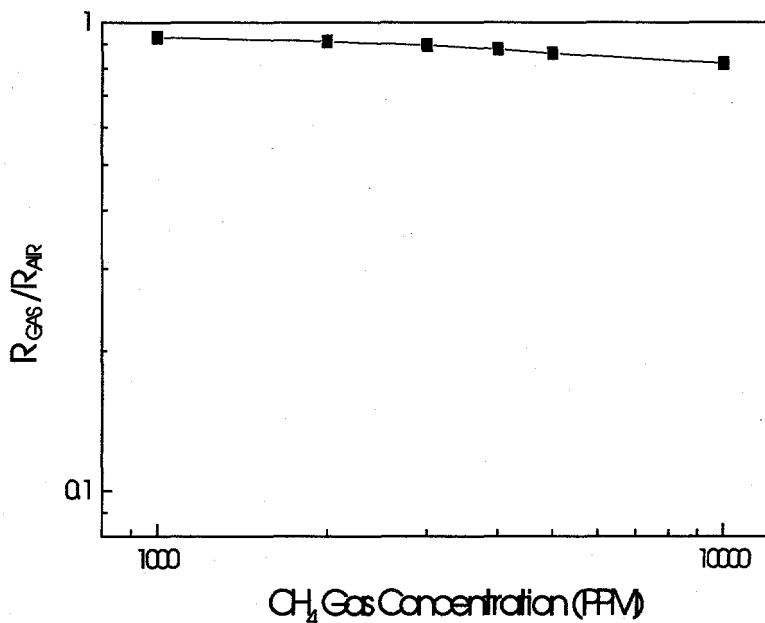


그림 2.83 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서(B)의 메탄가스에 대한 감응특성

위의 결과를 통해 전극을 Au로 교체할 경우 Pt전극을 사용했던 기존의 최적 제조조건에 비해 특성이 현저히 저하되는 것을 알 수 있었다.

그러나, 메탄가스에 대한 감응도와 초기저항값이 Pt전극을 사용했을 때에 비해 이와 같은 큰 차이를 나타내게 된 원인을 단순한 전극의 교체만으로 볼 수는 없는 것으로 판단되어 보다 정확한 원인규명을 한 후,

이에 대한 대책을 세워 850℃의 소결온도 조건으로 2차 제작에 들어갔다.

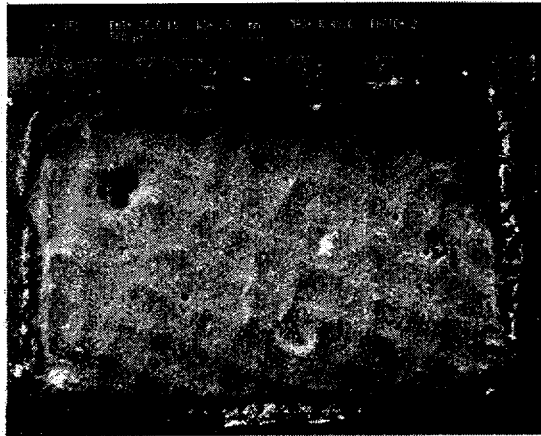
표 2.23은 Au전극을 사용한 1차시험의 특성이 기존의 최적조건으로 제조한 소자에 비해 현저히 떨어지게 된 요인에 대한 분석결과를 나타낸 것이다.

표 2.23 Au전극을 사용한 1차 특성시험 결과에 대한
문제요인 분석 및 대책

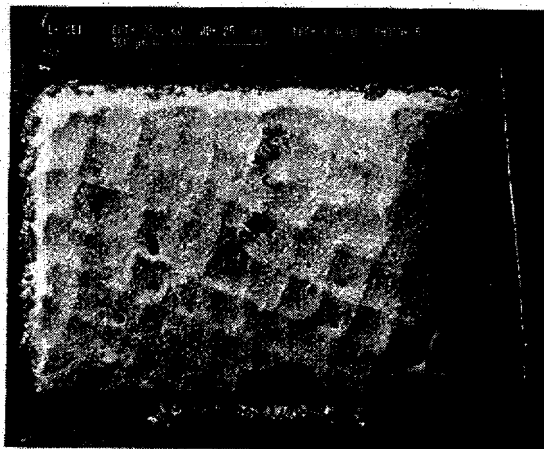
문 제 요 인		대 책
1차 원인	1. 모물질 제조시 weighing 상의 오차 및 이물질의 혼입 유·무 2. 하소공정상의 오류 유·무 3. 모물질 Paste화 및 스크린인쇄시 이물질 혼입 및 오차 유·무 4. 소성공정상의 오류 유·무	1. 센서의 물성 검토 및 확인 ◆ 재시험시 이물질혼입 및 weighing 상의 오차가 발생하지 않도록 주의. ◆ 하소·소성상태 확인 ◆ 미세구조 확인 (SEM) ◆ 주성분 함량비교 확인 (EDS)
2차 원인	1. Paste의 경시변화 (이전에 Paste를 여러번 사용함에 따른 이물질 혼입 유·무) 2. 전극 물질을 Au로 교체함에 따른 저항값 변화	1. Paste를 이전에 사용하지 않은 새 제품으로 사용. 2. 전극을 Pt와 Au로 각각 사용하여 제작한 후 재현성 시험.

표 2.23에 나타낸 것과 같이 1차 특성시험용으로 제작한 센서(A, B)의 물성분석을 하였으며, 그 결과를 그림 2.84, 그림 2.85에 각각 나타내었다.

그림 2.84는 1차 시험에 사용한 센서(A, B) 감지막의 미세구조를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 기공이 발견된 것을 비롯하여 표면상태가 좋지 못한 것을 확인할 수 있었다.



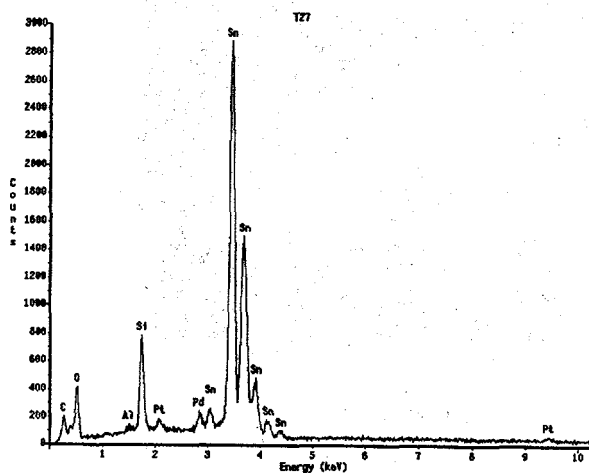
(a) 센서 A



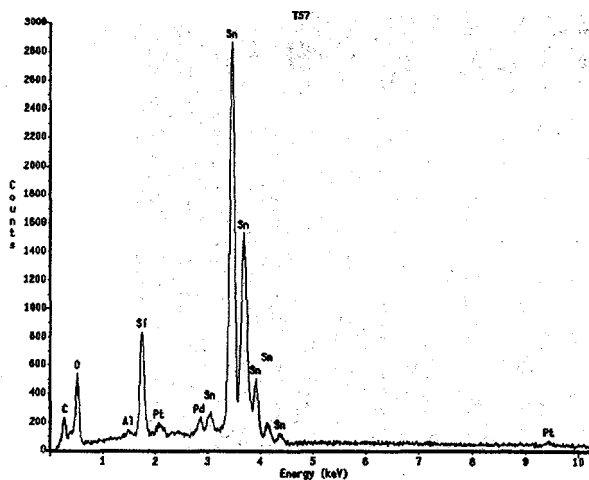
(b) 센서 B

그림 2.84 감지막의 미세구조 (Au 전극사용 : 850℃소결)

그림 2.85에 나타난 EDS 분석결과 센서 A에 비해 특성이 떨어졌던 센서 B의 Sn함량이 더 낮게 나타나고 있는 것을 볼 수 있었으며, 이러한 점이 가스의 감응특성 차이에 영향을 미쳤을 것으로 판단되나 보다 정확한 원인은 추후 재실험을 통해 확인되어야 할 것으로 사료된다.



(a) 센서 A



(b) 센서 B

그림 2.85 EDS 분석 (Au 전극사용 : 850℃소결)

5.2 Au전극을 사용한 2차 시험

Au전극을 사용한 2차 시험에서는 1차 시험때의 문제점을 분석하여 모든 공정시 발생가능한 오차를 최소화시키기 위한 주의와 함께 소결시의 온도를 750℃와 850℃로 각각 달리 하여 특성비교를 하였다.

그림 2.86은 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성 시험결과를 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.31$ 을 나타냈으며, 초기저항(R_{AIR})은 약 3.2MΩ 정도로 나타나 1차 시험시 제조한 소자에 비해서는 2배 이상 향상된 특성을 나타냈으나, Pt전극을 사용해 기존의 최적 제조조건으로 제작한 소자의 특성이었던 메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.12$, 초기저항(R_{AIR})=약 2.6MΩ에 비해서는 떨어지는 특성을 보였다.

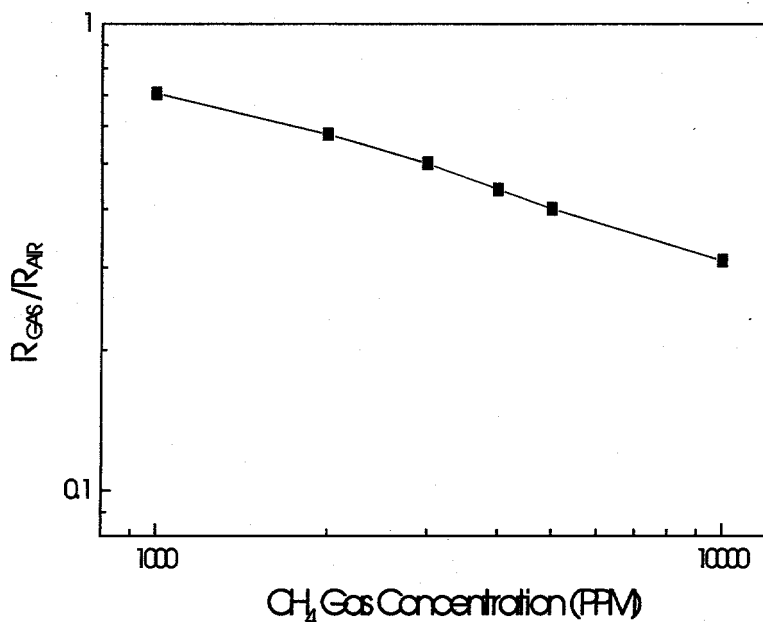


그림 2.86 Au전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서의
메탄가스에 대한 감응특성

그림 2.87은 Au전극을 사용해 750℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성 시험결과를 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.28$ 을 나타내었으며, 초기저항 (R_{AIR})은 약 3.1MΩ정도로 나타나 850℃에서 소결한 경우보다는 특성이 좋게 나타났으나 Pt전극을 사용해 기존의 최적 제조조건으로 제작한 소자의 특성에는 여전히 미치지 못했다.

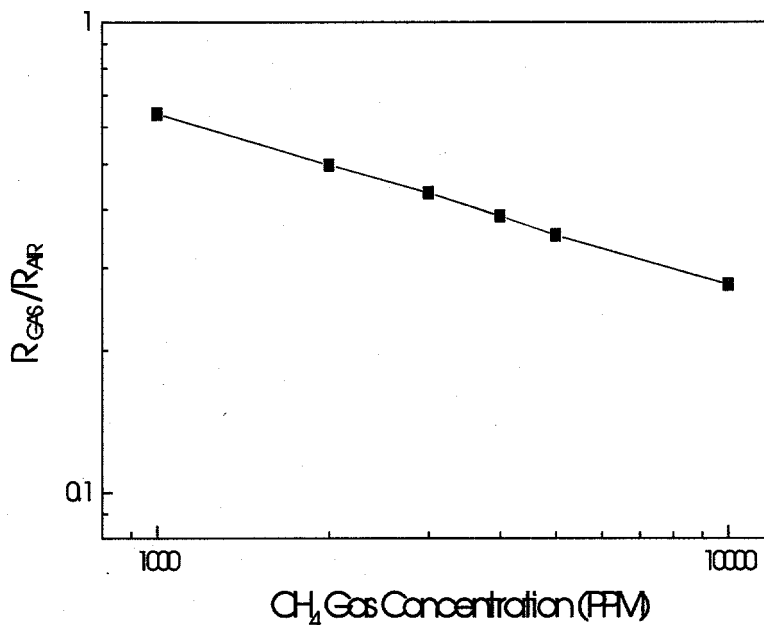
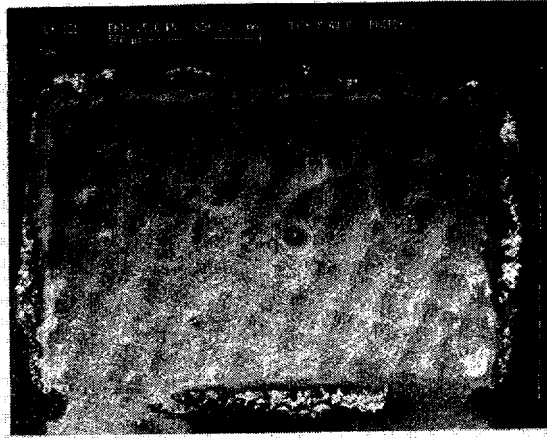


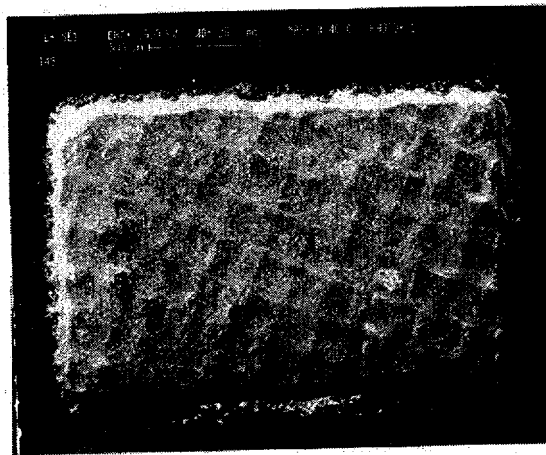
그림 2.87 Au전극을 사용해 750℃에서 소결한 센서의
메탄가스에 대한 감응특성

2차 시험에 사용한 센서의 물성분석 결과를 그림 2.88, 그림 2.89에 각각 나타내었다.

그림 2.88은 750℃와 850℃에서 소결한 센서 감지막의 미세구조를 나타낸 것으로 1차 시험에 사용한 센서의 감지막보다는 표면상태가 고르게 나타나는 것을 확인할 수 있었다.



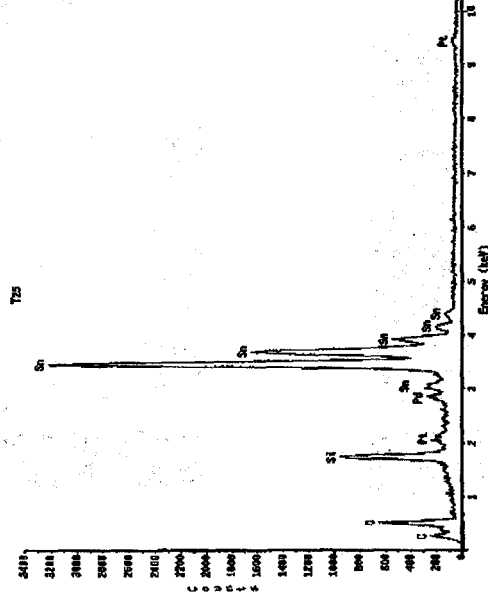
(a) 750°C 소결



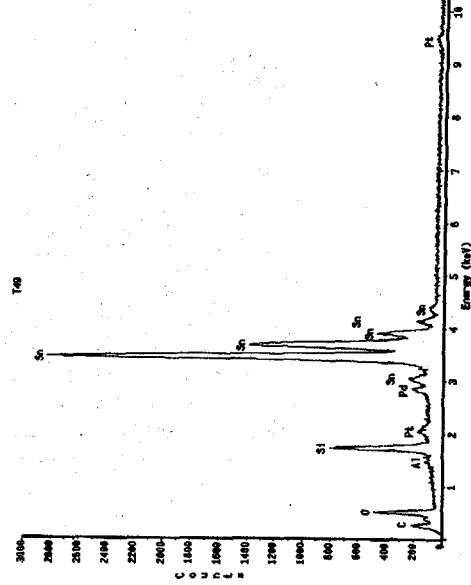
(b) 850°C 소결

그림 2.88 감지막의 미세구조 (Au 전극사용)

그림 2.89에 나타낸 EDS 분석결과 750°C에서 소결한 경우의 Sn함량이 850°C에서 소결한 경우에 비해 더 높게 나타나고 있는 것을 볼 수 있으며, 이러한 점이 가스의 감응특성 차이에 영향을 미쳤을 것으로 판단되나 보다 정확한 원인은 추후 재실험을 통해 확인되어야 할 것으로 사료된다.



(a) 750°C 소결



(b) 850°C 소결

그림 2.89 EDS 분석 (Au 전극사용)

5.3 Pt전극을 사용한 재현성 시험

Au전극을 사용해 제조한 소자의 특성이 기존의 Pt전극을 사용해 제조한 소자에 미치지 못함에 따라 Pt전극을 사용해 1차년도에 최적 제조조건과 동일한 방법으로 제작한 센서의 재현성 시험을 하였다.

그림 2.90은 Pt전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성 시험결과를 나타낸 것이다.

메탄가스 10000ppm 주입시 $R_{GAS}/R_{AIR}=0.21$ 을 나타냈으며, 초기저항(R_{AIR})은 약 1.3MΩ 정도로 나타나 1차년도에 제작한 소자에 비해 초기저항은 2배 이상 낮아지는 결과를 보였으나 감도는 떨어지는 것으로 나타났다.

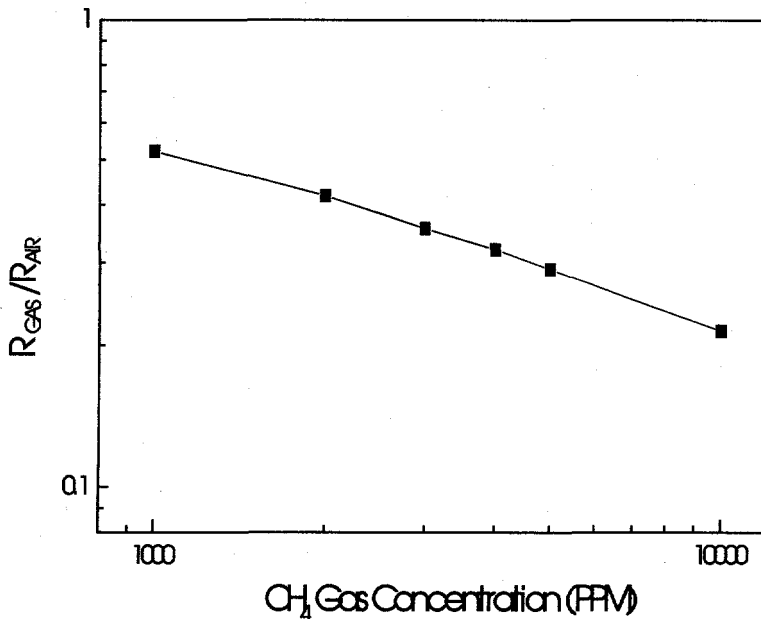


그림 2.90 Pt전극을 사용해 850℃에서 소결한 센서의 메탄가스에 대한 감응특성

그림 2.91은 Au전극과 Pt전극을 사용해 제조한 센서의 2차 재현성시험 결과를 비교한 것이다.

그림에 나타난 것과 같이 Au전극을 사용해 제조한 센서의 경우 750℃와 850℃에서 소결했을 때 모두 Pt전극을 사용해 850℃에서 소결해 제조한 센서에 비해 메탄가스에 대한 감응 특성이 미치지 못하는 것으로 확인되었다.

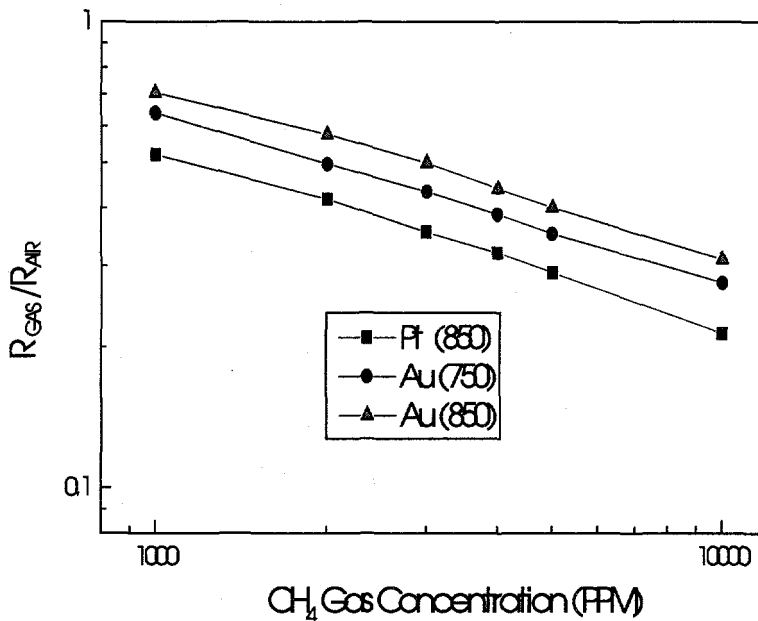


그림 2.91 Pt전극과 Au전극을 사용해 제조한 센서의
메탄가스에 대한 감응특성비교

1차년도에 가장 좋은 특성을 보였던 센서와 본 연구기간중 재현성 시험을 위해 제작했던 센서의 특성 비교표를 표 2.24에 나타내었다.

Au전극의 경우 전체적으로 Pt전극을 사용한 기존의 센서에 비해 초기 저항과 매탄가스에 대한 감응특성이 모두 못 미치는 것으로 나타난 가운데 750℃에서 소결했을 때의 특성이 보다 좋게 나타나고 있으며, Pt전극을 사용한 재현성 시험결과 감응특성이 Au전극보다는 우수하나 1차년도에 제작한 센서에 비해 다소 떨어지는 것으로 나타나 앞으로의 양산을 위해 안정된 성능이 유지되어야 한다는 점을 고려했을 때 이러한 차이가 발생하게 된 원인에 대한 보다 정확한 분석과 지속적인 시험을 통한 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

표 2.24 센서의 재현성 시험 특성비교표

구 분		소결온도	초기저항	R_{GAS}/R_{AIR} (CH ₄ 10000ppm)
1차년도 제작 (Pt 전극사용)		850℃	2.62MΩ	0.121
재 현 성 시 험	Pt 전극사용	850℃	1.25MΩ	0.214
	Au 전극사용 (1차) : A	850℃	6.04MΩ	0.794
	Au 전극사용 (1차) : B	850℃	7.50MΩ	0.819
	Au 전극사용 (2차)	750℃	3.06MΩ	0.276
	Au 전극사용 (2차)	850℃	3.19MΩ	0.310

제 4 절 현장 설치용 경보기의 제작

현장 설치용 Gas Monitoring System의 사양은 다음과 같다.

- 전 원 : AC 220V/60Hz
- 센서입력 : 4 Channels
- 측정범위 : 0~12,500PPM
- 경보출력 : 2point, Relay접점
- 표 시 부 : 320(w)×240(H) Dots LCD
 - BAR : 각 채널의 측정농도를 막대그래프 및 PPM, %단위로 표시.
 - LINE : 시간 및 농도를 설정하여 각 채널의 동작상태를 표시.
 - SET MODE : 경보설정. 시각설정. Print등 각종기능의 설정
- Heater경보 : 설정값의 $\pm 20\%$
- Print : INKJET PRINTER (HP-660K). PCL3
- 통 신 : RS-232C (저장된 DATA 출력)
- MEMORY : 4M Byte (4CH, 1분간격 측정값을 30일분 저장)

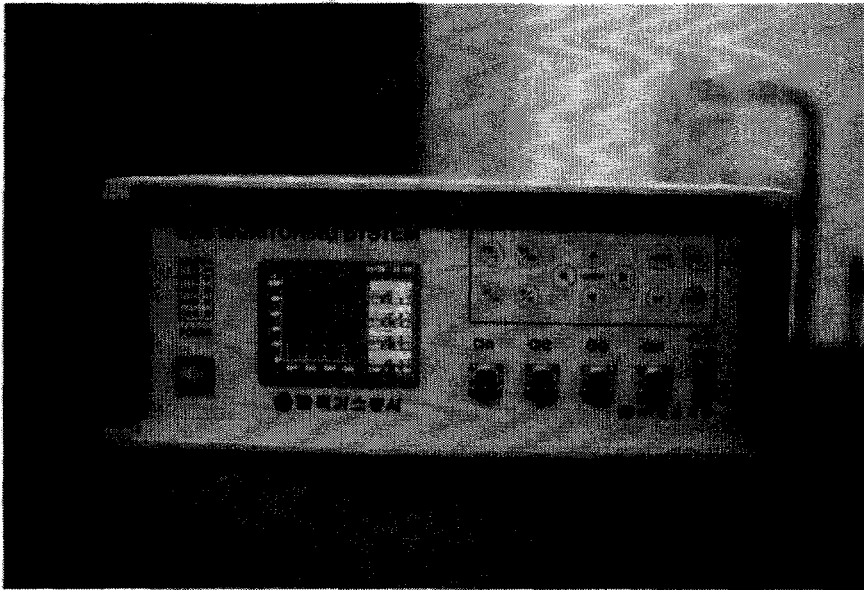
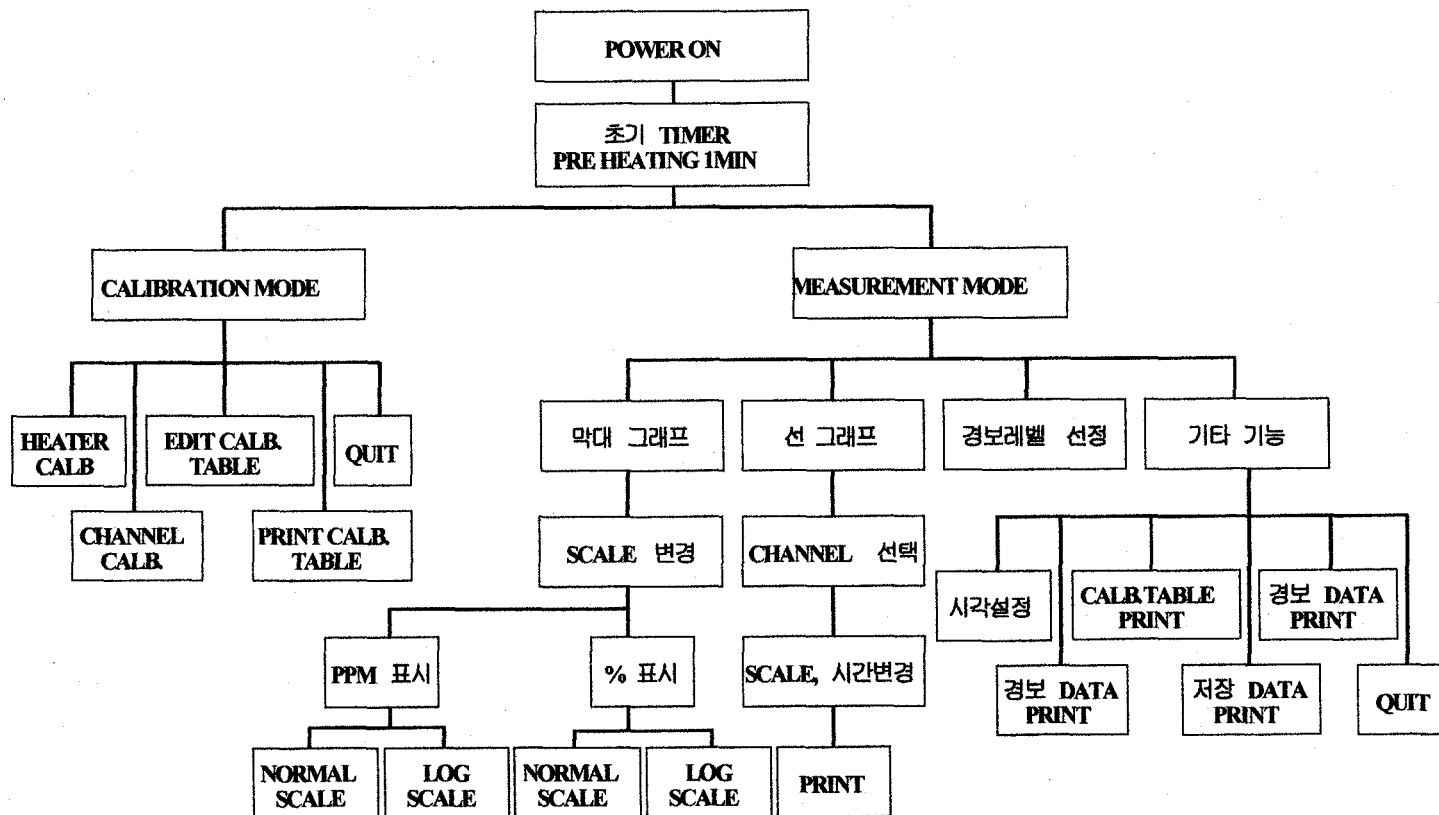


그림 2.92 현장 설치용 Gas Monitoring System

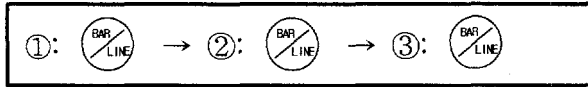


< MONITORING SYSTEM 의 PANNEL 조작 계통도 >

1. Gas Monitoring System의 각 기능별 동작방법

1-1. MEASUREMENT MODE

가. 그래프 TYPE 선택



①  : 막대 그래프

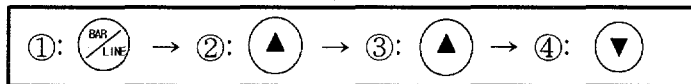
②  : 선 그래프

③  : 막대 그래프

< 막대그래프 >

A. SCALE 변경

SCALE 4단계 : 10%, 25%, 50%, 100%



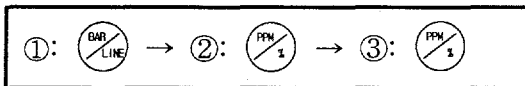
①  : 막대 그래프 설정

②  : SCALE 25%

③  : SCALE 50%

④  : SCALE 25%

B. 표시농도 단위변경

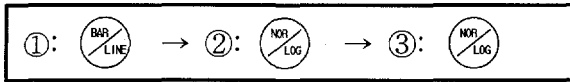


①  : 막대 그래프 설정

②  : PPM단위

③  : % 단위

C. SCALE TYPE 변경



- ①  : 막대 그래프 설정
- ②  : LOG SCALE
- ③  : NORMAL SCALE

< 선그래프 >

A. CHANNEL 선택

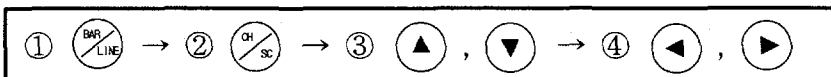


- ①  : 선 그래프 설정
- ②  : CHANNEL 선택
- ③   : 선택할 CHANNEL 위치로 이동
- ④   : 선택

B. SCALE, 표시시간 변경

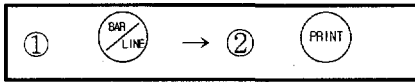
SCALE 4단계 : 10%, 25%, 50%, 100%

시간 5단계 : 60SEC, 120SEC, 6MIN, 12MIN, 60MIN



- ①  : 선 그래프 설정
- ②  : SCALE 및 시간 변경
- ③   : SCALE 설정
- ④   : 표시시간 설정

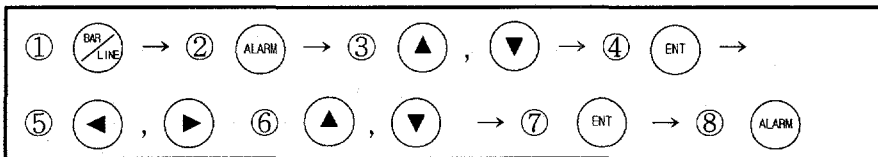
C. 현재 화면의 PRINT



- ① (BAR LINE) : 선 그래프 선택
- ② (PRINT) : KEY를 누른 시점에서 표시를 중지하고 PRINTER로 출력

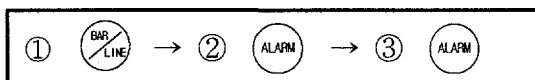
나. 경보레벨 설정

* 경보레벨은 막대 그래프 MODE에서 설정한다.



- ① (BAR LINE) : 막대 그래프 설정
- ② (ALARM) : 경보레벨 설정
- ③ (▲, ▼) : 설정할 CH위치로 이동
- ④ (ENT) : 설정 선택 (CURSOR 점멸)
- ⑤ (◀, ▶) : DIGIT 이동
- ⑥ (▲, ▼) : 레벨의 증, 감
- ⑦ (ENT) : 설정 완료
- * 다음 CHANNEL 설정시 3번 STEP부터 반복
- ⑧ (ALARM) : 그래프 MODE로 복귀

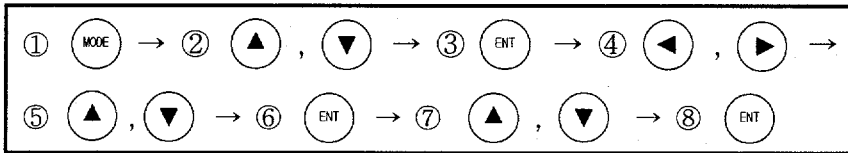
< 경보레벨 확인 >



- ①  : 막대 그래프 설정
- ②  : 설정되어 있는 레벨 표시
- ③  : 그래프 MODE로 복귀

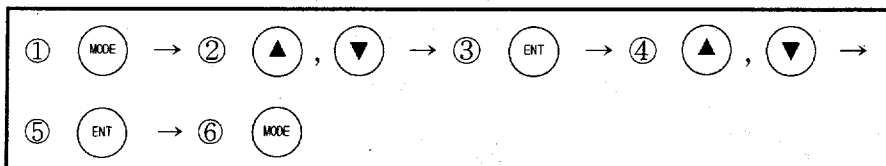
다. 기타 기능

A. 시각 설정



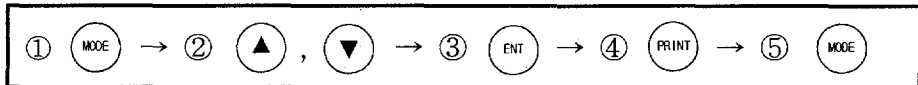
- ①  : 기타 기능 설정 Mode
- ②  ,  : CALENDAR/CLOCK SETUP으로 이동
- ③  : 선택
- ④  ,  : 설정할 위치 이동
- ⑤  ,  : 숫자의 증, 감
- ⑥  : 설정완료
- ⑦  ,  : 다른 기능으로 이동
- ⑧  : 복귀

B. 경보출력 Type 및 경보출력해제



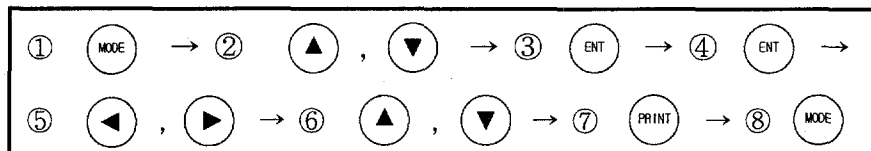
- ①  : 기타 기능 설정 Mode
- ②   : ALARM OUTPUT SETUP으로 이동
- ③  : 설정 선택
- ④   : 경보출력 Type 또는 출력해제로 이동
- ⑤  : 설정완료
- ⑥  : 기타 기능 설정 MENU로 복귀

C. CALIBRATION TABLE PRINT



- ①  : 기타 기능 설정 Mode
- ②   : CALIBRATION TABLE PRINT로 이동
- ③  : 설정 선택
- ④  : DATA를 PRINTER로 출력
- ⑤  : MENU로 복귀

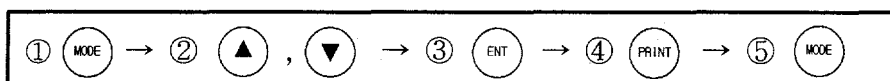
D. 저장된 DATA PRINT



- ①  : 기타 기능 설정 Mode
- ②   : STORAGE GAS DATA PRINT로 이동
- ③  : 설정 선택

- ④   : PRINT할 구간 위치로 이동
 * PRINT 구간은 현재 시각으로부터 30일전
- ⑤   : 숫자의 증감
- ⑥  : DATA를 PRINTER로 출력
- ⑦  : MENU로 복귀

E. 경보레벨 PRINT

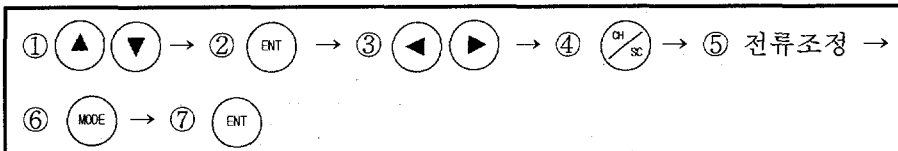


- ①  : 기타 기능 설정 Mode
- ②   : ALARM DATA TABLE PRINT로 이동
- ③  : 설정 선택
- ④  : DATA를 PRINTER로 출력
- ⑤  : MENU로 복귀

1-2. CALIBRATION MODE

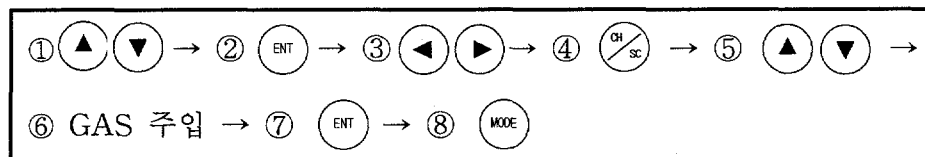
- * CALIBRATION MODE로 이동하기 위해서는 전원 투입 후 PRE HEATING (1 MIN) 동작이 완료되기 전에  KEY를 누르고 있어야 한다. 이 MODE는 특별한 기능으로 설정값의 변경은 측정한 GAS 농도값에 영향을 주므로 주의해야 한다.

가. HEATER 전류설정



- ①  : HEATER CALIBRATION으로 이동
- ②  : 설정 선택
- ③  : 설정할 CHANNEL로 이동
- ④  : CHANNEL 선택 여부 결 (Toggle 동작)
- ⑤ 전류조정 : VR을 원하는 전류값으로 조정
- ⑥  : 설정완료. 설정값 SAVE
- ⑦  : MENU로 복귀

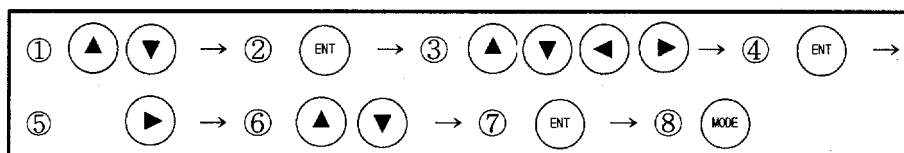
나. CHANNEL CALIBRATION (가스농도 CALB.)



- ①  : CHANNEL CALIBRATION으로 이동
- ②  : 설정 선택
- ③  : 설정할 CHANNEL로 이동

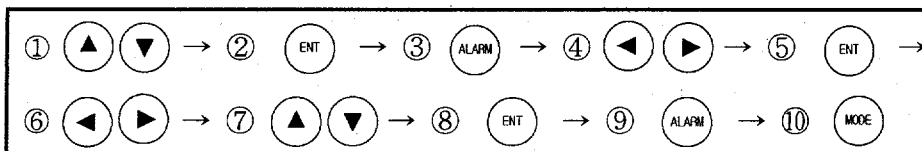
- ④  : CHANNEL 선택 여부 결 (Toggle 동작)
- ⑤  : CALIBRATION GAS 농도 선택
- ⑥ GAS 주입 : GAS CHAMBER에 선택된 농도의 GAS 주입
- ⑦  : 설정 완료
- * 다른 CHANNEL, 다른 농도의 CALB.은 STEP 3번부터 반복
- ⑧  : MENU로 복귀

다. CALIBRATION TABLE EDIT



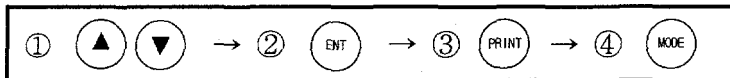
- ①  : EDIT CALIBRATION TABLE로 이동
- ②  : 설정 선택
- ③  : 수정할 위치로 이동
- ④  : 수정 선택
- ⑤  : DIGIT 이동
- ⑥  : 숫자의 증, 감
- ⑦  : 설정완료
- * 필요시 STEP 3번부터 반복
- ⑧  : MENU 복귀

< OFFSET 조정 >



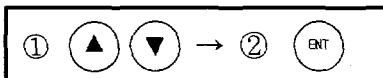
- ①   : EDIT CALIBRATION TABLE로 이동
- ②  : 설정 선택
- ③  : OFFSET 설정 선택
- ④   : +, - 선택
- ⑤  : 선택
- ⑥   : DIGIT 이동
- ⑦   : 숫자의 증감
- ⑧  : 설정 완료
- ⑨  : MENU로 복귀 준비
- ⑩  : MENU 보기

라. CALIBRATION TABLE PRINT



- ①   : PRINT CALIBRATION TABLE로 이동
- ②  : 설정 선택
- ③  : CALIB. TABLE DATA를 PRINTER로 출력
- ④  : MENU 복귀

마. QUIT



- ①   : PRINT CALIBRATION TABLE로 이동
- ②  : 설정 선택

2. Heater 구동부

반도체식 가스센서는 반도체 표면에 가스가 접촉했을 때 일어나는 전기전도도의 변화를 이용하는 것이다. 반도체의 전기전도도를 일으키기 위해서는 가스의 화학적 반응이 이루어져야하고 화학반응을 일으키기 위해서는 적절한 열에너지를 필요로 하게 된다. 따라서 가스센서의 구조는 heater를 필요로 하게 되는데 발열온도는 가스 종류에 따라 차이가 있으며 천연가스의 주성분인 메탄가스의 화학반응이 이루어지려면 약 400℃ 정도의 온도가 필요하다. heater에서 발열되는 온도의 안정도는 가스센서에 있어서 센서의 특성이 좌우되는 매우 중요한 부분으로 센서의 heater는 특성 안정도와 수명에 매우 큰 영향을 미친다.

산업용 가스경보기의 경우 가스센서를 옥외에 설치하면 밤과 낮 사계절 기온차에 의해 heater 온도는 큰 열손실을 갖게 되며 그에 의한 특성 변화가 생기게 된다. 또한 센서가 경보기 설치장소보다 멀어지는 경우 센서와 경보기의 연결선로가 길어질수록 전성의 선로저항이 커지게 되며 이 선로저항에 의해 선로손실이 발생되고 그 선로손실이 heater에 직접적인 영향을 주게 되어 센서특성 저하의 요인이 된다.

Gas Monitoring System에서는 이러한 문제점을 보완하기 위해 heater에 공급되는 Power를 정전류 방식으로 공급하고 있다.

정전류 방식이란 부하 임피던스 변화에 따라 부하측에 공급되는 전압을 가변시킴으로서 부하측에 흐르는 전류를 항상 일정하게 유지시키는 것이다.

회로의 구성은 SMPS Mode의 전용 IC인 TL494를 사용하고 이 IC는 R9와 C3에 의하여 25kHz의 주기로 발진이 된다. Tr1을 통하여 공급되는 전원은 VR1의 설정값에 의해 OSC 주파수의 반주기 동안 D1과 L1을 통하여 C2에 채워진다. C2에 채워진 에너지는 heater에 공급이 되며 이러한 반복과정으로 heater에 전류가 흐르게 되며 heater에 흐르는 전류는 R6과 R7로 전압검출이 되어 R8을 통하여 IC 내부의 연산증폭기로 비교되어 Tr1의 바이어스 전압을 조절하여 공급전압 24V를 조절함으로써 항

상 일정한 부하전류를 유지하도록 하는 것이다. OUTPUT전류는 IC의 내부 Reference를 통하여 VR1으로 설정하게 된다. 이때 설정된 전류값은 CPU에 의해 저장되고 heater단선, 선로단선, 회로의 고장등 이상이 생길 경우 heater Err의 경보를 알려준다.

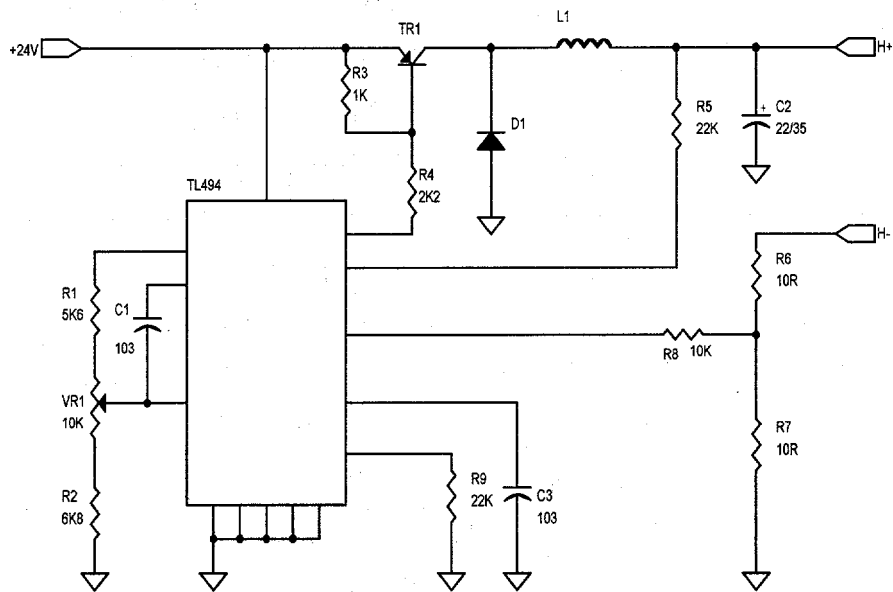


그림 2.94 Heater 정전류 공급회로

2. SENSOR AMP

현재 개발된 후마형 가스센서의 경우 페이스트화된 감지막 재료를 얇은 막 저항이 차이를 갖게 되며 따라서 가스반응이 없는 R_{AIR} 의 저항값과 특정가스 농도에 대한 R_{GAS} 값에서 편차가 발생한다.

이와 같은 이유로 가스센서 교제시에는 R_{AIR} 와 R_{GAS} 의 값을 고정하여야 한다.

그럼에 보여진 회로에서 그 동작이 이루어진다.

회로에 공급되는 Reference전압은 5,000V로서 온도계수 10ppm의 매우 높은 전압안정도를 가지고 있다.

센서는 S1과 S2 양단에 연결되며 R_{AIR} 때에 IC1의 출력이 0V가 되도록 VR1으로 SET된다. 이때 R5는 감지막 임피던스의 기동기 보정 및 임피던스를 안정화시키기 위해 C1은 노이즈에 대한 보상을 하게 된다.

VR2는 IC2의 차동입력밸런스를 0으로 SET하여 주고 가스센서에 특정 농도의 Test Gas를 투입하여 IC2의 출력이 5V가 되도록 VR3으로 SET한다.

이 값을 CPU의 A/D 콘버터로 읽어 Display 및 Data로 저장하게 된다.

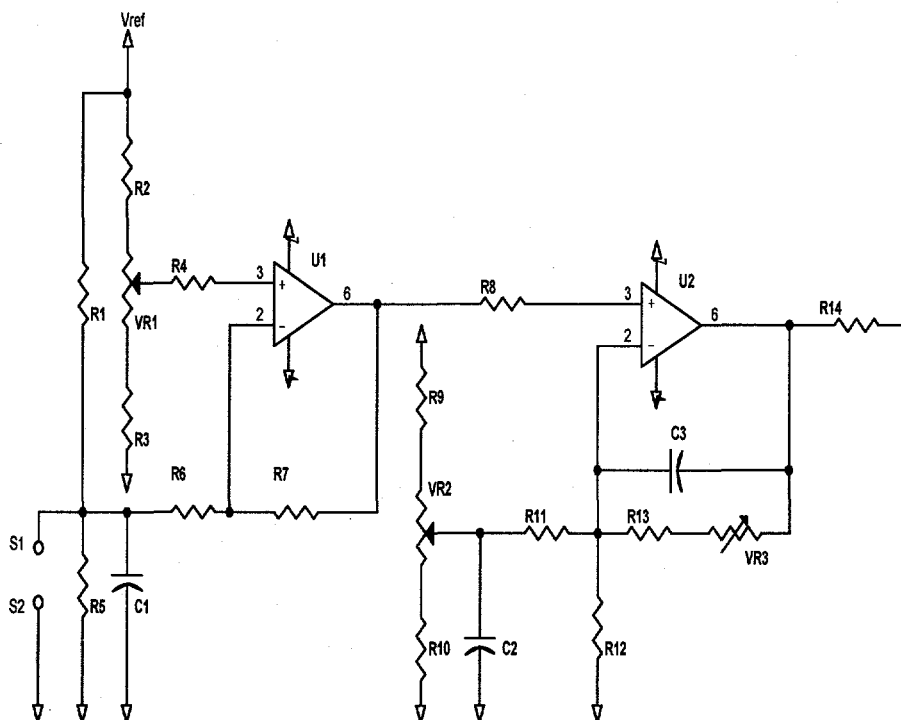


그림 2.95 SENSOR IMPEDANCE 설정회로

3. Digital부

Gas Monitoring System은 산업용 가스경보기에서 필요로 하는 모든 기능과 동시에 본 연구에서 개발된 가스센서의 Field Test를 수행할 수 있는 기능으로 제작되었다.

본 System의 특징일 할 수 있는 것은 내부에 탑재된 16bit의 CPU가 20MHz의 Clock으로 운영되어 모든 Data가 고속으로 처리되게 하였으며 4 Channel의 센서입력부를 두어 각 센서의 동작상태를 System전면 LCD를 통하여 막대그래프 선그래프 등으로 확인할 수 있고 0~12,500 ppm의 가스농도에 대한 값을 ppm이나 %값으로 나타나게 하였다.

이때 LCD화면상에 보여지는 Data는 화면출력을 통하여 print를 할 수가 있다. 특히 현장에서 장기간 측정시에 측정된 4 Channel의 Data에 대한 30일분의 측정값을 내부에 저장하여 저장된 Data를 필요시 RS-232C 통신 출력을 통해 확인할 수 있게 하였다.

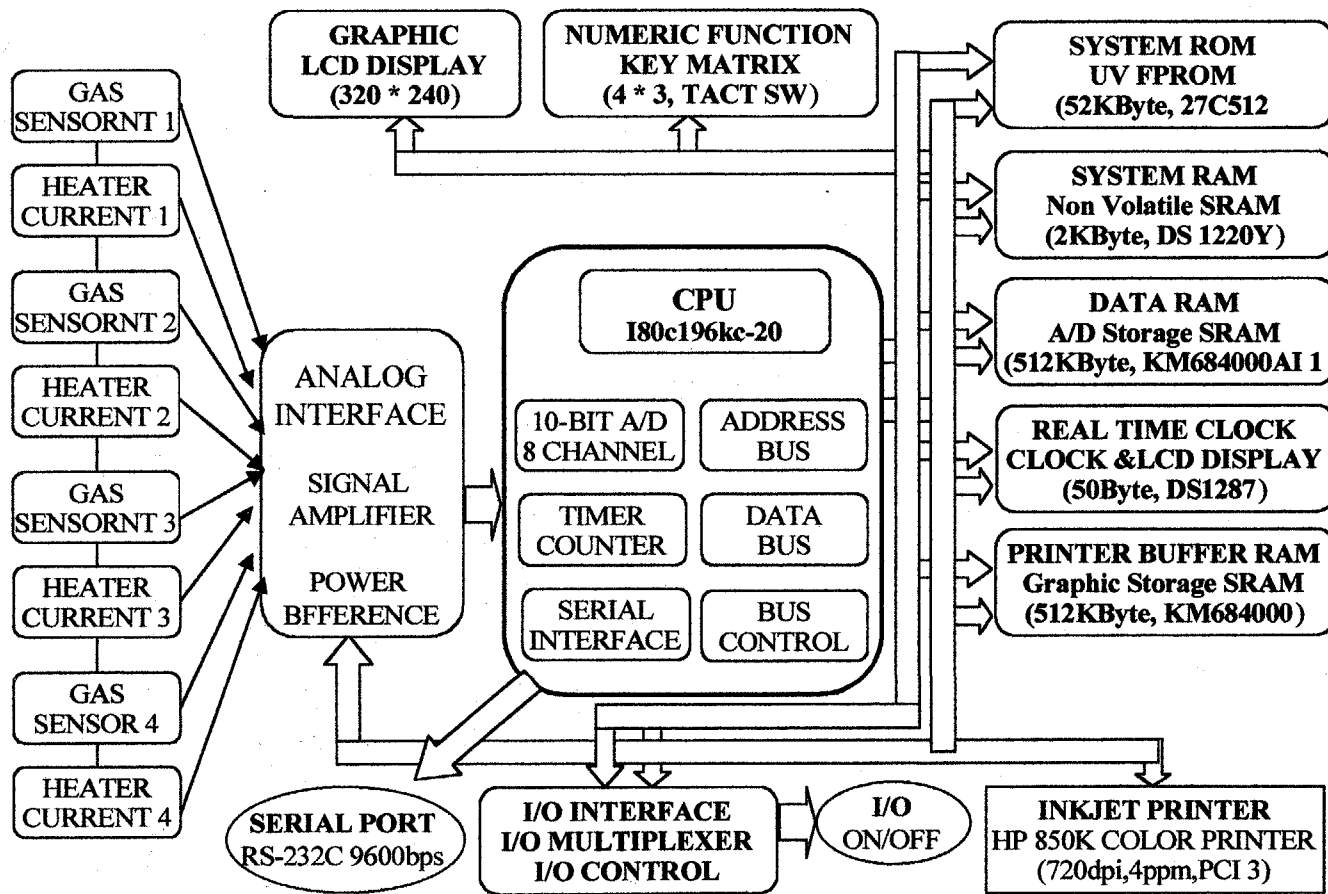
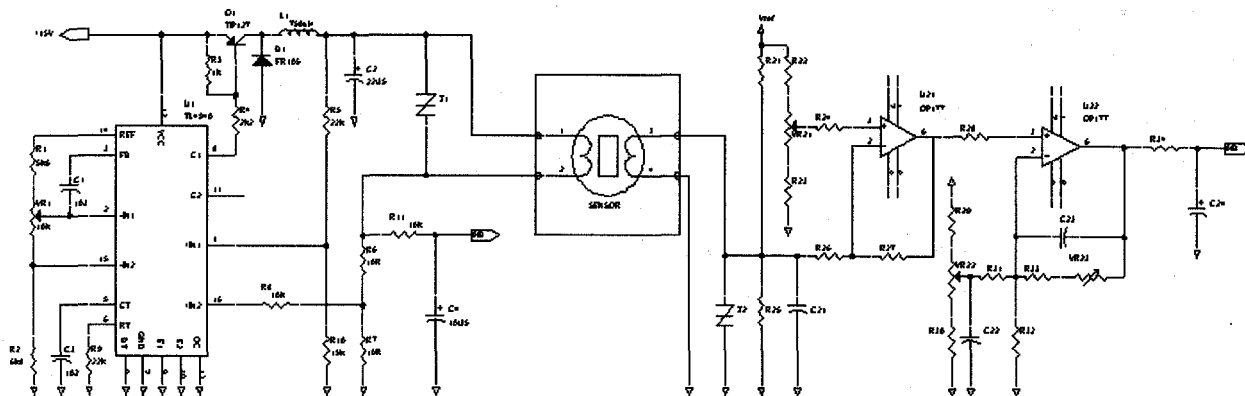


그림 2.96 가스경보기 인터페이스



CHANNEL - 2

CHANNEL - 3

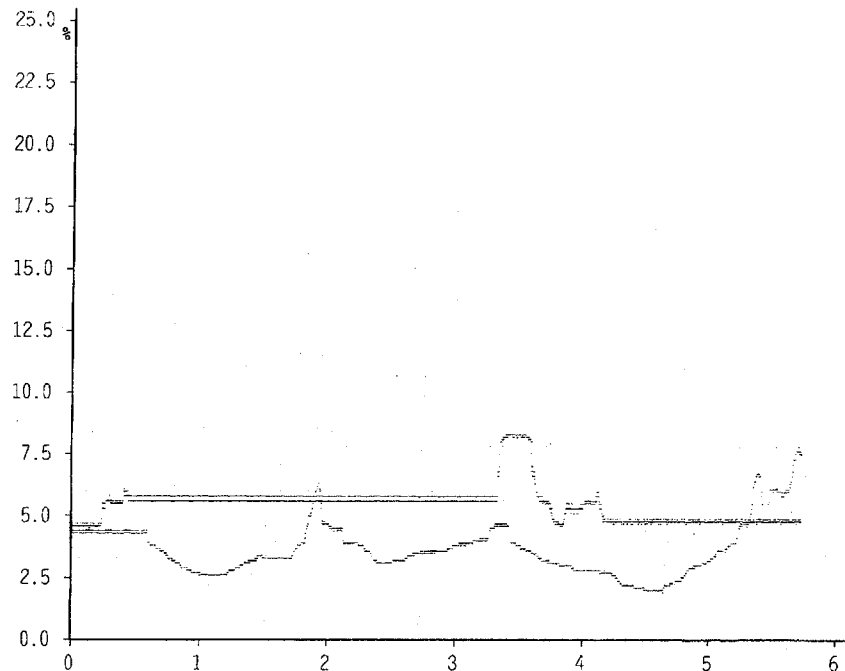
CHANNEL - 4

< 센서 신호처리 회로도 >

그림 2.97 센서 신호처리 회로도

Gas Monitoring System

1998/11/30 15:57



CH-1 Max. = 7.8%

CH-1 Min. = 1.9%

CH-2 Max. = 8.3%

CH-2 Min. = 4.5%

CH-3 Max. = 12.6%

CH-3 Min. = 1.9%

CH-4 Max. = 7.9%

CH-4 Min. = 3.3%

CH-1 Alarm High = 23.0%

CH-1 Alarm Low = 10.0%

CH-2 Alarm High = 20.0%

CH-2 Alarm Low = 5.0%

CH-3 Alarm High = 23.0%

CH-3 Alarm Low = 7.0%

CH-4 Alarm High = 25.0%

CHANNEL-1

CHANNEL-2

CHANNEL-3

CHANNEL-4MIN

그림 2.98 가스모니터링 시스템 데이터 드리프트

전체 회로도

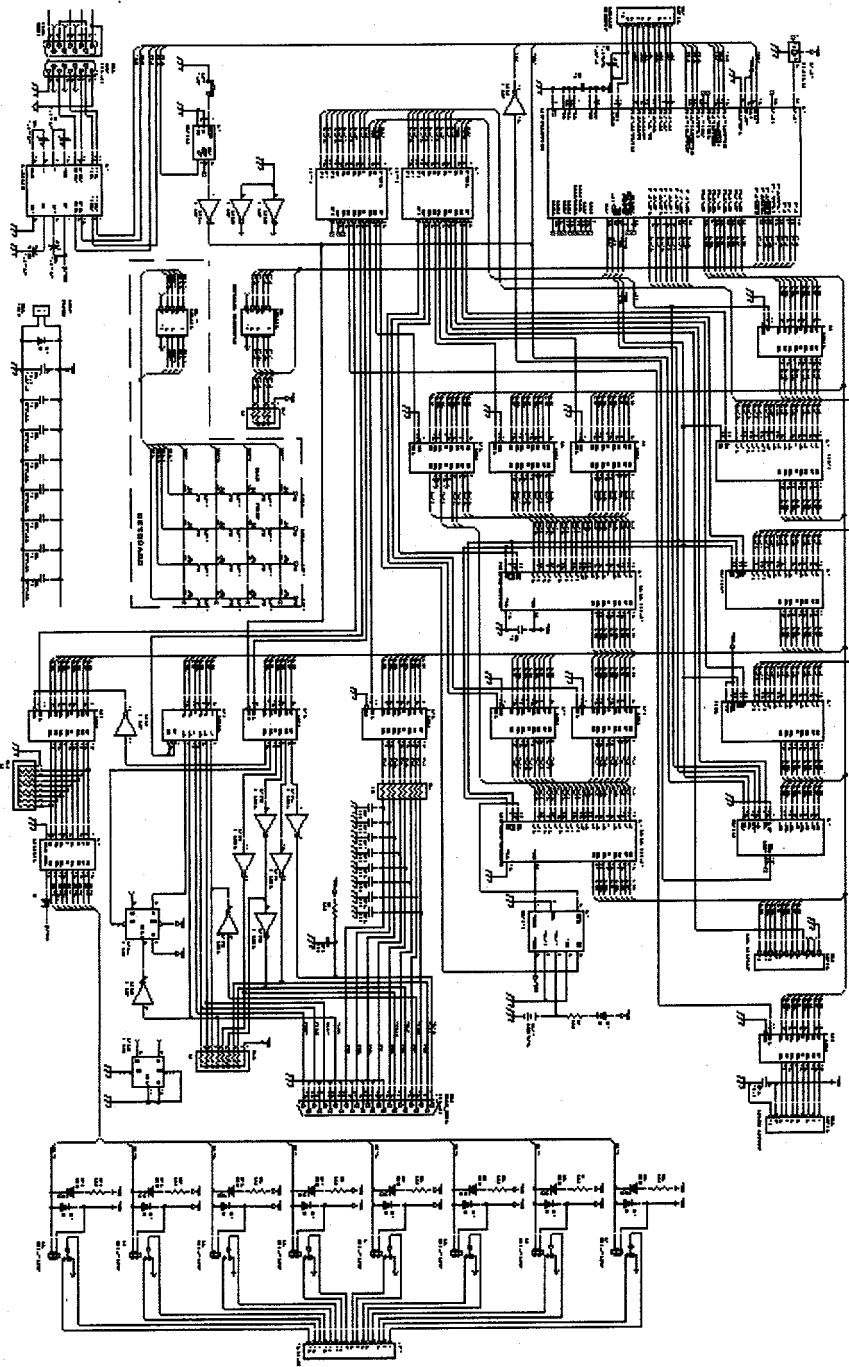


그림 2.99 전체회로도

2.25 Calibration Data Table

CALIBRATION DATA TABLE

1998/11/30 15:45

<<< HEATER CURRENT >>>

CH-1 = 118 mA

CH-2 = 117 mA

CH-3 = 119 mA

CH-4 = 118 mA

<<< CHANNEL VOLTAGE >>>

(Unit = mV)

PPM	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4	PPM	CH-1	CH-2	CH-3	CH-4
0	0	0	0	0	25500	2046	2046	2046	2046
500	404	470	354	440	26000	2046	2046	2046	2046
1000	594	660	554	580	26500	2046	2046	2046	2046
1500	678	728	634	628	27000	2046	2046	2046	2046
2000	754	780	700	690	27500	2046	2046	2046	2046
2500	772	802	718	728	28000	2046	2046	2046	2046
3000	784	814	730	740	28500	2046	2046	2046	2046
3500	802	826	732	774	29000	2046	2046	2046	2046
4000	814	830	736	804	29500	2046	2046	2046	2046
4500	852	866	772	836	30000	2046	2046	2046	2046
5000	884	894	804	864	30500	2046	2046	2046	2046
5500	908	918	828	882	31000	2046	2046	2046	2046
6000	926	936	848	892	31500	2046	2046	2046	2046
6500	950	958	868	908	32000	2046	2046	2046	2046
7000	970	978	890	916	32500	2046	2046	2046	2046
7500	994	998	912	930	33000	2046	2046	2046	2046
8000	1012	1020	932	942	33500	2046	2046	2046	2046
8500	1034	1042	956	958	34000	2046	2046	2046	2046
9000	1056	1062	976	968	34500	2046	2046	2046	2046
9500	1078	1086	998	982	35000	2046	2046	2046	2046
10000	1098	1104	1018	994	35500	2046	2046	2046	2046
10500	1124	1128	1042	1008	36000	2046	2046	2046	2046
11000	1142	1146	1062	1020	36500	2046	2046	2046	2046
11500	1164	1168	1086	1034	37000	2046	2046	2046	2046
12000	1184	1188	1106	1046	37500	2046	2046	2046	2046
12500	1204	1208	1126	1058	38000	2046	2046	2046	2046
13000	2046	2046	2046	2046	38500	2046	2046	2046	2046
13500	2046	2046	2046	2046	39000	2046	2046	2046	2046
14000	2046	2046	2046	2046	39500	2046	2046	2046	2046
14500	2046	2046	2046	2046	40000	2046	2046	2046	2046
15000	2046	2046	2046	2046	40500	2046	2046	2046	2046
15500	2046	2046	2046	2046	41000	2046	2046	2046	2046
16000	2046	2046	2046	2046	41500	2046	2046	2046	2046
16500	2046	2046	2046	2046	42000	2046	2046	2046	2046
17000	2046	2046	2046	2046	42500	2046	2046	2046	2046
17500	2046	2046	2046	2046	43000	2046	2046	2046	2046
18000	2046	2046	2046	2046	43500	2046	2046	2046	2046
18500	2046	2046	2046	2046	44000	2046	2046	2046	2046
19000	2046	2046	2046	2046	44500	2046	2046	2046	2046
19500	2046	2046	2046	2046	45000	2046	2046	2046	2046
20000	2046	2046	2046	2046	45500	2046	2046	2046	2046
20500	2046	2046	2046	2046	46000	2046	2046	2046	2046
21000	2046	2046	2046	2046	46500	2046	2046	2046	2046
21500	2046	2046	2046	2046	47000	2046	2046	2046	2046
22000	2046	2046	2046	2046	47500	2046	2046	2046	2046
22500	2046	2046	2046	2046	48000	2046	2046	2046	2046
23000	2046	2046	2046	2046	48500	2046	2046	2046	2046
23500	2046	2046	2046	2046	49000	2046	2046	2046	2046
24000	2046	2046	2046	2046	49500	2046	2046	2046	2046
24500	2046	2046	2046	2046	50000	2046	2046	2046	2046
25000	2046	2046	2046	2046					

(* = Data Error)

表 2.26 Alarm Limit Data Table

ALARM LIMIT DATA TABLE

1998/11/30 15:48

ALARM NUMBER	(Unit = %)							
	CH-1 HIGH	CH-1 LOW	CH-2 HIGH	CH-2 LOW	CH-3 HIGH	CH-3 LOW	CH-4 HIGH	CH-4 LOW
1	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
2	20.0	20.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
3	20.0	10.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
4	20.0	10.0	20.0	5.0	20.0	7.0	20.0	5.0
5	20.0	10.0	20.0	5.0	20.0	7.0	20.0	5.0
6	25.0	10.0	20.0	5.0	20.0	7.0	20.0	5.0
7	23.0	10.0	20.0	5.0	23.0	7.0	20.0	5.0
8	23.0	10.0	20.0	5.0	23.0	7.0	25.0	5.0
9	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
10	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
11	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
12	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
13	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
14	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
15	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
16	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
17	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
18	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
19	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
20	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
21	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
22	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
23	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
24	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
25	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
26	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
27	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
28	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
29	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
30	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
31	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
32	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
33	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
34	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
35	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
36	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
37	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
38	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
39	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
40	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
41	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
42	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
43	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
44	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
45	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
46	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
47	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
48	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
49	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
50	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
51	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
52	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
53	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
54	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
55	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
56	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
57	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
58	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
59	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
60	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
61	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
62	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
63	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0
64	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0	20.0	5.0

4. 환경시험 및 분석

본 연구개발 기간에서는 센서소자의 환경시험을 위해 1차년도 연구개발 기간중 현장에 설치한 센서의 동작을 정기적으로 점검하였으며, 모든 시간의 동작상태를 연속적으로 체크해내는 Gas Monitoring System의 데이터 내용을 정기적으로 수집하여 안정된 동작유무를 확인하였다.

지난 1차년도의 연구개발 기간중에는 가스공사 연구개발원과 반월 정압소, 목감 정압소에 각 1대, 평촌 정압소에 2대 등 총 5대의 Gas Monitoring System을 설치하였으며, 센서의 동작을 체크하는 Gas Monitoring System은 1대당 4개의 CH(채널)을 갖고 각 CH에 1개의 센서가 연결되는 구조로 제작되어 모든 시간의 동작상태를 지속적으로 체크하며 각 CH마다 센서의 메탄가스 감지값을 1분마다 값으로 표시해내는 기능을 갖추고 있다.

표 2.27에 나타낸 것과 같이 Gas Monitoring System의 데이터는 년, 월, 일, 시, 분, CH1~CH4의 메탄가스 감지결과 순으로 표시되어지며, 센서가 감지해내는 메탄가스의 농도를 LEL의 0.1%(50PPM)~100%(50000PPM) 범위로 나타낼 수 있게 하였다. 메탄가스 감지값의 표시는 LEL(50000PPM)에 대한 백분율(%)을 나타낸 것으로 예를 들어 표 1의 CH1 밑에 0.1이 표시된 경우 50000PPM의 0.1%인 50PPM의 메탄가스가 감지되었음을 의미한다.

표 2.27 Gas Monitoring System의 데이터 표시 예

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	10	17	0.1	0.0	0.0	0.0

본 연구개발 기간동안 실시한 센서의 현장 정기점검 및 Gas Monitoring System에 나타난 데이터를 수집하여 분석한 결과, 가스공사 연구개발원을 제외하고는 전체적으로 안정한 동작을 나타내고 있는 것으로 확인되었다.

본 연구개발 기간중 Gas Monitoring System에 체크된 데이터들중 일부(1999년 3월 8일 9시 5분~11시 28분)를 부록(표 1.1-표 1.10 참조)으로 첨부하였다.

4.1 가스공사 연구개발원

가스공사 연구개발원에 설치한 센서의 경우 Gas Monitoring System의 데이터를 분석한 결과 4개의 CH중 3개의 CH(CH1, CH2, CH4)에 메탄가스의 감지가 표시되는 것으로 나타났으며, 현장 정기점검 시에도 불안한 동작을 나타내고 있는 것으로 확인되었다.

부록으로 첨부한 표 1.1, 표 1.2는 1999년 3월 8일 오전 9시 5분~11시 28분 사이의 데이터를 나타낸 것이다. 이 시간대의 경우 CH1, CH2, CH4에 메탄가스 LEL의 0.1%(50PPM)~2.1%(1050PPM) 범위에 해당하는 값이 표시되었으며, 표에 나타내지 못한 다른 시간대의 경우에도 이와 비슷한 범위의 값이 표시되고 있는 것으로 확인되었다.

특히 CH1, CH2의 경우 메탄가스의 감지가 표시된 빈도수 및 감지된 값이 크게 나타났는데, 두 CH에 값이 표시되고 있는 시점이 주로 동일한 시간대에 함께 감지되고 있는 것으로 미루어볼 때 주위 환경의 변화에 민감한 영향을 받고 있는 것으로 판단되며, 이와 같은 현상이 일어나게 된 원인을 조사하기 위해 현장조사를 실시한 결과, 경보기와 Gas Monitoring System을 연결한 '케이블선'의 Noise에 의한 영향이 주원인인 것으로 조사되었다.

현재 가스공사 연구개발원에 설치한 경보기와 Gas Monitoring System을 연결하는데 사용한 '케이블선'은 다른 곳에 설치한 '케이블선'처럼 2중의 Shield가 전선을 감싸고 있는 구조로 되어있지 않아 주위의 Noise에 민감한 영향을 받을 수 있게 되어 메탄가스의 농도감지시 오동작이 일어나는 것으로 확인되어, 이러한 현상을 방지하기 위해 추후 '케이블선'을 교체할 계획이다.

4.2 반월 정압소

반월 정압소에 설치한 센서의 경우 현장 정기점검시 오동작이 발견되지 않았으며, Gas Monitoring System의 데이터를 분석한 결과 메탄가스의 감지가 전혀 표시되지 않은 것으로 나타나 장시간동안 안정된 동작이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

부록의 표 1.3, 표 1.4은 Gas Monitoring System의 데이터내용중 일부(1999년 3월 8일 9시 5분~11시 28분 사이의 데이터)를 나타낸 것으로 메탄가스의 감지가 전혀 표시되지 않은 것을 볼 수 있으며, 표에 나타내지 못한 다른 시간대에서도 이와 같은 값을 나타낸 것을 확인하였다.

4.3 목감 정압소

목감 정압소에 설치한 센서의 경우 반월 정압소와 마찬가지로 현장 정기점검시 오동작이 발견되지 않았으며, Gas Monitoring System의 데이터에도 메탄가스의 감지가 표시되지 않은 것으로 나타나 장시간동안 안정된 동작이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

부록의 표 1.5, 표 1.6은 Gas Monitoring System의 데이터내용중 일부(1999년 3월 8일 9시 5분~11시 28분 사이의 데이터)를 나타낸 것으로 메탄가스의 감지가 전혀 표시되지 않은 것을 볼 수 있으며, 표에 나타내지 못한 다른 시간대에서도 이와 같은 값을 나타낸 것을 확인하였다.

4.4 평촌 정압소

평촌 정압소의 경우 총 2대의 Gas Monitoring System을 설치하였는데, 다른 정압소와 마찬가지로 현장 정기점검시 센서의 오동작이 발견되지 않았으며, Gas Monitoring System의 데이터 분석결과 메탄가스의 감지가 표시되지 않은 것으로 나타나 장시간동안 안정된 동작이 이루어지고 있음을 확인할 수 있었다.

부록의 표 1.7, 표 1.8, 표 1.9, 표 1.10은 2대의 Gas Monitoring System의 데이터내용중 일부(1999년 3월 8일 9시 5분~11시 28분 사이의 데이터)를 나타낸 것으로 메탄가스의 감지가 전혀 표시되지 않은 것

을 볼 수 있으며, 표에 나타내지 못한 다른 시간대에서도 이와 같은 값을 나타내고 있음을 확인했다.

이상의 내용을 종합한 결과 가스공사 연구개발원을 제외하면 1차년도 연구기간중 현장 설치한 센서들이 모두 장기적으로 안정된 동작을 나타내고 있음을 확인할 수 있었으며, 추후에도 지속적인 현장점검 및 데이터를 수집하여 장기 안정성을 체크해나갈 계획이다.

제 5 절 가정용 경보기의 시제품 제작

가정용 경보기의 시제품의 사양과 외장도는 각각 표 2.28과 그림 2.100에 나타내었다.

표 2.28 가정용 가스경보기의 사양

적 용 가 스	LNG
경 보 농 도	폭발하한값의 25%이하
형 식	단독형, 반도체식 후막형
경 보 방 법	· 황색램프 점등 (자동복귀식) · 경보음 발생
전 원	AC 220V
사용온도범위	-10~40℃
소 비 전 력	· 정상작동시 : 2.85 W · 경보작동시 : 3 W
치 수 (mm)	70× 120× 41.5 (L× T× H)

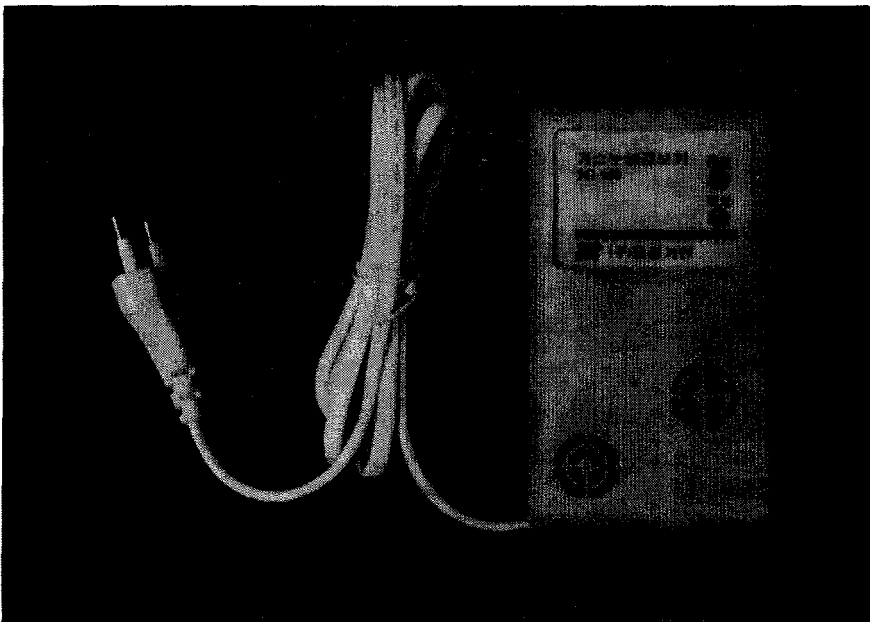


그림 2.100 가정용 가스경보기의 외장사진

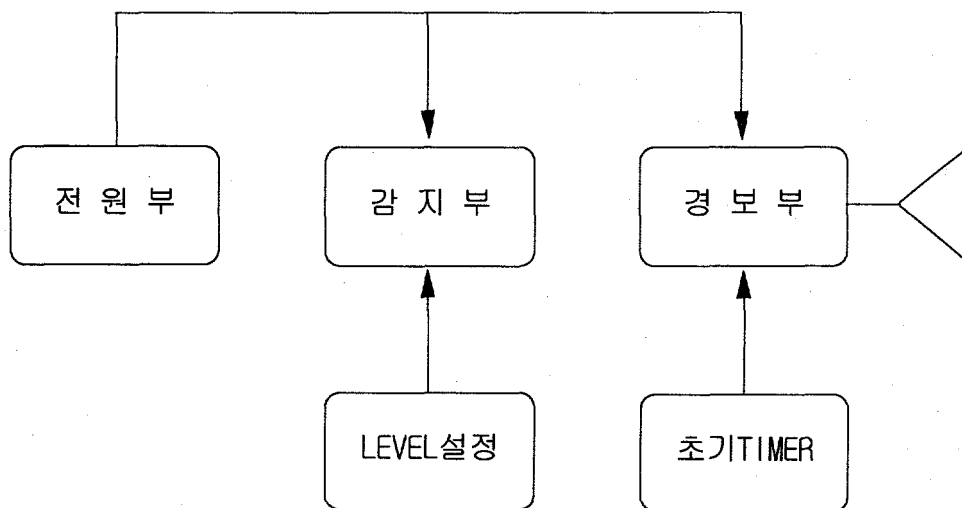


그림 2.101 가스누설경보기의 계통도

1. 전 원 부

가스경보기의 전원부 회로동작은 다음과 같이 이루어진다.

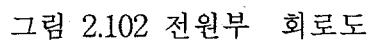
전원회로는 두 개의 계통으로 구분되어지며, 하나는 신호처리 및 구동 회로의 전원인 DC 8V의 정전압전원이 만들어지고, 다른 하나는 센서히터에 공급되는 전원으로 DC 5V의 스위칭 회로로 구성되어 있다.

AC220V의 LINE 전원이 공급되면 이 전압은 300mA의 퓨즈(F1)를 통하여 트랜스 (T1)의 1차측에 공급되며, 트랜스의 2차 측에는 중앙 단자를 중심으로 AC 9V의 양 전원이 만들어진다. 이 전압은 정류 다이오드 (D1, D2)와 콘덴서 (C1)로 구성된 정류회로를 통하여 직류전압으로 변환된다. 이 직류 전압은 정전압 IC인(U4)에 공급되어, IC의 출력측에는 리플이 매우 적은 양질의 DC 8V의 전압이 만들어지며, 이 전압은 IC U2와 U3의 동작전압으로 공급된다. 스위칭 전원 회로에는 컨버터 컨트롤러 IC(U1)인 KA34063A가 사용된다. 이 IC의 내부는 기준전압 발생회로, 비교기, 발진기, 출력회로 등으로 구성되어 있다.

전원회로의 정류회로를 거친 DC 전압이 IC(U1)에 공급되면 U1 3번핀에 연결된 타이밍 콘덴서 (C3)에 의해 IC는 50kHz로 발진을 하게된다.

이 발진주파수에 의해 IC의 출력회로는 스위칭 작용을 하게되고, 500 kHz IC 내부 출력회로의 스위치가 ON 되는 순간 공급된 DC 전압은 인덕터(L1)을 통해 C4에 충전되고, 스위치가 OFF 되는 순간에는 C4에 충전된 전압이 다이오드(D3)를 통하여 방전이 된다. 이러한 충·방전 동작으로 만들어진 전압은 콘덴서 (C4)를 통하여 가스센서의 히터에 공급되며, 이 전압 크기의 설정은 IC의 비교기 (Pin5)에 연결된 R2와 R3로서 결정된다.

그림 2.102은 가정용 경보기의 전원부 회로도이다.



2. 감 지 부

감지부의 회로는 저항과 게인 조정용 VR1로 구성된 브리지 회로와, 이들 증폭용 OP AMP (U2-B), 시간지연 회로, 게이트 출력회로로 구성되어 있다.

감지부의 입력단은 가스센서와 저항 R5, R6, R7과 게인 조정용 VR1등의 브리지 회로로 구성되어, 브리지 회로에는 매우 안정된 DC 5.0V의 기준전압이 공급된다.

가스센서에 가스가 감지되지 않고, 대기중인 상태에서는 이 브리지 회로가 평형이 되어 OP AMP(U2-B)의 입력단에는 전압의 차이가 없어, OP AMP의 출력은 제로가 된다.

가스센서에 가스가 감지되면 가스센서의 임피던스가 낮아지고, 가스센서의 임피던스가 낮아지면 평형상태이던 브리지회로가 기울어지며, 브리지회로의 양단에는 전압의 차이가 발생된다. 이때 발생한 전압은 OP AMP의 입력단에 나타나지고, OP AMP는 이 전압을 OPEN LOOP로 증폭하여 이 전압은 OP AMP의 출력단에 보여진다.

이 전압은 IC U3-D로 보내져 버퍼되고 이 버퍼된 신호는 경보회로로 전해진다.

IC U3-D는 OP AMP에서 보내진 신호를 버퍼하는 기능 이외에 가스경보기 전원투입초기의 동작시간을 지연시키는, 지연회로의 기능도 하게되는데, 동작지연 회로는 R8, C5, D4로 구성되어 있으며, 가스경보기의 동작 초기에 가스센서의 히터가 안정된 온도가 되기까지의 시간만큼 전체 동작을 지연시킨다. 이 회로에서는 지연시간이 약 60초 정도이다.

그림 2.103는 감지부의 회로도이다.

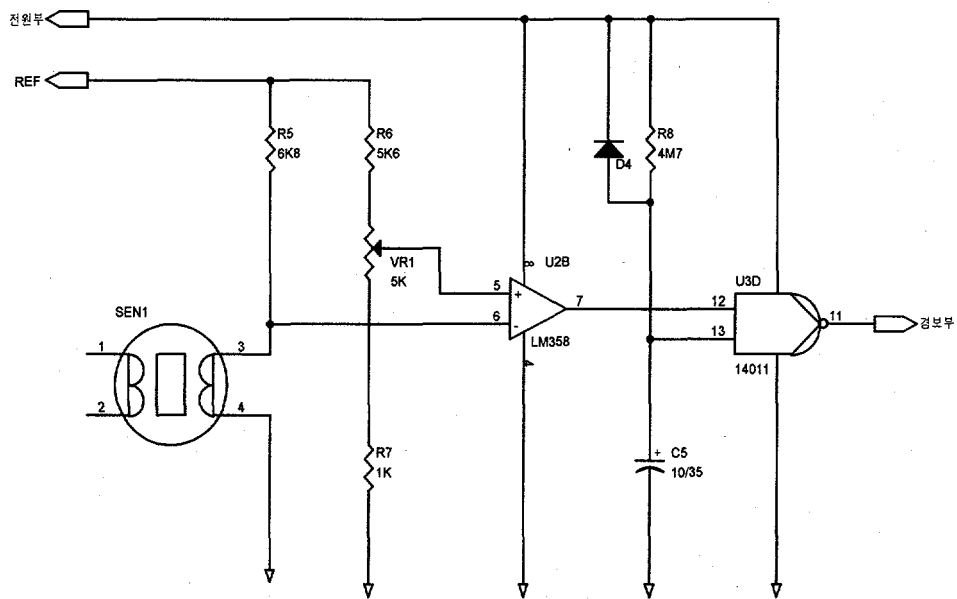


그림 2.103 감지부의 회로도

3. 경 보 부

경보부의 회로는 입력에 버퍼회로와, 게이트를 이용한 발진회로, 램프(LED)구동회로, 부저 구동회로 등으로 구성되어 있다.

감지부에서 보내진 신호는 IC(U3-C)를 통하여 버퍼되어 발진회로로 공급된다.

이 신호는 IC(U3-A와 U3-B)로 구성된 발진회로를 트리거하며 발진회로는 약 0.4초 주기로 ON과 OFF를 반복하며 경보 램프인 LD2를 점멸시킨다. 동시에 이 신호는 경보부저 구동 트랜지스터 Q1과 Q2에 공급되고 Q1과 Q2는 발진부에서 보내진 ON/OFF 점멸신호에 의해 부저를 구동시킨다.

경보램프(LD2)와 부저의 가스감지시 경보동작은

- ① 0.4초간 램프 ON/ 부저 ON,
- ② 0.4초간 램프 OFF/ 부저 OFF를 반복하며, 이 경보신호는 가스감지상태가 해제 될 때까지 지속된다.

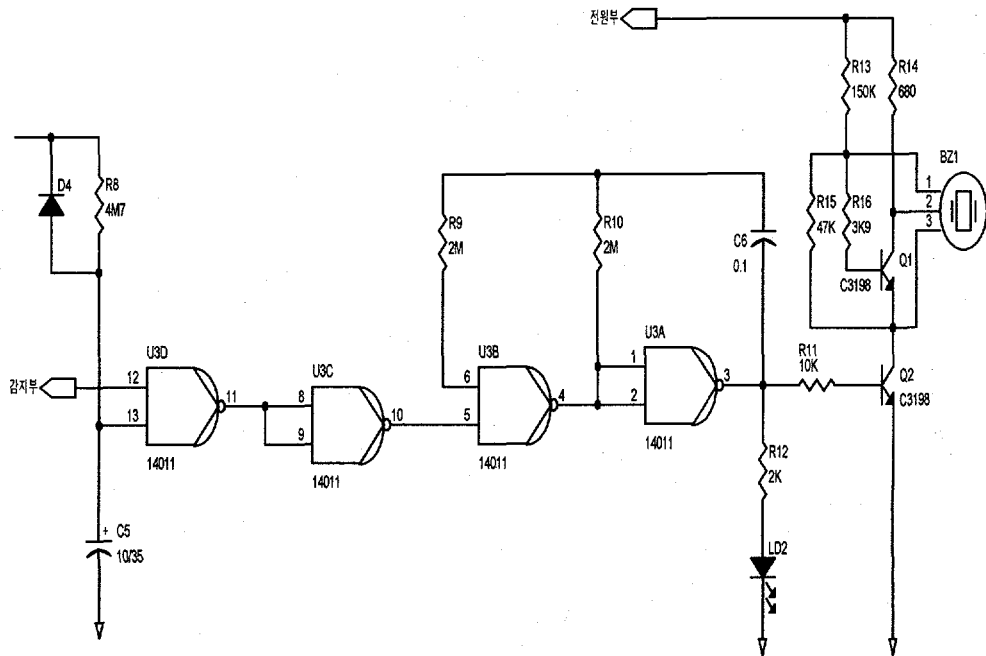


그림 2.104 경보부의 회로도

가스누설경보기의 전체 회로도

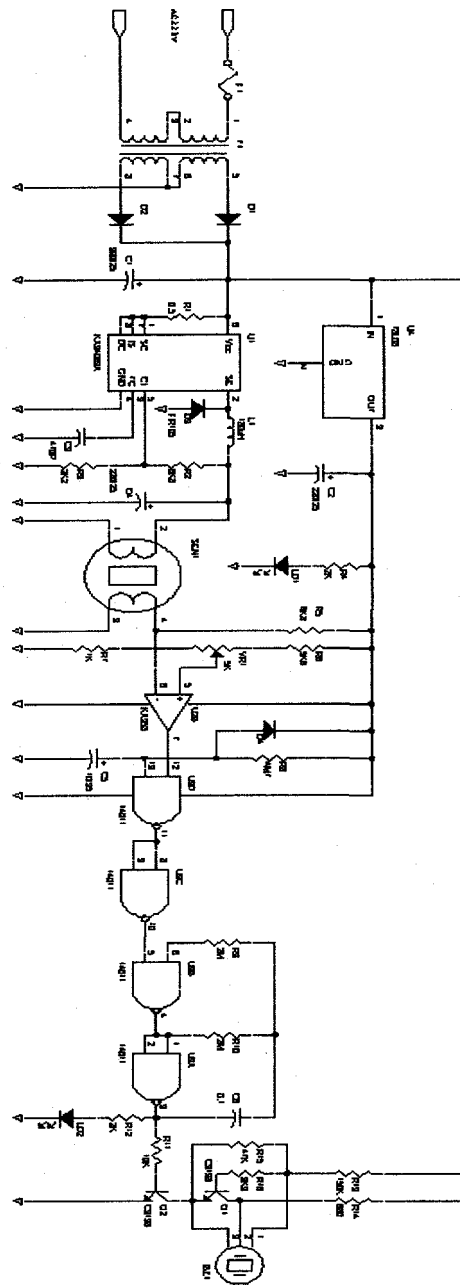


그림 2.105 가스누설경보기 전체회로도

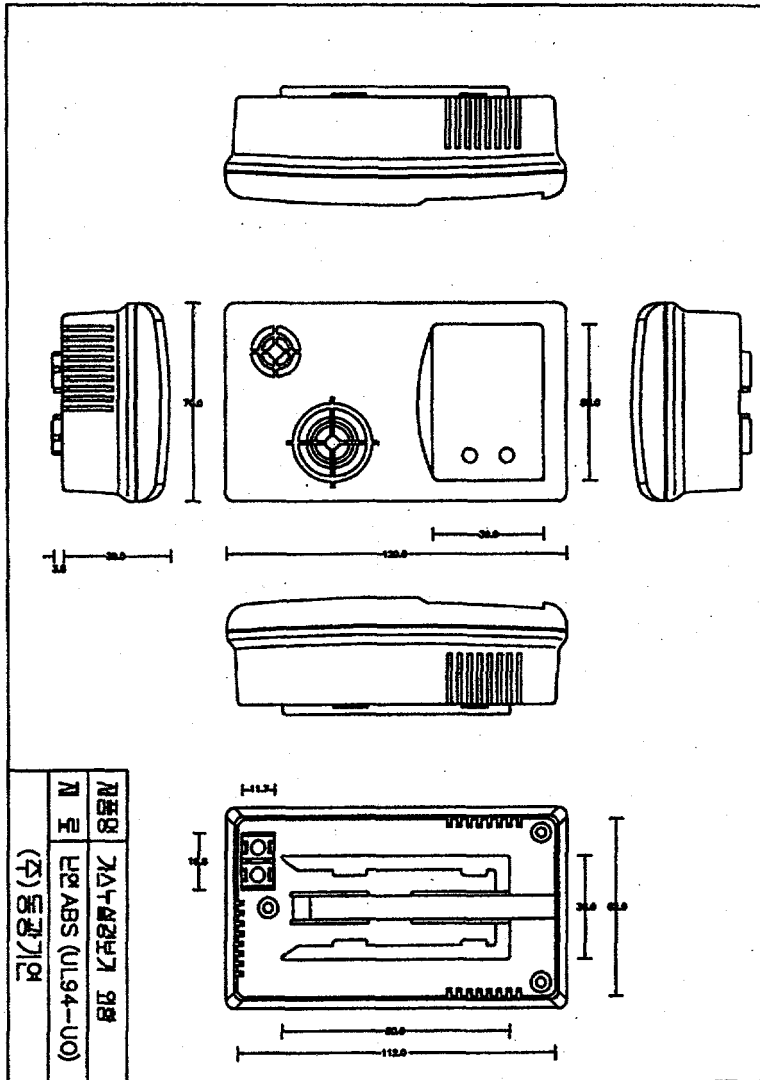


그림 2.106 가스누설경보기 외함

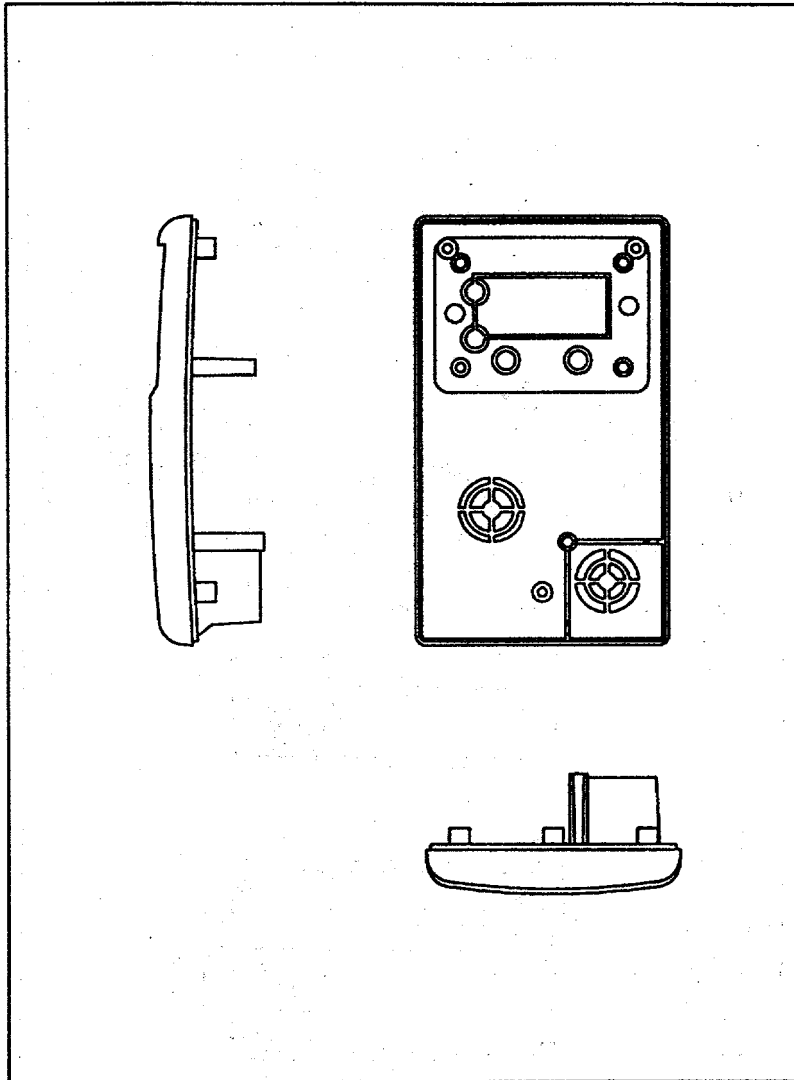


그림 2.107 가스누설경보기 외함 내부도(상)

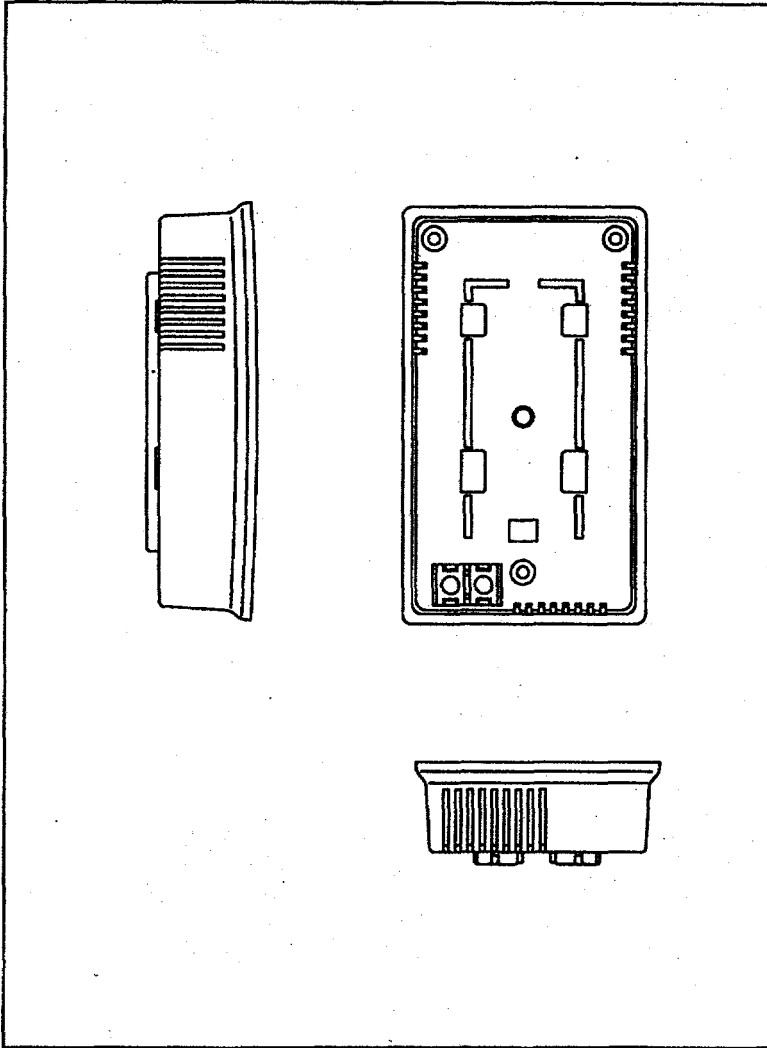
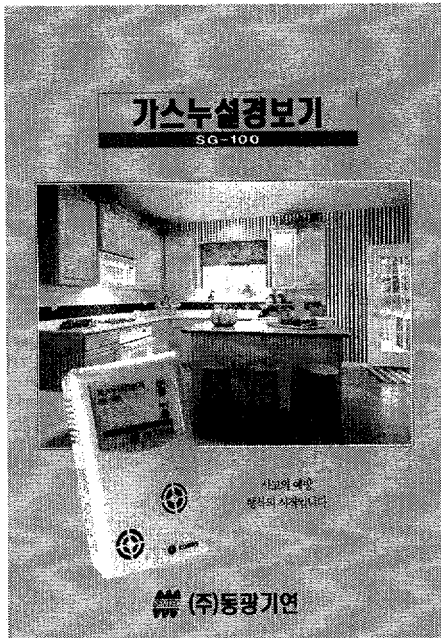
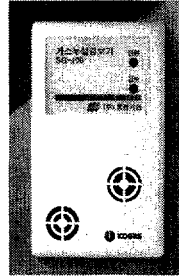


그림 2.108 가스누설 경보기 외함 내부도(하)



가스누설경보기



● 알고있는 가스사고의 위험

가스의 특성이 화재(火災)의 원인이 될 뿐만 아니라 폭발(爆発)의 원인이 되므로 주의(注意)를 요(要)한다. 화재(火災)의 위험(危險)을 예방(예방)하기 위하여는 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하는 가스누설경보기(瓦斯漏洩警報器)를 설치(設置)하는 것이 중요하다. 가스누설경보기(瓦斯漏洩警報器)는 누설(누설)된 가스의 농도(濃度)를 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다. 본(本)경보기(警報器)는 화재(火災)의 위험(危險)을 예방(예방)하고, 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다. 본(本)경보기(警報器)는 화재(火災)의 위험(危險)을 예방(예방)하고, 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다.

● 특징 (Features)

- 후속(後續) 경보기(警報器)와 같은 구조(構造)를 가진다.
- 화재(火災)의 위험(危險)을 예방(예방)하고, 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다.
- 화재(火災)의 위험(危險)을 예방(예방)하고, 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다.

● 각부의 명칭

1. 전원(電源) 스위치(開關)
2. 가스(瓦斯) 누설(누설) 감지(感知) 센서(センサー)
3. 경보기(警報器)의 소리(聲音)나 빛(光)을 발생하는 부분(部分)
4. 경보기(警報器)의 전원(電源) 스위치(開關)



● 사양 (Specifications)

구분	내 용
모델명	SG-100
제조업체	(주)동광기연
소재	ABS
크기	100mm x 100mm x 100mm
중량	1.0kg
전압	AC 220V 50/60Hz
전력	10W
설치위치	가스(瓦斯) 누설(누설) 감지(感知) 가능한 곳
설치방법	벽(壁)에 부착(부착)하거나 천(天)에 부착(부착)한다.
보증기간	1년

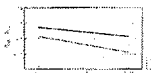
SG-100

● 가스감지원리 (Gas Detection Mechanism)

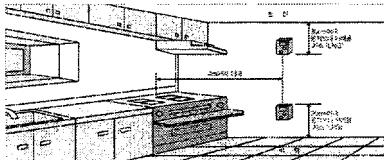


본(本)경보기(警報器)는 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다. 본(本)경보기(警報器)는 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다. 본(本)경보기(警報器)는 가스(瓦斯) 누설(누설)을 감지(感知)하여 소리(聲音)나 빛(光)을 이용하여 사람들에게 알리(告知)할 수 있는 구조(構造)로 되어 있다.

● 센서특성 (Sensor Characteristics)



● 설치도

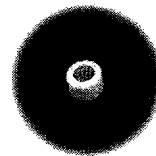


● 설치방법 (Installation)

1. 가스(瓦斯) 누설(누설) 감지(感知) 센서(センサー)를 벽(壁)에 부착(부착)한다.
2. 가스(瓦斯) 누설(누설) 감지(感知) 센서(センサー)를 벽(壁)에 부착(부착)할 때, 가스(瓦斯) 누설(누설) 감지(感知) 센서(センサー)의 전원(電源) 스위치(開關)를 닫아 둔다.
3. 전원(電源) 스위치(開關)를 열어 센서(センサー)를 작동시킨다.
4. 경보기(警報器)의 소리(聲音)나 빛(光)을 발생하는 부분(部分)을 확인한다.

● 사용시 주의사항

1. 경보기(警報器)의 전원(電源) 스위치(開關)를 닫아 둔다.
2. 경보기(警報器)의 전원(電源) 스위치(開關)를 열어 센서(センサー)를 작동시킨다.
3. 경보기(警報器)의 전원(電源) 스위치(開關)를 닫아 둔다.
4. 경보기(警報器)의 전원(電源) 스위치(開關)를 열어 센서(センサー)를 작동시킨다.



(주)동광기연

서울·부산·대구·인천·대전·광주·전주·제주
Tel: 02-850-3403 Fax: 02-850-3403
E-mail: dkw@dongkwang.com

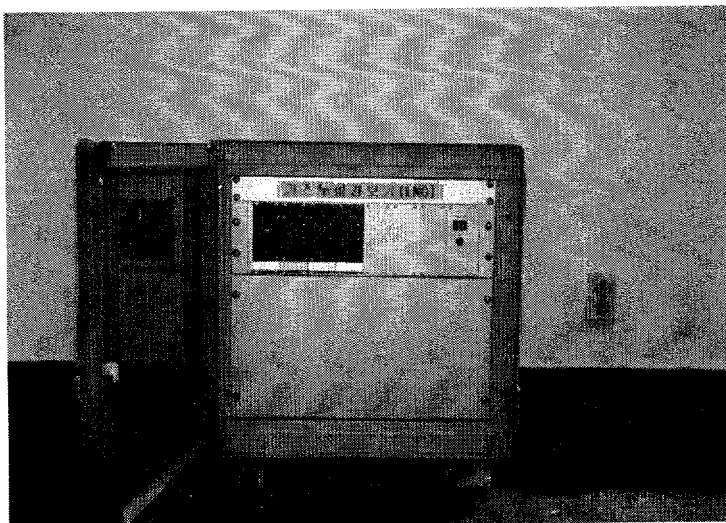
그림 2.109 가정용 가스누설경보기 catalog

제 6 절 산업용 경보기의 시제품 제작

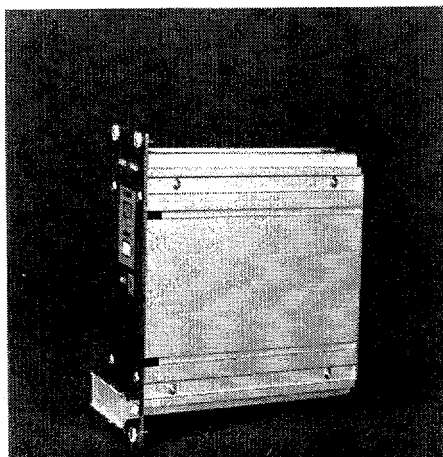
산업용 경보기의 시제품의 사양과 세부 외장도는 각각 표 2.29와 그림 2.110에 나타내었다.

표 2.29 산업용 가스경보기의 사양

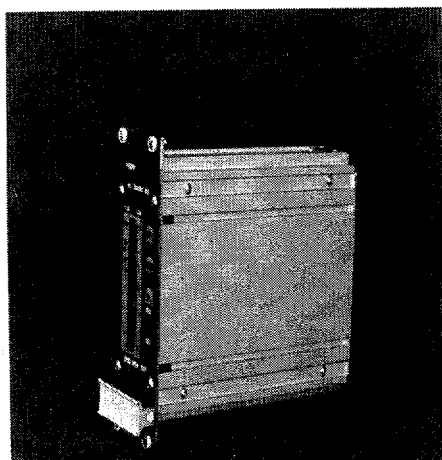
항 목	내 용
형 식	· AC 110/220V, DC 24V, 공업용, LNG용, 확산식, 즉시경보형
사 용 전 원	· AC110/220V, DC24V
사용온도 및 습도	· -30℃ ~ 50℃, 95%RH 이하
측 정 범 위	· 0~100% LEL
경보설정치 (가변설정가능)	10% LEL (1차 경보) 30% LEL (2차 경보)
감 지 방 식	· 확산식
대 상 가 스	· LNG
작 동 표 시	· 녹색램프점등
고 장 표 시	· 적색램프점멸
경 보 방 식	· 1차 경보 (황색램프점멸) · 2차 경보 (적색램프점멸)
응 답 속 도	· 20초 이내
초기안정화시간	· 60초
소 비 전 력	· 5W
외 부 출 력	· 4~20mA DC (입력저항 : 500Ω 이하)
접 점 용 량	· AC 220V 1A
외 형 치 수	· 600×675×650mm (W×H×D)



(a) 전체 외함 사진

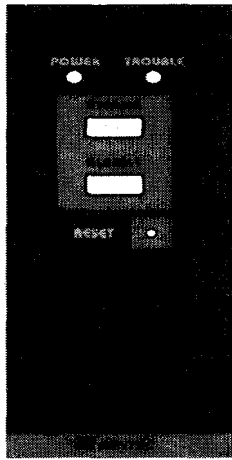


(b) 경보부 입체면 사진

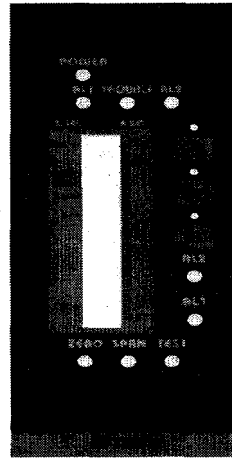


(c) 지시부 입체면 사진

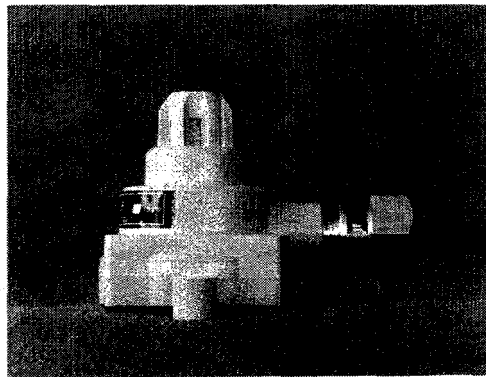
그림 2.110 산업용 가스경보기의 세부 외장사진 (1)



(d) 경보부



(e) 지시부



(f) 탐지부

그림 2.110 산업용 가스경보기의 세부 외장사진 (2)

다음은 산업용 가스누설경보기의 각부 명칭에 대한 것이다.
 ◎ 수신부(지시부,경보부)

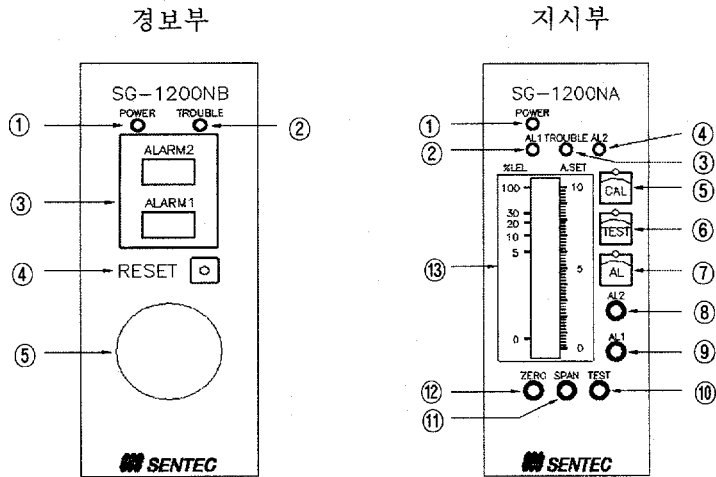


그림 2.110

1) 경보부

- ① 전원램프
- ② 고장신호램프
- ③ 경보램프
 - 1차 경보램프
 - 2차 경보램프
- ④ RESET 스위치
- ⑤ 부저

전원이 투입되어 일반상태인 경우 녹색등이 점등된다.
 불안정한 동작시 적색등이 점멸된다.

1차 설정값 이상의 가스검출시 황색등이 점멸된다.
 2차 설정값 이상의 가스검출시 적색등이 점멸된다.
 1·2차 경보시 경보램프와 부저를 해지시키는 경우 이용된다.
 90[dB/m] 이상의 크기로 1차 경보농도 설정값 이상의 가스검출된 경우 단속음이 울리며 고장발생시에는 지속음이 울린다.

2) 지시부

- ① 전원램프
- ② 1차 경보램프
- ③ 고장신호램프
- ④ 2차 경보램프
- ⑤ 보정 스위치
- ⑥ 테스트 스위치
- ⑦ 경보 스위치
- ⑧ 2차 경보 볼륨
- ⑨ 1차 경보 볼륨
- ⑩ 테스트 볼륨
- ⑪ Zero 볼륨
- ⑫ Span 볼륨
- ⑬ 지시계

전원이 투입되어 일반상태인 경우 녹색등이 점등된다.
 1차 설정값 이상의 가스검출시 황색등이 점멸된다.
 불안정한 동작시 적색등이 점멸된다.

2차 설정값 이상의 가스검출시 적색등이 점멸된다.

정확한 가스농도 감지를 위해 지시계의 경보농도의 보정을 위한 스위치이다

시스템 자체의 이상 유무를 확인할 때 이용되는 스위치이다.

1·2차 경보 설정값을 설정할 경우 이용되는 스위치이다.

2차 경보 설정값을 조정을 위한 볼륨이다.

1차 경보 설정값을 조정을 위한 볼륨이다.

시스템 자체의 이상 유무를 테스트를 위한 볼륨이다.

지시계의 경보농도를 보정할 때 영점조절을 위한 볼륨이다.

지시계의 경보농도를 보정할 때 특정농도값의 조절을 위한 볼륨이다.

정확한 경보농도 설정값을 51×2개 bar로 구성된 LCD를 이용하여 두줄의 bar-graph로 표시된다.

지시부의 눈금은 Log, 균등눈금으로 이루어져 있다. Log눈금의 경우 일반적인 가스의 농도를 쉽게 파악할 수 있는 장점을 지니고 있으며, 균등눈금의 경우 50segment로 이루어져 있다. 이 균등눈금의 경우 국내의 업체들은 $\pm 2\%$ 의 해상도로 이용되고 있으나, 제작된 경보기의 균등눈금의 경우 50segment의 균등눈금을 이용하여 $\pm 1\%$ 의 해상도를 지니게 할 수 있다.

즉, 제작된 산업용 가스누설경보기의 경우 외국제품에 비하여 큰 장점이랄 수 있는 것은 1%의 해상도를 지니고 있다. 이와 같은 해상도는 경보기의 Calibration작동 혹은 측정시 정확한 농도를 알 수 있어 위험한 상황을 미연에 현명하게 대처할 수 있다.

◎ 탐지부

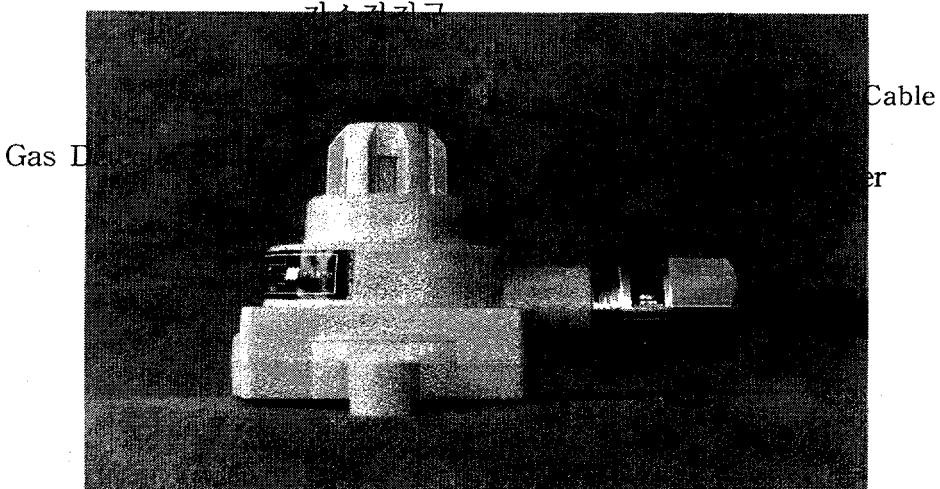


그림 2.112 산업용 가스경보기 탐지부

1. 경보부 회로내역

1.1 CPU

CPU의 기능을 고려하여 비교적 구조가 간단하고 프로그램 메모리가 내장되어 있는 89C51을 사용하였다.

아래에 나타낸 그림과 같이 CPU는 다른 소자들과 연결되어 스위치와 외부 입력들의 조합에 의해 외부출력과 경보출력을 제어하는 기능을 수행한다.

CPU는 내부의 프로그램 메모리를 사용하기 때문에 외부메모리를 연결하기 위해 준비되어 있는 P0와 P2를 일반적인 I/O기능으로 사용하였다.

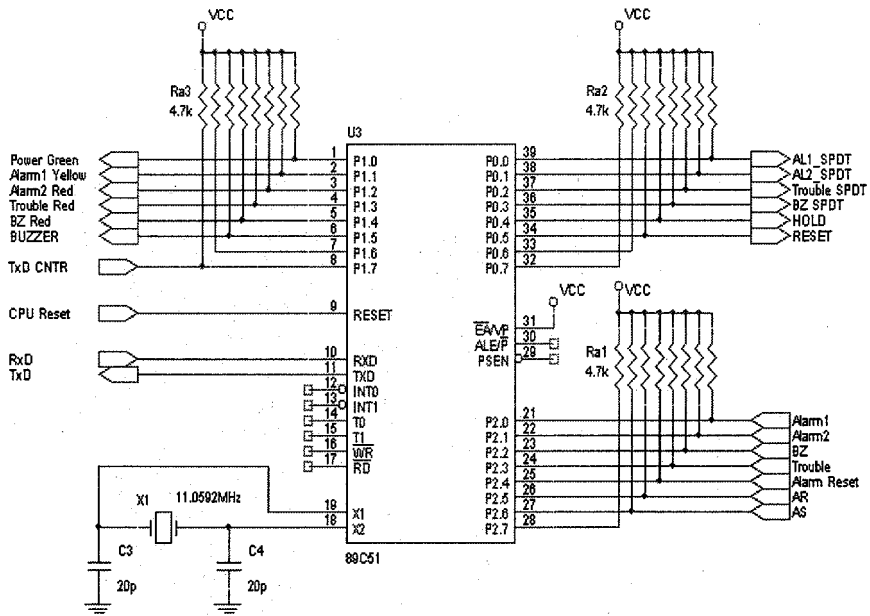


그림 2.113 CPU 회로도

1.2 전원부

전원부의 회로는 외부로부터 가공되어져 들어오는 24V DC 전원을 이용해 5V, 15V의 2차 DC 전원을 만들어내며, 각각의 역할은 다음과 같다.

- 5V : 각종 논리회로 소자들의 전원으로 사용되며, 연결된 회로의 양이 가장 많은 전원이다. 본 전원이 불안정해질 경우 시스템이 정지하는 경우가 발생하므로 이를 방지하기 위해 TL494를 이용해 5V의 전원을 이용하는 소자들에게 양질의 전원을 공급해 줄 수 있도록 구성되어 있다.
- 15V : 부저의 종류에 따라 15V 또는 24V를 사용할 수 있도록 했다.
- 24V : 외부에서 가공되어져 들어오는 24V DC 전원을 다이오드를 거쳐 사용한다.

각 전원회로의 입력, 부저의 전원, 그리고 외부 device와의 통신신호의 증폭에 사용된다.

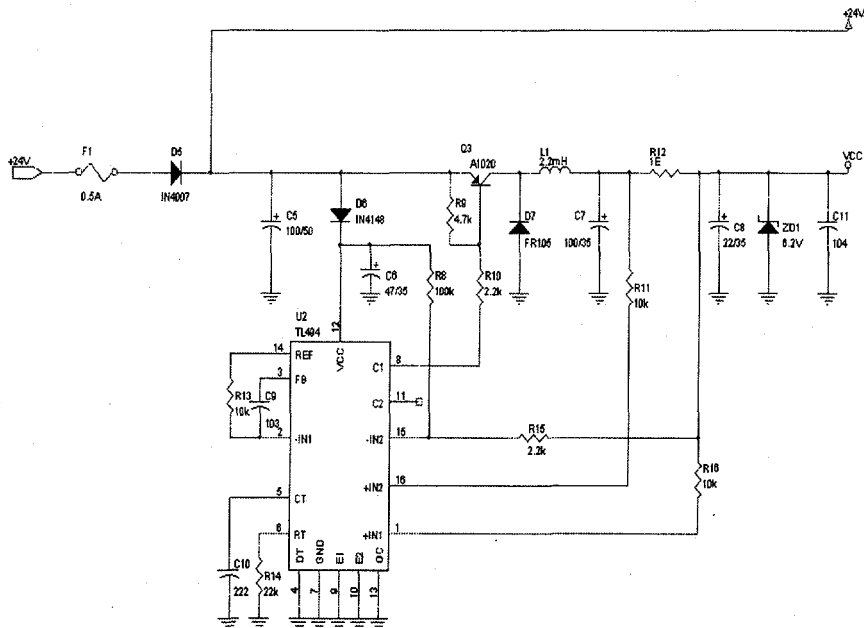


그림 2.113 전원부 회로도

1.3 I/O

I/O 회로는 다른 Unit과의 통신을 위한 부분, 접점출력, RS-485 통신 부분 등으로 구성되어있다.

Sub-unit으로부터 받은 신호는 아래에 나타낸 회로(그림 왼쪽위)를 통해 CPU로 전달되어지며, 안정성을 향상시키기 위해 24V로 Pull-up된 신호를 5V로 전환해 주고받는 방식으로 구성되어 있다. 또한 가스가 감지된 상황에 따라 각각 다른 외부기기를 동작시킬 수 있도록 접점출력(그림 오른쪽)이 준비되어 있다.

RS-485 통신부분에는 75176을 사용하였으며, 이 통신포트를 이용해 데이터 출력요청을 받게되면 정보부의 동작상태를 75176을 통해 직렬포트신호로 출력한다. 이 기능은 외부기기에서 이 직렬포트 신호를 통해 받아들인 데이터를 수집, 보관 및 분석할 수 있도록 확장가능하도록 하기위해 준비된 기능이다.

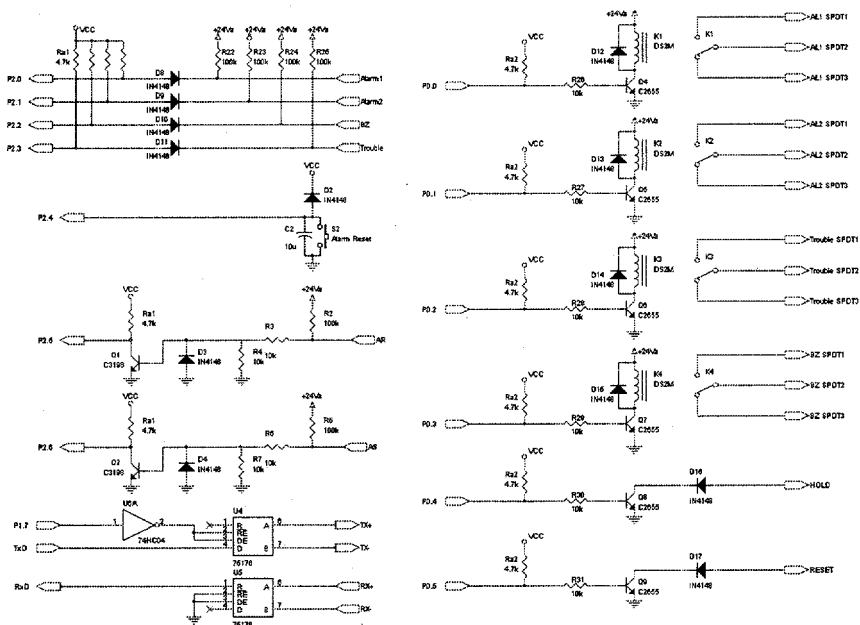


그림 2.115 I/O 회로도

1.4 경보 및 램프 출력부

출력부의 회로는 부저와 램프(발광다이오드)출력으로 구성되어 있다.

부저는 90[dB/m] 이상의 충분한 음량을 갖는 부저를 사용하여, 1차 설정값 이상의 가스가 노출되었을 때와 기타 고장의 발생시 경보음을 울릴 수 있도록 구성하였다.

램프출력에는 발광다이오드(이하 ‘램프’ 라고 함)를 이용하였으며, 안정된 동작을 위해 각각의 회로마다 트랜지스터를 이용해서 구동하였다.

가스센서에 가스가 감지되지 않고, 대기중인 상태에서는 전원램프만 점등된다. 전원램프 LD1(녹색)은 트랜지스터 Q5에게 보내진 신호에 의해 점등된다. 1차설정값 이상의 가스검출시 1차경보 램프인 LD2(황색)가 트랜지스터 Q6에게 보내진 신호에 의해 점멸되며, 2차설정값 이상의 가스검출시 2차경보 램프인 LD3(적색)가 트랜지스터 Q7에게 보내진 신호에 의해 점멸된다. 또한 1차 또는 2차설정값 이상의 가스검출시 해당 램프가 점멸됨과 동시에 부저도 함께 울리게 된다(단속음).

고장표시램프인 LD4(적색)는 트랜지스터 Q8에게 보내진 신호에 의해 점멸되며 동시에 부저의 구동에 사용되는 트랜지스터 Q3에도 신호가 보내져서 부저를 함께 울려주도록 되어있다(지속음).

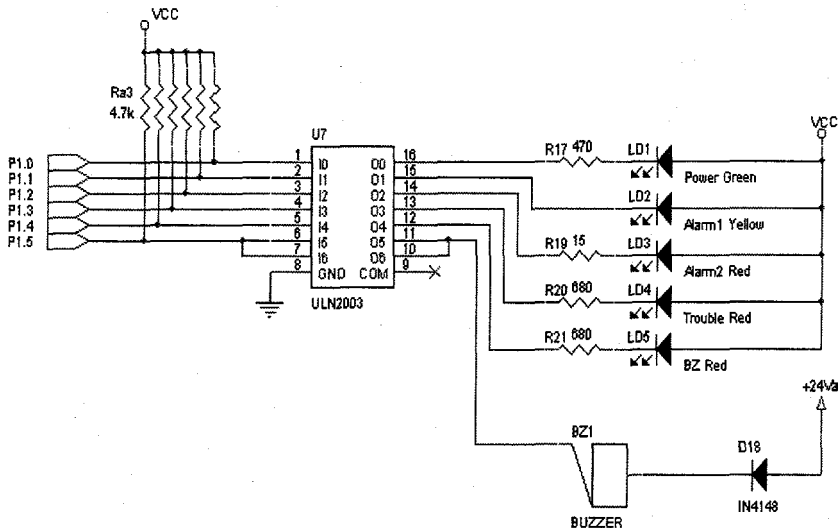


그림 2.116 output 회로도

2. 지시부 회로내역

2.1 CPU

CPU의 기능을 고려하여 프로그램메모리가 내장되어있는 형태인 87C196KC를 사용하였다. 아래에 나타낸 그림과 같이 CPU는 다른 소자들과 연결되어 센서출력부로부터 들어오는 0~5V 신호를 A/D 변환기를 이용해 0~256의 디지털신호로 변환하여 미리 설정된 경보레벨값과 비교하여 정상상태인지 아닌지를 판단한다. 판단결과는 LED와 경보부로 즉시 전달되어 경보를 울릴 수 있도록 구성되어 있다.

또한 검출된 가스레벨신호를 analog신호로 출력할 수 있도록 회로가 구성되어 있는데 이 부분에 사용되는 D/A 변환기는 5V의 레벨신호를 ON-OFF 시키는 주기에 의해 전압값을 변화시키는 형태로 사용하였고 이 전압신호를 다시 전류신호로 변환하도록 하였다.

내부의 프로그램메모리를 사용하기 때문에 외부메모리를 달기 위해 준비되어 있는 P3와 P4를 일반적인 I/O기능으로 사용하여 외부 I/O를 확장하기 위한 주변칩의 개수를 줄였다.

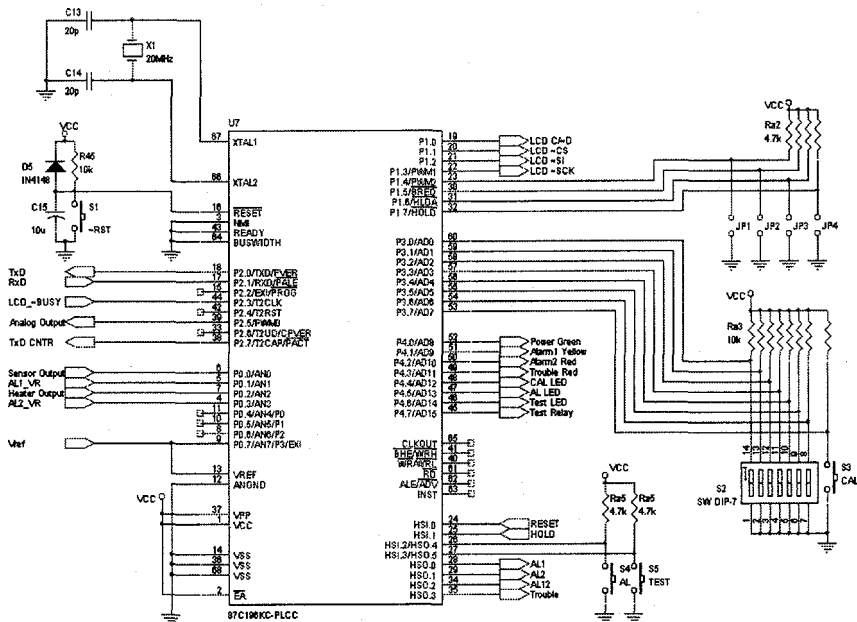


그림 2.117 CPU 회로도

2.2 전원부

전원부의 회로는 외부로부터 가공되어져 들어오는 24V DC 전원을 이용해 5V, 12V, 15V의 DC 전원을 만들어내며, 각각의 역할은 다음과 같다.

- 5V : 각종 논리회로 소자들의 전원으로 사용되며, 연결된 회로의 양이 가장 많은 전원이다. 본 전원이 불안정해질 경우 시스템이 정지하는 경우가 발생하므로 이를 방지하기 위해 TL494를 이용해 5V의 전원을 이용하는 소자들에게 양질의 전원을 공급해 줄 수 있도록 구성되어 있다.
- 12V : 0~5V의 전압신호를 4~20mA의 Analog 출력신호로 변환하는 회로에 사용하였다.
- 15V : 부저의 종류에 따라 15V 또는 24V를 사용할 수 있도록 했다.
- 24V : 외부에서 가공되어져 들어오는 24V DC 전원을 다이오드를 거쳐 사용한다.

각 전원회로의 입력, 외부 device와의 통신신호의 증폭에 사용된다.

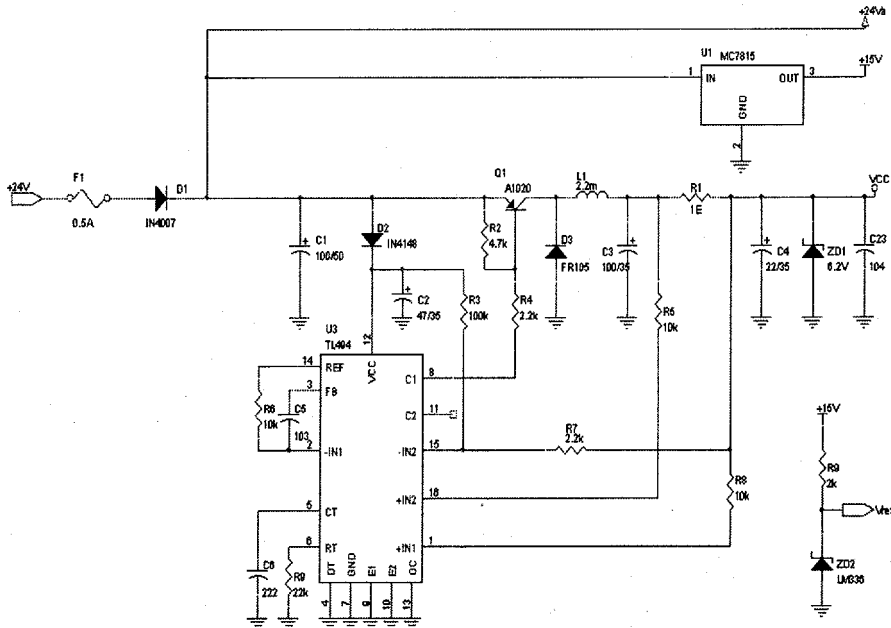


그림 2.118 전원부 회로도

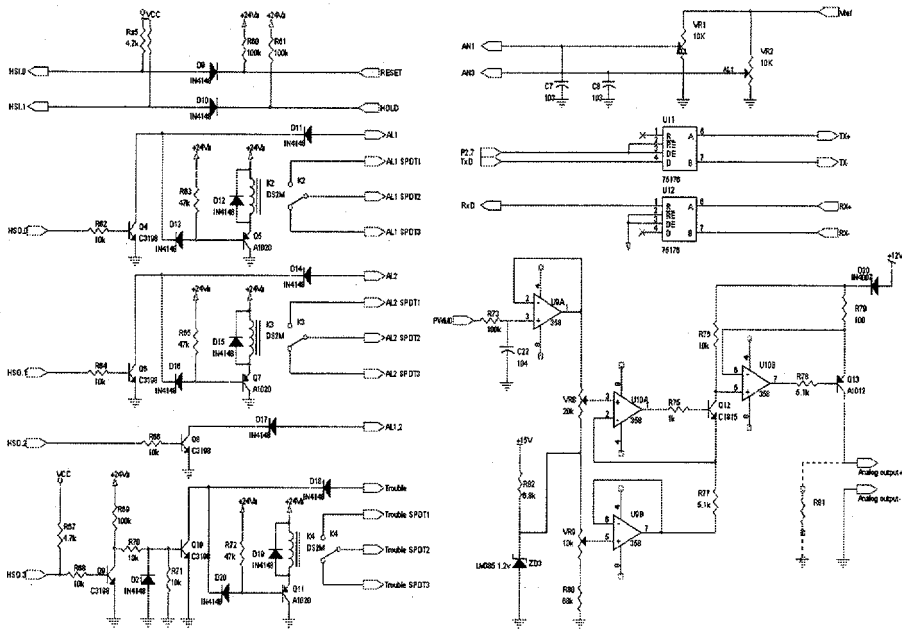


그림 2.119 I/O 회로도

2.4 표시및 출력부

출력부의 회로는 몇 종류의 램프들과 LCD모듈로 구성되어 있다.

LED들은 가스의 감지상태와 기기의 동작상태를 명확히 표시해 줄 수 있도록 하기 위해 7개를 조합하여 기기가 인식하고 있는 상황을 작업자에게 알려줄 수 있도록 하며, LCD모듈은 가스의 농도에 관련된 정보를 보다 정밀하게 표시할 수 있도록 하기 위해 51×2개점으로 구성된 LCD를 이용하여 두 줄의 bar graph를 표시할 수 있는 형태로 구성되어 있다.

이것은 0을 나타낼 때 한 점이 켜지게 하였으므로 2%의 정밀도로 표시가 가능하다. 본 회로의 특징은 레벨설정 작업을 할 경우 예를 들어, 1%일 때 첫번째와 두번째, 2%일 때 두 번째와 세번째의 점들이 켜지도록 하는 방식을 채택하여 레벨설정시 1%의 정밀도까지 표시가 가능하도록 기능을 개선하였다.

2.3 I/O

I/O 회로는 다른 Unit과의 통신을 위한 부분, 접점출력, RS-485 통신 부분 등으로 구성되어 있다.

지시부로부터 받은 신호는 아래에 나타낸 회로(그림 왼쪽위)를 통해 CPU로 전달되어 지며, 안정성을 향상시키기 위해 24V로 Pull-up된 신호를 5V로 전환해 주고받는 방식으로 구성되어 있다. 또한 가스가 감지된 상황에 따라 각각 다른 외부기기를 동작시킬 수 있도록 접점출력(그림 오른쪽)이 준비되어 있다.

RS-485 통신부분에는 75176을 사용하였으며, 외부로부터 데이터 출력 요청신호를 받으면 지시부에서 가지고 있는 각종 데이터들, 센서입력값, 히터구동상태, 설정된 레벨값, 지시부의 동작상태 등을 75176을 통해 직렬포트신호로 출력한다. 이 기능은 외부기기에서 이 직렬포트신호를 통해 받아들인 데이터를 수집, 보관 및 분석할 수 있도록 확장가능하도록 하기 위해 준비된 기능이다.

analog 출력신호는 4~20mA 의 신호를 전달받아 작동하는 외부기기를 설치할 수 있게 하기 위해 CPU로부터 받은 PWM신호를 평활해 얻은 전압신호를 4개의 OP-Amp를 이용해 구성된 회로를 통해 다시 전류신호로 변환하여 출력포트에 연결하였다.

램프의 경우 전원이 투입되면 전원표시등(녹색)이 점등되고, 검출된 가스의 농도가 1차경보 레벨설정값을 넘으면 1차경보 램프를 점멸함과 동시에 경보부로 신호를 보내준다. 다시 2차경보 레벨설정값을 넘으면 2차경보 램프를 점멸한다. 그리고 센서구동부에 이상이 검출될 경우 Trouble 램프를 점멸하며 경보부에 신호를 전달해준다.

LD5, LD6, LD7은 각각 센서의 보정, 테스트, 레벨설정의 작업시 각 해당상황을 작업자에게 알려주는 기능을 수행하는 램프이다.

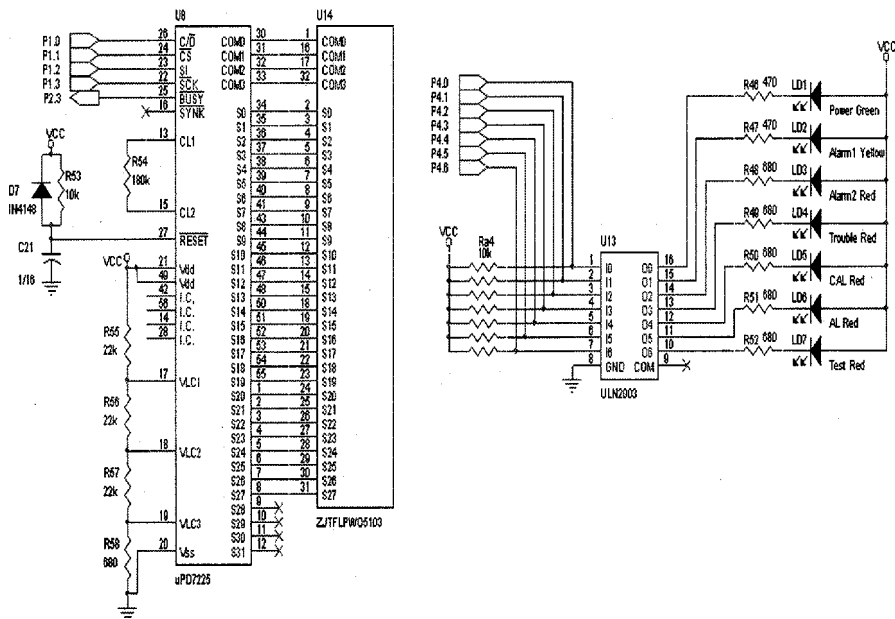


그림 2.120 Output 회로도

2.5 센서구동부

경보기의 센서가 가스를 감지하기 위해선 고온에서의 동작이 필요하며, 이를 위해 센서 내부에는 히터가 내장되어 있다. 이 발열부가 일정한 온도를 유지해야만 정확한 가스레벨을 검출할 수 있다. 따라서 주위의 온도변화에 의한 영향을 받을 수 있으므로 히터의 온도를 안정하게 유지하기 위하여 정전류전원을 공급해주었고 서미스터를 이용하여 온도변화에 따른 센서의 감도변화를 보상해 주었다. 히터의 전원을 일정하게 유지하기 위한 회로에는 TL494가 이용되었다.

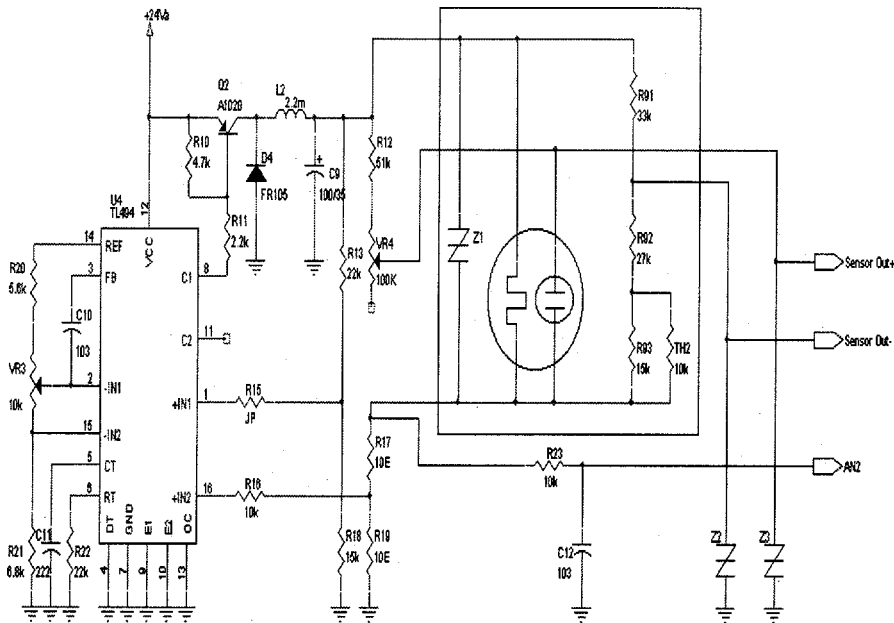
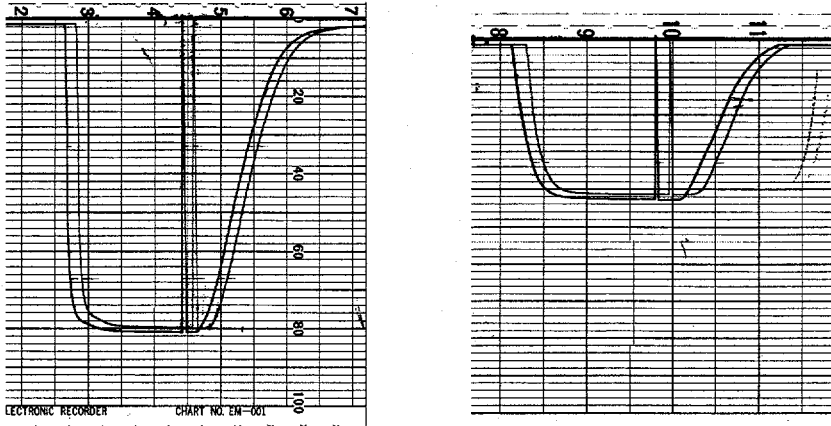


그림 2.121 센서구동부 회로도

(a) 가스농도 500ppm인 경우 그림 2.122 응답·회복시간 그래프
(b) 가스농도 8000ppm인 경우



다음 그림은 응답·회복시간에 대한 그래프이다. 가로축은 1분/cell 간격으로 된 시간축이다. 그림에서 보면 초기 응답시간은 각 농도의 차이와 무관하게 15초 내외로 정상값에 도달함을 알 수 있으며 회복시간은 가스 농도가 증가함에 따라 증가됨을 알 수 있다.

- 사용자의 선택에 따라 편리한 기종
- 저전력소모 및 넓은 동작온도범위(온도보상회로)
- 산업현장에서의 외부잡음 및 전기간섭의 영향을 최소화
- 가능.
- 4~20mA DC의 표준출력을 제공하는 모든 감지기에 연결하여 운영이 가능.
- 가스차단기, 화재경보기등을 연결하여 사용 가능
- 외부출력단자, 릴레이 접점단자가 내장되어 있어 배기팬, 가스보일러, 설비유지 및 설치가 용이
- 탐지부와 수신부간의 거리에 관계없이 정확한 감지를 할 수 있으며,
- 미세한 가스누설도 정확하고 민감하게 감지하는 고정밀 제품
- 으로 이에 대처 가능
- 1,2차 가스누설경보기 : 가스농도에 따른 차등경보기 등으로 단계적

◎ 제작된 산업용 가스누설경보기의 특징

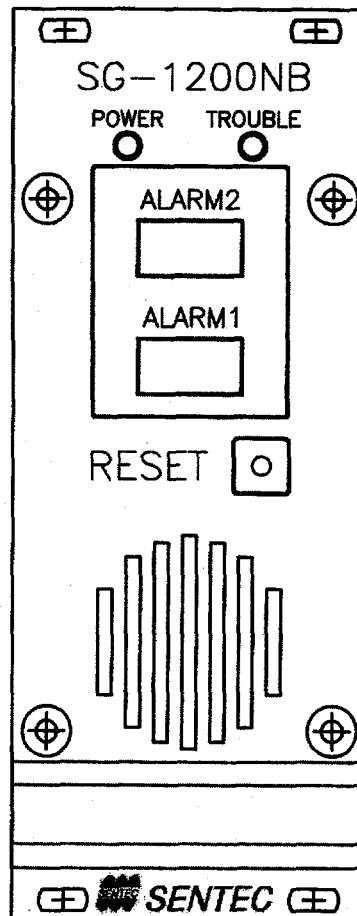
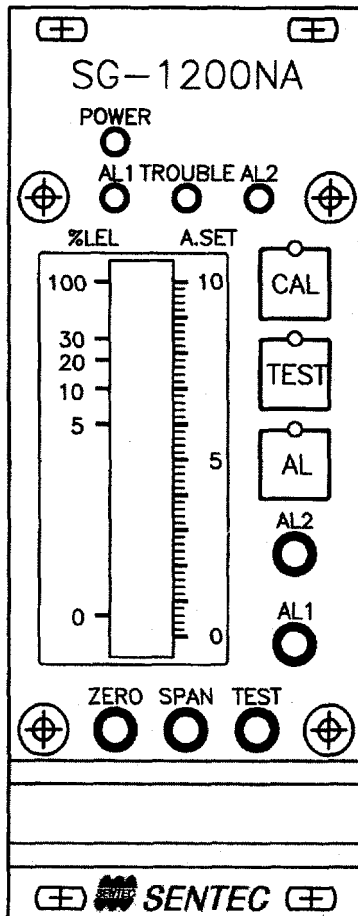


그림 2.123 산업용 가스경보기 지시부, 경보부 설계 도면

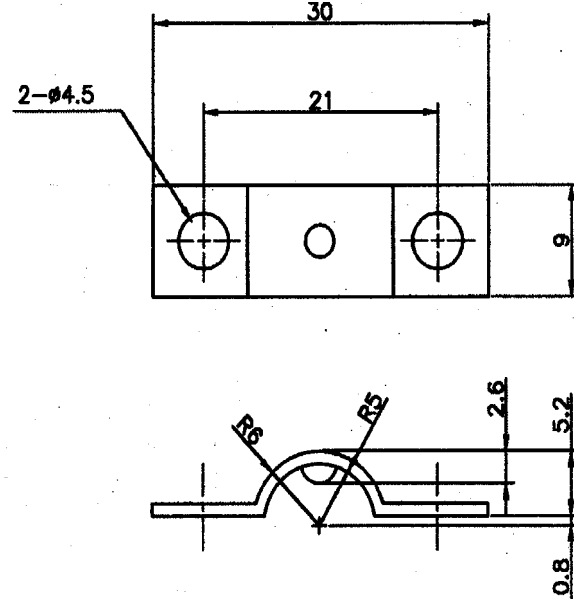
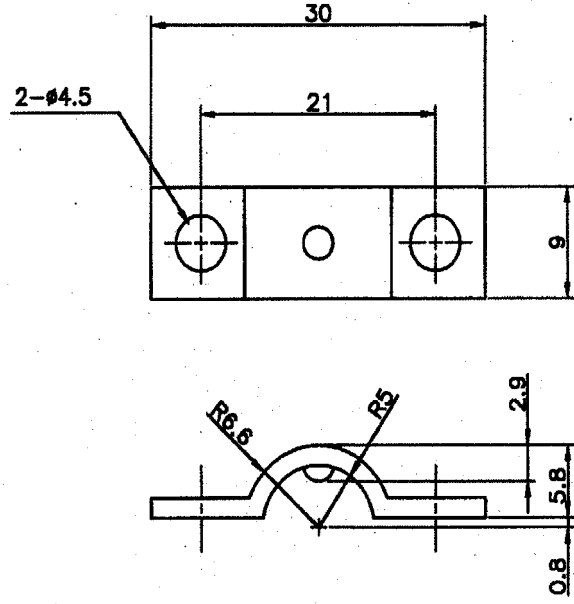


그림 2.124 산업용 가스경보기 밴드

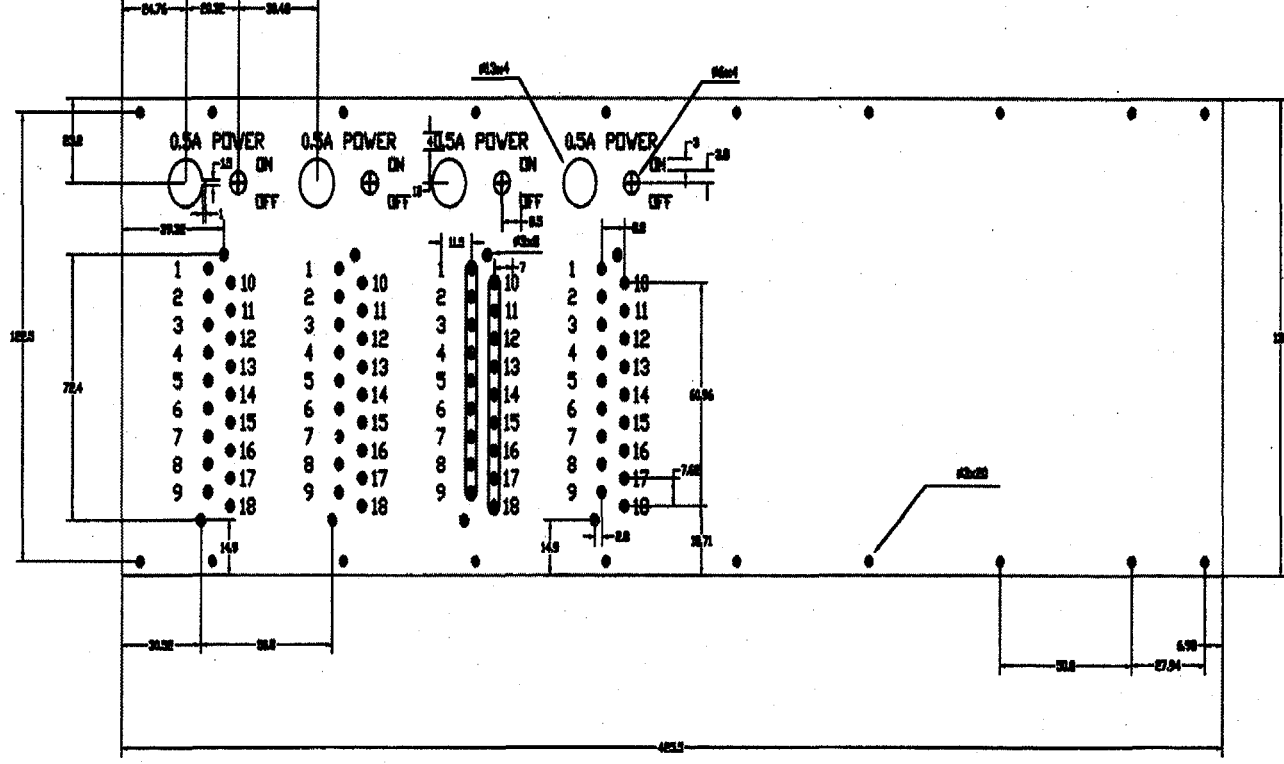


그림 2.125 산업용 가스경보기 지시부 뒤 판넬

제 3 장 결 론

본 연구개발 기간에서는 양산에 적합하고 안정하고 우수한 특성을 갖는 후막형 반도체식 가스센서소자와 가정용/산업용 가스경보기 개발을 위해 기존의 선진제품에 대한 분석과 센서제작 공정의 문제점 및 특성들을 분석하여, 새로이 제작된 가스센서 소자와의 비교평가가 이루어질 수 있도록 하였다. 이와 같은 평가를 통해 드러난 문제점들을 각 단계별 연구를 통해 개선하여 추후 양산에 적용시킬 수 있는 최적조건의 기반을 마련하여, 가정용·산업용 가스누설경보기 시제품제작 및 모니터링 시스템을 현장에 설치하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 1) 관련 선진제품을 조사하기 위해 일본 A社와 B社의 제품구조를 분석한 결과 우수한 전기적특성, 감도 및 안정성을 갖는 센서제조의 독자적인 기술력을 확보하고 있었다.
- 2) 후막형 가스센서의 제조에 있어 센서 감지물질로 우수한 특성을 갖는 것으로 나타난 상용의 SnO_2 (Raremetallic社)분말을 이용했으며, 촉매로는 Pt와 Pd를 사용해 각각 2.5wt%: 2.5wt%의 함량으로 첨가했을 때 가장 좋은 감응특성을 나타내었다.
- 3) 감지물질의 소결강도 개선을 위해 소수성 silica sol인 MA-ST를 첨가해 시험한 결과 가스감응특성을 고려한 최적 첨가량은 10wt%로 나타났으나 감도와 높은 초기저항을 감소시켜줘야 하는 문제점이 개선 되어져야 한다.
- 4) 소자의 초기저항을 감소시키기 위해 Sb_2O_3 를 같이 첨가해 시험한 결과 Sb_2O_3 첨가량이 증가할수록 소자저항이 현저하게 감소되는 것으로 나타났다. 그러나, Sb_2O_3 의 첨가량이 증가할수록 가스감응특성이 현저히 저하되었으며, 이와 같은 특성을 고려할 때 Sb_2O_3 의 첨가량은 0.5wt%정도가 최적인 것으로 나타났다.
- 5) 전극개선의 효과를 보이기 위한 연구를 통해 Au에 비하여 Pt의

경우가 감도 및 초기저항 측면에서 우수한 특성을 보이고 있다.

- 6) 후막형 반도체식 가스센서의 제조공정의 개선을 위한 박막두께의 변화 및 Planertery Ball-mill을 이용한 결과 박막의 두께와 분쇄의 효과는 감응특성, 초기저항을 변화시킬수 있는 결과를 나타냈으나, 정확한 상관관계에 관한 연구는 추후 연속적인 연구가 필요하다.
- 7) PTC소자의 특성을 센서에 적용시키기 위한 기초연구를 진행한 결과 최적 제조조건은 SiO_2 와 Al_2O_3 를 동시에 첨가해 1250°C 에서 1시간 소결 후 300°C/hr 로 냉각했을 때로 나타났다. 또한 $(\text{Ba}_{0.4}\text{Pb}_{0.6})\text{TiO}_3$ 조성에 0.2mol% Nb_2O_5 를 첨가한 시편을 N_2 분위기에서 유지한 결과 시간의 증가에 따라 상온비저항은 낮아지고 냉각속도는 빠를수록 낮아지는 것으로 나타났다.
- 8) 가정용 가스누설경보기와 모니터링 시스템을 제작하여 현장적용을 하여 신뢰성적인 측면을 본 결과 장기적인 특성면에서 우수한 특성을 볼 수 있었으며, 이에 대한 장기안정성은 계속적인 연구가 필요하다.
- 9) 산업용 가스누설경보기의 경우 기존의 국내외 업체들에 비하여 50segment의 균등눈금을 이용하여 $\pm 1\%$ 의 해상도를 지닐수 있는 장점을 지니고 있다. 또한, 이중 눈금(Log눈금, 균등눈금)을 이용하여 작업자 및 사용자가 쉽고 정확하게 파악이 가능하다.

이상의 결과를 토대로 했을때, 현재까지 시험을 통해 나타난 후막형 가스센서 제조의 가장 좋은 조건은 SnO_2 분말을 이용해 촉매인 Pt, Pd를 각각 2.5wt%:2.5wt%만큼 첨가한후 강화제인 MA-ST(10wt%)와 소량의 Sb_2O_3 (0.5wt%)를 혼합하여 제조할 경우이었다. 또한, 전극의 경우 Au에 비하여 Pt가 우수한 특성을 보이고 있었다.

가정용 가스누설경보기, 모니터링시스템의 경우 환경실험을 통하여 안정된 특성을 보였으나, 장기안정성 측면에 대한 계속적인 연구가 필요하다

고, 산업용 가스누설경보기의 경우 기존의 제작된 국내외 기기에 비하여 $\pm 1\%$ 의 해상도를 지니고 있어 신속하고 정확하게 산업현장에서 가스누출의 위험을 미연에 방지할 수 있다.

본 연구를 통하여 후막형 반도체식 가스센서와 현장적용을 위한 가정용·산업용 가스누설경보기의 제작, 현장적용 등을 행하여 계획했던 목표를 달성하였다. 하지만, 후막형 반도체식 가스센서의 안정된 특성 및 장기안정성 시험을 지속적으로 연구해서 일반 사용자들로부터 신뢰를 확보하여야 하겠다.

참고문헌

- 1) 박연홍외, 국제 환경규제 동향과 천연가스의 환경 적합성에 관한 연구, 보고서(한국가스공사 연구개발원), 1994, p.87
- 2) 당사 현장부서에서 작성한 비교표
- 3) 이영철,류근창,한정민,정석영,박승수,최동수, “가스누설 경보설비 개선 연구”,보고서(한국가스공사 연구개발원 안전방제연구실), 1997, p.9
- 4) 지덕립, “가스누출검지경보장치의 설치기준”, 가스안전 7·8, 1996, p. 74
- 5) R. Lalauze & C. Pijolat, "A new approach to selective detection of gas by an SnO₂ solid-state gas sensor, *Sensors and Actuators*, Vol.5, p55, 1985
- 6) T.Seiyama, A.Kato, K.Fujiishi and M.Nagatami, "A new detector for gaseous components using semiconductor thin film" *Anal. Chem.*, Vol.34, pp1504, 1962
- 7) N.Taguchi, *Japaneses Patent* 45-3820, 1962
- 8) J. W. Gardner, H. V. Shurmer & P. Cocoran, "Intergrated tin oxide sensors", *Sensors and Actuators*, vol. B45, p117, 1991
- 9) L. Deangelis, "Sensitivity and Selectivity of a Thin-Film Tin Oxide Gas Sensor", *Sensors and Actuators* Vol3(3), p.197, 1991
- 10) 國原健二 “可燃性 カスセンサ”, 日本國 特許公報 62-147352, 1987
- 11) かたおか しよえん、 센서핸드북, 도서출판 혜화, pp.166-173, pp.592-601, 1990
- 12) Y. Nishizaka, C. Yokohama, K. Immura, T. Okuhara & M. Misons, "Effects of additives and particle size on the sensitivity of SnO₂-based sensors for offensive-odor components", *Sensors and actuators* Vol. 13-14, p.355, 1993
- 13) N. Yamazoe & M. Miura, "Some basic aspects of semiconductor gas sensors", *Chemical Sensor Technology*, Vol.4 p63, 1992

- 14) V.Sommer, P.Tobias and D.Kohl, "Methane and buthane concentrations in a mixture with air determined by microcalorimetric sensors and neural networks", *Sensors and Actuators B*, Vol.12, No.2, pp.147-152, 1993
- 15) W. Fliegel, G. Behr & Krabbes, "Preparation, development of microstructure electrical and gas sensitive properties of pure and doped SnO₂ powder, *Sensors and Actuators* Vol.B18-19 p.474, 1994
- 16) N. Komori, S. Sasaki & K. Komatsu, "Sintered SnO₂ sensor for methane", *Proc. 1st Int. Meet. Chemical Sensors*, Fukuoka, Japan, p57, 1998
- 17) "Amplifier reference Manual", *Analog Devices*, 1992
- 18) "Rectifiers and zener diodes's Data Book", *Motorola*, 1982
- 19) "16-Bit Embedded Controllers", Intel, 1990
- 20) ニューケラスシリーズ編集委員会,
"セラミックスのプロセステクノロジー", 學敵社, 1998
- 21) Deangelis L & Minaja N., "Sensitivity and Selectivity of a Thin-Film Tin Oxide Gas Sensor", *Sensors and Actuators B*, Vol. 3(3), pp.197-204, 1991
- 22) A Dziedzic, L. J. Golonka & W. Licznerski, "Heaters for gas sensors from thick conductive or resistive films", *Sensors and Actuators*, Vol B18-19, p535, 1994
- 23) M. H. Madhushana, S. R. Jawaleka & A. N. Chandorkar, "The effect of heat treatment on the structural properties of electron-beam-evaporation SnO₂ thin film", *Thin Solid Film*, Vol.169, p.117, 1989

부록목차

1. Gas Monitoring System Data
2. Gas Monitoring System Program
3. 산업용 가스누설경보기 Program
4. 전자부품연구소 위탁보고서
5. 가정용 가스경보기 형식승인 사본
6. 언론홍보(신문기사 사본)
7. 국산 신기술(KT마크) 인정 신청서
8. 제2회 산업협력대상 신청서 및 협력사례기술서
9. 가스감응장치 설계도면

1. Gas Monitoring System Data

표 1.1 가스공사 연수원 Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 9시 5분~10시 16분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	9	5	1.0	0.6	0.0	0.0	1999	3	8	9	41	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	6	0.5	0.3	0.0	0.0	1999	3	8	9	42	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	7	0.8	0.5	0.0	0.0	1999	3	8	9	43	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	8	0.8	1.1	0.0	0.0	1999	3	8	9	44	0.8	0.9	0.0	0.0
1999	3	8	9	9	1.3	0.9	0.0	0.0	1999	3	8	9	45	0.5	0.5	0.0	0.0
1999	3	8	9	10	1.0	2.1	0.0	0.0	1999	3	8	9	46	1.3	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	11	1.0	1.8	0.0	0.0	1999	3	8	9	47	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	48	0.4	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	13	0.5	1.3	0.0	0.0	1999	3	8	9	49	0.9	0.2	0.0	0.0
1999	3	8	9	14	0.4	0.4	0.0	0.0	1999	3	8	9	50	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	51	0.9	0.7	0.0	0.1
1999	3	8	9	16	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	52	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	17	0.5	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	53	0.2	0.1	0.0	0.0
1999	3	8	9	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	54	0.3	0.0	0.0	0.1
1999	3	8	9	19	0.2	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	55	0.9	1.2	0.0	0.1
1999	3	8	9	20	0.1	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	56	0.8	1.1	0.0	0.0
1999	3	8	9	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	58	1.1	0.8	0.0	0.1
1999	3	8	9	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	0	0.9	0.3	0.0	0.0
1999	3	8	9	25	1.2	1.5	0.0	0.1	1999	3	8	10	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	6	1.6	1.2	0.0	0.0
1999	3	8	9	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	7	0.3	0.5	0.0	0.0
1999	3	8	9	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	9	1.1	0.4	0.0	0.0
1999	3	8	9	34	1.1	0.1	0.0	0.0	1999	3	8	10	10	1.1	1.1	0.0	0.1
1999	3	8	9	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	11	0.6	0.1	0.0	0.0
1999	3	8	9	36	0.1	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	37	1.2	0.6	0.0	0.0	1999	3	8	10	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	14	0.5	0.2	0.0	0.0
1999	3	8	9	39	0.2	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	15	0.6	0.0	0.0	0.1
1999	3	8	9	40	1.1	0.9	0.0	0.0	1999	3	8	10	16	0.3	0.2	0.0	0.0

표 1.2 가스공사 연수원 Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 10시 17분~11시 28분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	10	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	53	0.2	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	54	0.9	0.6	0.0	0.0
1999	3	8	10	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	55	0.4	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	56	1.6	0.1	0.0	0.0
1999	3	8	10	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	58	0.8	0.9	0.0	0.0
1999	3	8	10	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	59	0.9	0.6	0.0	0.0
1999	3	8	10	24	1.1	0.7	0.0	0.0	1999	3	8	11	0	1.0	0.4	0.0	0.0
1999	3	8	10	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	1	0.7	1.6	0.0	0.0
1999	3	8	10	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	28	0.1	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	4	0.3	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	29	1.4	1.5	0.0	0.1	1999	3	8	11	5	0.0	0.3	0.0	0.0
1999	3	8	10	30	1.3	0.7	0.0	0.0	1999	3	8	11	6	0.0	0.2	0.0	0.0
1999	3	8	10	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	7	0.0	0.2	0.0	0.0
1999	3	8	10	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	8	0.3	0.6	0.0	0.0
1999	3	8	10	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	9	0.2	0.5	0.0	0.0
1999	3	8	10	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	35	0.6	0.8	0.0	0.1	1999	3	8	11	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	36	0.1	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	12	0.1	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	13	0.5	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	38	1.3	1.6	0.0	0.1	1999	3	8	11	14	0.5	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	39	0.9	0.6	0.0	0.1	1999	3	8	11	15	1.3	0.9	0.0	0.0
1999	3	8	10	40	0.5	0.8	0.0	0.1	1999	3	8	11	16	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	41	0.8	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	17	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	42	0.6	0.2	0.0	0.1	1999	3	8	11	18	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	43	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	19	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	44	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	20	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	45	0.9	1.0	0.0	0.1	1999	3	8	11	21	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	46	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	22	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	47	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	23	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	48	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	24	0.9	0.9	0.0	0.0
1999	3	8	10	49	0.3	0.6	0.0	0.0	1999	3	8	11	25	0.7	0.3	0.0	0.0
1999	3	8	10	50	0.9	0.6	0.0	0.0	1999	3	8	11	26	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	51	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	27	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	52	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	28	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.3 반월 정압소 Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 9시 5분~10시 16분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	9	5	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	41	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	6	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	42	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	7	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	43	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	8	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	44	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	9	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	45	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	46	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	11	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	47	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	48	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	13	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	49	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	14	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	50	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	51	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	16	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	52	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	16	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.4 반월 정압소 Monitoring System Data
(1999년 3월 8일 10시 17분~11시 28분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	10	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	16	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	41	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	17	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	42	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	18	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	43	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	19	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	44	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	20	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	45	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	21	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	46	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	22	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	47	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	23	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	48	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	24	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	49	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	25	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	50	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	26	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	51	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	27	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	52	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	28	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.5 목감 정압소 Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 9시 5분~10시16분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	9	5	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	41	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	6	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	42	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	7	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	43	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	8	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	44	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	9	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	45	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	46	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	11	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	47	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	48	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	13	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	49	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	14	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	50	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	51	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	16	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	52	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	16	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.6 목감 정압소 Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 10시 17분~11시 28분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	9	5	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	41	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	6	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	42	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	7	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	43	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	8	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	44	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	9	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	45	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	46	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	11	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	47	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	48	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	13	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	49	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	14	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	50	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	51	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	16	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	52	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	16	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.7 평촌 정압소 (1) Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 9시 5분~10시 16분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	10	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	16	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	41	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	17	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	42	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	18	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	43	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	19	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	44	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	20	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	45	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	21	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	46	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	22	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	47	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	23	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	48	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	24	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	49	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	25	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	50	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	26	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	51	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	27	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	52	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	28	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.8 평촌 정압소 (1) Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 10시 17분~11시 28분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	10	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	16	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	41	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	17	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	42	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	18	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	43	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	19	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	44	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	20	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	45	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	21	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	46	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	22	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	47	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	23	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	48	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	24	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	49	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	25	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	50	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	26	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	51	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	27	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	52	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	28	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.9 평촌 정압소 (2) Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 9시 5분~10시 16분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	9	5	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	41	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	6	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	42	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	7	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	43	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	8	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	44	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	9	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	45	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	46	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	11	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	47	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	48	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	13	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	49	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	14	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	50	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	51	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	16	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	52	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	16	0.0	0.0	0.0	0.0

표 1.10 평촌 정압소 (2) Monitoring System Data

(1999년 3월 8일 10시 17분~11시 28분)

년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4	년	월	일	시	분	CH1	CH2	CH3	CH4
1999	3	8	9	5	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	41	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	6	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	42	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	7	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	43	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	8	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	44	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	9	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	45	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	10	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	46	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	11	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	47	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	12	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	48	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	13	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	49	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	14	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	50	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	15	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	51	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	16	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	52	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	9	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	9	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	16	0.0	0.0	0.0	0.0

년 월 일 시 분				CH1	CH2	CH3	CH4	년 월 일 시 분				CH1	CH2	CH3	CH4		
1999	3	8	10	17	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	53	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	18	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	54	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	19	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	55	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	20	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	56	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	21	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	57	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	22	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	58	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	23	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	10	59	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	24	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	25	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	1	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	26	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	2	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	27	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	3	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	28	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	4	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	29	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	5	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	30	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	6	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	31	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	7	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	32	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	8	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	33	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	9	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	34	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	10	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	35	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	11	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	36	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	12	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	37	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	13	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	38	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	14	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	39	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	15	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	40	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	16	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	41	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	17	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	42	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	18	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	43	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	19	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	44	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	20	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	45	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	21	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	46	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	22	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	47	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	23	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	48	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	24	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	49	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	25	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	50	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	26	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	51	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	27	0.0	0.0	0.0	0.0
1999	3	8	10	52	0.0	0.0	0.0	0.0	1999	3	8	11	28	0.0	0.0	0.0	0.0

AL_H	AL_L	RESULT
0	0	No Alarm
0	1	Low Alarm
1	0	High Alarm
1	1	Heater Alarm

```

* Alarm List 저장 구조
- Alarm List가 64개 이상일때는 처음부터 경신 ( % × 10 )
- 64×4CH×(Alarm_High_2Byte+Alarm_Low_2Byte) = 1KByte
- Data Structure (8 Integer, 숫자는 Alarm Pointer에 대한 Offset)

```

0	1	2	3	4	5	6	7
CH_1	CH_1	CH_2	CH_2	CH_3	CH_3	CH_4	CH_4
ALHI	ALLO	ALHI	ALLO	ALHI	ALLO	ALHI	ALLO

```

· ALHI : HIGH ALARM
· ALLO : LOW ALARM

```

```
#include <KOCAS.H>
```

```

unsigned char dummy,
    prtval,    // PRTC Port Data
    oldkey,    // Old Key Scan Code
    usrmode,   // CUser Menu Mode, 0:GRAPH/1:USERMENU
    cmode,     // graphic Change Mode, 0:BAR/1:LINEAR
    fmode,     // unit Function Mode, 0:X/1:PPM
    gmode,     // Graphic control Mode, 0:CHANNEL/1:SCALE
    lmode,     // graphic Log scale Mode, 0:NORMAL/1:LOG
    amode,     // Alarm edit Mode, amode:0~7
    sxmode,    // linear graph X_axis time Scale Mode :0~6
    symode,    // linear graph Y_axis range Scale Mode :0~3
    modelf,    // graphic mode change flag
    pmode,     // Previous unit function Mode, fmode의 임시저장
    adflg,     // linear graph A/D channel select Flag, low nibble
    clmode,    // CaLibration Mode menu counter :0~4
    clrun,     // CaLibration RUN status, 0:OFF/1:RUN
    adcompl,   // A/D Complete Flag
    adupdate,  // A/D Time Update Flag
    adenable,  // A/D Write Enable Flag
    cursor,    // CURSOR flickering timer
    cursorf,   // CURSOR flickering change Flag
    chsel;     // linear graph CHannel Select counter

unsigned char ca, cb, cc, cd, ce, cf, cg, ch, // main에서 사용하는 범용 Register
    oldsec, rf, pointer, incdec,
    ummode, umrun, uma, usb, umc, uch; // user menu 에서 사용

```

```

unsigned char key, cpnt, oldwin, sysbuf, *aptr, *bptr, *cptr;
unsigned int  tent,          // external interrupt Time Counter for A/D
             hshotimer,    // High Speed Timer for software_timer
             tar2count,    // timer2 counter value
             elaps;        // timer counter for ELAPSeD_timer

unsigned int  count, buff1, ia, ib, ic, dlymsec, rcnt, bfcnt, bfstart;
unsigned int  xcnt, aw, ax, ay, az;
unsigned int  PTS_AD_Table[8][2];    // PTS A/D command table
unsigned long stadr, cuadr, bfpnt;
float         fa,fb,fc, adf[4], fbuf;

unsigned int  cyear;          // 현재의 연도 (1900~2099)
unsigned char cmonth,        // 현재의 달 (1~12)
             cday,           // 현재의 날짜 (1~31)
             chour,          // 현재의 시간 (0~23)
             cminute;        // 현재의 분 (0~59)

unsigned int  cdata,          // 현재의 A/D Data Memory 위치 (0~46079)
             calarm,         // 현재의 Alarm Data 위치 (0~63)
             adresult[16],    // PTS A/D Mode Scan/Data Table
             adbuffer[8],     // A/D Data Buffer
             addata[8],       // 최근의 A/D Data
             alarmdata[64][4][2]; // Alarm Data List

unsigned int  ibuf, ibuf1, ibuf2; // Integer Buffers
unsigned long lbuf, lbuf1, lbuf2; // Long integer Buffers
unsigned char buf[80];           // general purpose Buffer Array
unsigned int  cal[4][102],       // Calibration Data Table
             heater[8];         // Heater Error Range

unsigned int  adi[4], ado[4], ayold[4], add[8];
unsigned int  al_cr[8], al_ol[8];
int          buff;

unsigned char swa, exsec, swisec,
             altype, alrly,    // Alarm Output Type
             phtime[4];        // PreHeating Timer

unsigned long adaddr, adadbf;
unsigned int  addrbf;
unsigned char altcur, adadr[3], readal, readerr;
unsigned int  readad[4];

unsigned char fpnt,            // Print Mode Flag
             fcom,            // Communication Mode Flag
             rtxtime,         // Rx/Tx Delay Limit Time
             txbuf[40],       // Transmission Data Buffer
             rxbuf[30],       // Receive Data Buffer
             rxstep,          // Rx Command Step
             rxmode,          // Rx Command
             txcnt,           // Tx Byte Number
             txptr,           // Current Tx Byte Pointer

```

```

        txlcnt,          // Tx Line Counter
        csun;           // Checksum
unsigned int  ria, rib, ric, rid, // General
        ril,           // Length
        ris,           // Start
        rie;           // End
unsigned long rla, rlb, rlc, rld, rls; // General */
unsigned char freal,      // 1:Screen Print Mode, 0:A/D Save Mode
        frealcyc,        // 1:Draw Over 1Cycle
        realstp;         // A/D Save Step
unsigned int  realptr,    // A/D Save Pointer (8Byte Step)
        realmax,         // A/D Save Max Pointer
        realcnt;         // A/D Save Current Counter
unsigned char brmode,     // Bar Graph Range Mode (100, 50, 25, 10)
        prmode;         // previous range mode
float        bscale;      // Log Scale 계수

```

```

typedef struct date_t{
    unsigned char  sminute,
                  shour,
                  sday,
                  smonth;
    unsigned int   syear;
}Datebuff;

```

```

Datebuff mydate;

```

```

typedef struct ADscanTran_ptscb_t{
    unsigned char  ptscount;
    unsigned char  ptscon;
    void *pts_sd;
    unsigned int   ptsdst;
    int            :16;
} ADscanTran_ptscb;

```

```

#pragma memory=dataseg(PTSVEC)
ADscanTran_ptscb ADscan_CB_1;
#pragma memory=default

```

```

const unsigned char BLANK[] = " ";
const unsigned char AL_LO[] = "LOW : . X";
const unsigned char AL_HI[] = "HIGH: . X";
const unsigned char U_X10[] = "x10";
const unsigned char U_PPM[] = "PPM";
const unsigned char USCAL[] = "SCALE";
const unsigned char UCHAN[] = "CHANL";
const unsigned char SBLNK[] = " ";

```

```

const unsigned char SPERC[] = " X ";
const unsigned char NCH1[] = " CH1 ";
const unsigned char NCH2[] = " CH2 ";
const unsigned char NCH3[] = " CH3 ";
const unsigned char NCH4[] = " CH4 ";
const unsigned char BCH1[] = "[CH1]";
const unsigned char BCH2[] = "[CH2]";
const unsigned char BCH3[] = "[CH3]";
const unsigned char BCH4[] = "[CH4]";
const unsigned char MINU3[] = " --- ";
const unsigned char MINU4[] = "----";
const unsigned char HEAT[] = " HEAT";
const unsigned char CALM0[] = "CALIBRATION MENU";
const unsigned char CALM1[] = "1. HEATER CALIBRATION ";
const unsigned char CALM2[] = "2. CHANNEL CALIBRATION ";
const unsigned char CALM3[] = "3. EDIT CALIBRATION TABLE ";
const unsigned char CALM4[] = "4. PRINT CALIBRATION TABLE";
const unsigned char CALM5[] = "5. QUIT MENU ";
const unsigned char PWAIT[] = "WAIT FOR PREHEATING : SEC";
const unsigned char STORG[] = "STORAGE";
const unsigned char MEASR[] = "MEASUREMENT";
const unsigned char MILIA[] = "(mA)";
const unsigned char MILIV[] = "(mV)";
const unsigned char PCLM1[] = "X-12345X";
const unsigned char PCLM2[] = "PJL ENTER LANGUAGE = PCL";
const unsigned char CRLF[] = {0x0d,0x0a,0};
const unsigned char EBLK[] = " ";
const unsigned char ERR[] = "-x";
const unsigned char USRM0[] = "USER MENU";
const unsigned char USRM1[] = "1. CALENDAR/CLOCK SETUP ";
const unsigned char USRM2[] = "2. ALARM OUTPUT SETUP ";
const unsigned char USRM3[] = "3. CALIBRATION TABLE PRINT";
const unsigned char USRM4[] = "4. STORAGE GAS DATA PRINT ";
const unsigned char USRM5[] = "5. ALARM DATA TABLE PRINT ";
const unsigned char USRM6[] = "6. QUIT ";
const unsigned char ERRI[] = " X ";
const unsigned char ERRL[] = "H--";
const unsigned char ERRL[] = "-L-";
const unsigned char ERRE[] = "--E";

const unsigned char KEY_TABLE[16] = { 0x011, // key_1 : RPM/%
                                       0x012, // key_2 : BAR/LINE
                                       0x014, // key_3 : NOR/LOG
                                       0x018, // key_4 : CH/SC
                                       0x021, // key_5 : ↑
                                       0x022, // key_6 : ←
                                       0x024, // key_7 : →
                                       0x028, // key_8 : ↓
                                       0x041, // key_9 : ALARM

```

```

0x042, // key_10 : MODE
0x044, // key_11 : ENTER
0x048, // key_12 : PRINT
0x081, // key_13 : X
0x082, // key_14 : X
0x084, // key_15 : X
0x088 };// key_16 : X

```

```

const unsigned char LOGSC[5][6] = { {100, 60, 30, 15, 5, 1}, // 100%
{ 50, 30, 20, 10, 4, 1}, // 50%
{ 25, 18, 12, 6, 3, 1}, // 25%
{ 10, 8, 6, 4, 2, 1}, // 10%
{ 3, 4, 5, 7, 9, 12}}; // Row

```

```

/*
|
|          ***** MAIN 함수 *****
|
|
*/

```

```

void main(void)
{
    IO_PORT2.5=1;
    IO_PORT2.5=0;
    sysinit();          // system initialize
    while(1){
        IO_PORT2.5=1;
        IO_PORT2.5=0;
        if(!usrmode){

```

```

/*
|
|          LINEAR GRAPHIC DISPLAY MODE
|
|
*/

```

```

if(cmode){          // linear graph mode redrawing
    if(sxmode==0)sxmode=5;
    home();
    sprint(chsel*8+3,14,">");
    charcont(2);
    if(adflg&0x01 && !ptime[0]) sprint(4,14,(char *)NCH1);
    if(adflg&0x02 && !ptime[1]) sprint(12,14,(char *)NCH2);
    if(adflg&0x04 && !ptime[2]) sprint(20,14,(char *)NCH3);
    if(adflg&0x08 && !ptime[3]) sprint(28,14,(char *)NCH4);
    charcont(0);
    if(!(adflg&0x01) || ptime[0]) sprint(4,14,(char *)BCH1);
    if(!(adflg&0x02) || ptime[1]) sprint(12,14,(char *)BCH2);
    if(!(adflg&0x04) || ptime[2]) sprint(20,14,(char *)BCH3);

```

```

if(!(adflg&0x08) || phtime[3]) sprint(28,14,(char *)BCH4);
if(adflg&0x10){
    charcont(2);
    sprint(36,14,(char *)UCHAN);
    charcont(0);
    sprint(36,15,(char *)USCAL);
}
else{
    charcont(2);
    sprint(36,15,(char *)USCAL);
    charcont(0);
    sprint(36,14,(char *)UCHAN);
}
if(modef){
    LINELP:    fillbox(1,1,320,208,0);    // Graph Clear
    switch(sxmode){
        case 0: symode=1;
        case 1: tent=60;
                break;
        case 2: tent=12;
                break;
        case 3: tent=6;
                break;
        case 4: tent=3;
                break;
        case 5: tent=1;
                break;
    }
    xcnt=0;
    switch(sxmode){
        case 5: realstp=1;    // step 1/32 SEC
                realmax=1920;    // 60SEC X 32 (8Byte Step)
                break;
        case 4: realstp=1;    // step 1/32 SEC
                realmax=3840;    // 120SEC X 32 (8Byte Step)
                break;
        case 3: realstp=1;    // step 1/32 SEC
                realmax=11520;    // 360SEC X 32 (8Byte Step)
                break;
        case 2: realstp=2;    // step 1/16 SEC
                realmax=11520;    // 720SEC X 16 (8Byte Step)
                break;
        case 1: realstp=8;    // step 1/4 SEC
                realmax=14400;    // 3600SEC X 4 (8Byte Step)
                break;
        default: sxmode=5;    // ??????????????
                symode=1;    // ??????????????
                realstp=1;    // step 1/32 SEC
                realmax=1920;    // 60SEC X 32 (8Byte Step)
                break;
    }
}

```

```

    }
    realptr=0;
    realptr=0;
    realcnt=0;
    realcnt=0;
    frealcyc=0;          // Cycle Restart
    freal=0;             // Real A/D Save Mode
    sprint(2,1,"X");
    drawline(28,12,28,183,1);          // 좌표 수직 기준선
    drawline(28,183,283,183,1);       // 좌표 수평 기준선
    for(ca=0;ca<=10;ca++){
        ib=ca*16+23;
        drawline(25,ib,28,ib,1);      // 수직 좌표 눈금
        if(!(ca%2)){
            switch(symode){
                case 0: lprint(1,2+ca,"X3",100-(ca*10));
                        break;
                case 1: lprint(1,2+ca,"X3",50-(ca*5));
                        break;
                case 2: lprint(1,2+ca,"X3",25-(ca*2.5));
                        break;
                case 3: lprint(1,2+ca,"X3",10-ca);
                        break;
            }
        }
    }
    if(sxmode%2){
        for(ca=0;ca<=6;ca++){
            ib=ca*40+28;
            drawline(ib,183,ib,186,1); // 수평 좌표 눈금
            if(!(ca%2)){
                if(sxmode==3) lprint((int)(ib/8),13,"X2",ca);
                else lprint((int)(ib/8),13,"X2",ca*10);
            }
        }
    }
    else{
        for(ca=0;ca<=8;ca++){
            ib=ca*30+28;
            drawline(ib,183,ib,186,1); // 수평 좌표 눈금
            if(!(ca%2)){
                if(sxmode==2) lprint((int)(ib/8),13,"X2",(int)(ca*3/2));
                else lprint((int)(ib/8),13,"X3",ca*15);
            }
        }
    }
    if(sxmode>3) sprint(37,12,"SEC");
    else sprint(37,12,"MIN");
}
while(1){

```

```

key=kscan(0);
switch(key){
  case 2:
    home();
    cmode=0;           // bar graphic mode
    modef=1;           // mode change
    tcnt=1;
    freal=1;           // Disable Real A/D Save Mode
    break;
  case 4:
    if(gmode){
      gmode=0;
      adflg&=0x0f;
      charcont(2);
      sprintf(36,15,(char *)USCAL);
      charcont(0);
      sprintf(36,14,(char *)UCHAN);
    }
    else{
      gmode=1;
      adflg|=0x10;
      charcont(2);
      sprintf(36,14,(char *)UCHAN);
      charcont(0);
      sprintf(36,15,(char *)USCAL);
    }
    break;
  case 6:
    if(gmode){
      sprintf(chsel*8+3,14," ");
      if(chsel) chsel--;
      else chsel=3;
      sprintf(chsel*8+3,14,">");
    }
    else{
      sxmode++;
      if(sxmode>5)sxmode=5;
      else goto LINELP;
    }
    break;
  case 7:
    if(gmode){
      sprintf(chsel*8+3,14," ");
      chsel++;
      if(chsel>3) chsel=0;
      sprintf(chsel*8+3,14,">");
    }
    else{
      if(sxmode){
        sxmode--;

```

```

        if(sxmode<1)sxmode=1;
        else goto LINELP;
    }
}
break;
case 5:
    if(gmode) goto G128;
    else{
        if(symode){
            symode--;
            goto LINELP;
        }
    }
    break;
case 8:
    if(gmode){
G128:        switch(chsel){
            case 0:
                if(phtime[0]){
                    charcont(0);
                    sprintf(4,14,(char *)BCH1);
                }
                else{
                    if(adflg&0x01){
                        adflg&=0x0fe;
                        charcont(0);
                        sprintf(4,14,(char *)BCH1);
                    }
                    else{
                        adflg|=0x01;
                        charcont(2);
                        sprintf(4,14,(char *)NCH1);
                        charcont(0);
                    }
                }
            }
        break;
        case 1:
            if(phtime[1]){
                charcont(0);
                sprintf(12,14,(char *)BCH2);
            }
            else{
                if(adflg&0x02){
                    adflg&=0x0fd;
                    charcont(0);
                    sprintf(12,14,(char *)BCH2);
                }
                else{
                    adflg|=0x02;
                    charcont(2);
                }
            }
        }
    }

```

```

        sprintf(12,14,(char *)NCH2);
        charcont(0);
    }
}
break;
case 2:
    if(phtime[2]){
        charcont(0);
        sprintf(20,14,(char *)BCH3);
    }
    else{
        if(adflg&0x04){
            adflg&=0x0fb;
            charcont(0);
            sprintf(20,14,(char *)BCH3);
        }
        else{
            adflg|=0x04;
            charcont(2);
            sprintf(20,14,(char *)NCH3);
            charcont(0);
        }
    }
}
break;
case 3:
    if(phtime[3]){
        charcont(0);
        sprintf(28,14,(char *)BCH4);
    }
    else{
        if(adflg&0x08){
            adflg&=0x0f7;
            charcont(0);
            sprintf(28,14,(char *)BCH4);
        }
        else{
            adflg|=0x08;
            charcont(2);
            sprintf(28,14,(char *)NCH4);
            charcont(0);
        }
    }
}
break;
}
}
else{
    symode++;
    if(symode>3)symode=3;
    else goto LINELP;
}

```

```

        break;
    case 10:          // Mode Key Select Config Mode
        if(!gmode){
            usrmode=1;
            freal=1;    // Disable Real A/D Save Mode
        }
        break;
    case 12:          // Print Screen
        if(!fcom){
            fppt=1;
            freal=1;    // Real A/D Print Mode
            charcont(2);
            sprintf(10,5," GRAPHIC SCREEN PRINT ");
            charcont(0);
            Real_AD_Print();
            fppt=0;
            goto LINELP;
        }
        else{
            charcont(2);
            sprintf(4,5,"CAN'T PRINT BECAUSE COMMUNICATION.");
            charcont(0);
            do{;}while(!kscan(0));
            goto LINELP;
        }
        break;
    }
    if(usrmode) break;
    if(!cmode) break;
    if(adcompl){
        for(ca=0;ca<4;ca++) adi[ca]=addata[ca];
        adcompl=0;
        for(ca=0;ca<4;ca++){
            adf[ca]=(float)adi[ca]/10.00;
            if(phtime[ca]){
                if(altcur>50) charcont(2);
                sprintf(ca*8+4,15,(char*)HEAT);
                charcont(0);
            }
        }
    }
    if(!(tcntX8)){    // 초당 4회 Display
        cd=0x01;
        for(ca=0;ca<4;ca++){
            if(phtime[ca]){
                switch(ca){
                    case 0: aptr=(char*)BCH1;
                        break;
                    case 1: aptr=(char*)BCH2;
                        break;
                    case 2: aptr=(char*)BCH3;

```

```

        break;
        case 3: aptr=(char*)BCH4;
        break;
    }
    sprintf(ca*8+4,14,aptr);
}
else{
    if(adflg&cd){
        switch(ca){
            case 0: aptr=(char*)NCH1;
            break;
            case 1: aptr=(char*)NCH2;
            break;
            case 2: aptr=(char*)NCH3;
            break;
            case 3: aptr=(char*)NCH4;
            break;
        }
        charcont(2);
        sprintf(ca*8+4,14,aptr);
        charcont(0);
        fprintf(ca*8+4,15,"X2.1",adf[ca]);
        sprintf(ca*8+8,15,"X");
    }
    else{
        switch(ca){
            case 0: aptr=(char*)BCH1;
            break;
            case 1: aptr=(char*)BCH2;
            break;
            case 2: aptr=(char*)BCH3;
            break;
            case 3: aptr=(char*)BCH4;
            break;
        }
        sprintf(ca*8+4,14,aptr);
        sprintf(ca*8+4,15,(char*)MINU3);
    }
}
cd<<=1;
}
}
if(tcnt==0){
    xcnt++;
    if(xcnt>=240){ // linear graphic 영역을 지운다.
        drawline(269,17,269,182,0); /* clear dot line */
        drawline(30,17,30,182,0); /* clear guard line */
        xcnt=0;
        frealcyc=1; // Over 1 Cycle
    }
}

```

```

vertdot(30+xcnt,17,3,165,1);      /* draw guard line */
drawline(29+xcnt,17,29+xcnt,182,0); /* clear guard line */
drawline(31+xcnt,17,31+xcnt,182,0); /* clear guard line */
drawline(32+xcnt,17,32+xcnt,182,0); /* clear guard line */
switch(sxmode){
    case 0: symode=1;
    case 1: tcnt=480;
            break;
    case 2: tcnt=96;
            break;
    case 3: tcnt=48;
            break;
    case 4: tcnt=16;
            break;
    case 5: tcnt=8;
            break;
}
switch(symode){
    case 0: cb=100;
            break;
    case 1: cb=50;
            break;
    case 2: cb=25;
            break;
    case 3: cb=10;
            break;
}
}
cc=0x01;
for(ca=0;ca<4;ca++){
    if(adflg & cc){
        ay=(unsigned int){adf[ca]*160.0/(float)cb};
        if(ay>160) ay=165;
        pixel(29+xcnt,182-ay,1);
    }
    cc=(cc<<1)&0x0fe;
}
if(adf[0]>10>al_cr[0]) alrly|=0x01;
else if(!altype) alrly&=0xfe;
if(adf[0]>10>al_cr[1]) alrly|=0x02;
else if(!altype) alrly&=0xfd;
if(adf[1]>10>al_cr[2]) alrly|=0x04;
else if(!altype) alrly&=0xfb;
if(adf[1]>10>al_cr[3]) alrly|=0x08;
else if(!altype) alrly&=0xf7;
if(adf[2]>10>al_cr[4]) alrly|=0x10;
else if(!altype) alrly&=0xef;
if(adf[2]>10>al_cr[5]) alrly|=0x20;
else if(!altype) alrly&=0xdf;
if(adf[3]>10>al_cr[6]) alrly|=0x40;

```



```

        case 0:
            default: xptr=(char*)BCH1;
                    break;
    }
    sprintf(cmd*10+5,6,xptr);
}
else{
    chflg!=cmb;
    charcont(2);
    switch(cmd){
        case 3: xptr=(char*)NCH4;
                break;
        case 2: xptr=(char*)NCH3;
                break;
        case 1: xptr=(char*)NCH2;
                break;
        case 0:
            default: xptr=(char*)NCH1;
                    break;
    }
    sprintf(cmd*10+5,6,xptr);
    charcont(0);
}
cma=1;
break;
case 6: sprintf(cmd*10+3,6," ");
        if(cmd) cmd--;
        else cmd=3;
        sprintf(cmd*10+3,6,"->");
        break;
case 7: sprintf(cmd*10+3,6," ");
        cmd++;
        if(cmd>3) cmd=0;
        sprintf(cmd*10+3,6,"->");
        break;
case 11: while(!adcompl){
            IO_PORT2.5=1;           //watch dog refresh
            IO_PORT2.5=0;
        }
        cmb=1;
        for(cmc=0;cmc<4;cmc++){
            if(chflg & cmb) cal[cmc][101]=adbuffer[cmc+4];
            cmb<=<1;
        }
        adcompl=0;
        cma=1;
        break;
default: break;
}
if(adcompl){

```

3. 산업용 가스누설경보기 Program

※ 정보부프로그램

```

; ioport1

; power led          port1  1st
; Alarm1 led         port1  2nd
; Alarm2 led         port1  3rd
; Trouble led        port1  4th
; BZ led             port1  5th
; Buzzer led         port1  6th

; SPDIS led          port   8th

; ioport0

; empty              port0  1st
; empty              port0  2nd
; reset to sub       port0  3rd
; hold to sub        port0  4th
; BZ SPDT            port0  5th
; Trouble SPDT       port0  6th
; AL2 SPDT           port0  7th
; AL1 SPDT           port0  8th

; ioport2

; empty              port2  1st
; AS                 port2  2nd
; AR                 port2  3rd
; Alarm Reset        port2  4th
; Trouble input      port2  5th
; BZ                 port2  6th
; Alarm2             port2  7th
; Alarm1             port2  8th

;===== ioport1 define =====
POWER          equ    p1.0
AL1             equ    p1.1
AL2             equ    p1.2
TROUB          equ    p1.3
BZLAMP         equ    p1.4
BUZZER         equ    p1.5

```

SPDIS equ p1.7

```
===== ioport0 define =====
;PORT0 equ 8001h ; outputport
BUFP0 equ 20h

AL1_SPDT equ BUFP0.0
AL2_SPDT equ BUFP0.1
TRB_SPDT equ BUFP0.2
BZ_SPDT equ BUFP0.3
SUB_HLD equ BUFP0.4
SUB_RES equ BUFP0.5
; equ r0.6
; equ r0.7
```

```
===== ioport2 define =====
;PORT2 equ 8000h ; inputport
BUFP2 equ 21h

; equ BUFP2.7
AS equ BUFP2.6
AR equ BUFP2.5
AL_RES equ BUFP2.4

AL2_IN equ BUFP2.3
AL1_IN equ BUFP2.2

TRB_IN equ BUFP2.1
BZ_IN equ BUFP2.0
```

; ^o^ ^o^ ^o^ ^o^ Variables define ^o^ ^o^ ^o^ ^o^

BLINKSTAT equ 22h
BLINKTM1 equ 040h
BLINKTM2 equ 070h

BTNSTAT equ 24h
AR_STAT equ BTNSTAT.0
AS_STAT equ BTNSTAT.1
ALR_STAT equ BTNSTAT.2

BTN_NO equ 25h

```

AR_NO      equ    BTN_NO.0
AS_NO      equ    BTN_NO.1
ALR_NO     equ    BTN_NO.2

```

```

DEL0       equ    30h
DEL1       equ    31h
LOOP1      equ    32h
LOOP2      equ    33h

```

```

org    0

```

```

jmp     40h

```

```

org     40h
call    init

```

```

start:

```

```

setb    POWER
mov      p2, #0ffh
mov      a, p2
mov      BUFP2, a

```

```

djnz    LOOP1, blink00
mov      LOOP1, #BLINKTM1
djnz    LOOP2, blink00
mov      LOOP2, #BLINKTM2

```

```

mov      a, BLINKSTAT
jz       blink000
mov      BLINKSTAT, #0
jmp      blink001

```

```

blink000:
mov      BLINKSTAT, #1

```

```

blink001:

```

```

blink00:

```

```

jmp      blink1

```

```

blink0:

```

```

        mov     LOOP1, #BLINKTM1
        mov     LOOP2, #BLINKTM2
        mov     BLINKSTAT, #1
blink1:

starta0:
        jnb     AR, starta4
        jnb     AR_NO, starta8
        clr     AR_NO

        setb    AR_STAT           ; checking hush mode
        setb    SUB_HLD           ; setting hush mode
        jmp     starta8
starta4:
        setb    AR_NO

starta8:

startb0:
        jnb     AS, startb4
        jnb     AS_NO, startb8
        jnb     AR_STAT, startb000
        clr     AS_NO
startb000:
        jnb     AR_STAT, startb8   ; jump if no hush
        setb    SUB_RES
        jmp     startb8
startb4:
        setb    AS_NO
        clr     SUB_RES

startb8:

startc0:
        jnb     AL_RES, startc4

```

```

        jnb     ALR_NO, startc8

        jb      AR_STAT, startc000
        clr     ALR_NO
startc000:

        jb      AR_STAT, startc00
        setb    AR_STAT
        setb    SUB_HLD
        jmp     startc8
startc00:
        setb    SUB_RES
        jmp     startc8
startc4:
        setb    ALR_NO
        jb      AS, startc8
        clr     SUB_RES
startc8:

```

```

        jb      AL1_IN, start0
        setb    AL1_SPDT
        jnb     BLINKSTAT.0, startb00
        setb    AL1
        jmp     startb01
startb00:
        clr     AL1
startb01:
        jmp     start01
start0:
        clr     AL1_SPDT
        clr     AL1
start01:

```

```

        jb      AL2_IN, start1
        setb    AL2_SPDT
        jnb     BLINKSTAT.0, startb10
        setb    AL2
        jmp     startb11
startb10:
        clr     AL2
startb11:
        jmp     start10
start1:
        clr     AL2_SPDT

```

```

        clr     AL2
start10:

        jnb     BZ_IN, start2
        setb    BZ_SPDT
        clr     BZLAMP
        jnb     TRB_IN, start200

        jnb     BLINKSTAT.0, startb20
        setb    BUZZER
        jmp     startb21
startb20:
        clr     BUZZER
startb21:
        jmp     start201

start200:
        setb    BUZZER

start201:

        jmp     start20
start2:
        jnb     AL1_IN, starte2
        jnb     AL2_IN, starte2
        jnb     TRB_IN, starte2
        jmp     starte8
starte2:
        clr     BUZZER
        jnb     BLINKSTAT.0, starte4
        setb    BZLAMP
        jmp     start20
starte4:
        clr     BZLAMP
starte5:
        jmp     start20

starte8:
        clr     AR_STAT
        clr     BZLAMP
        clr     BZ_SPDT
        clr     BUZZER
        clr     SUB_RES
        clr     SUB_HLD
start20:

```

```

        jb     TRB_IN, start3
        setb   TRB_SPDT
        jnb    BLINKSTAT.0, startb30
        setb   TROUB
        jmp     startb31

```

```

startb30:
        clr     TROUB

```

```

startb31:
        jmp     start30

```

```

start3:
        clr     TRB_SPDT
        clr     TROUB

```

```

start30:

```

```

        mov     a, BUFP0
        mov     p0, a

```

```

        jmp     start

```

```

init:

```

```

        clr     ie

```

```

        clr     AL1
        clr     AL2
        clr     TROUB
        clr     BZLAMP
        clr     BUZZER

```

```

        setb    SPDIS

```

```

        clr     AL1_SPDT
        clr     AL2_SPDT
        clr     TRB_SPDT
        clr     BZ_SPDT
        clr     SUB_HLD
        clr     SUB_RES

```

```

        mov     BTN_NO, #0
        mov     BTNSTAT, #0
        mov     BLINKSTAT, #0
        mov     LOOP1, #BLINKTM1
        mov     LOOP2, #BLINKTM2

```

```

mov    a, BUFP0
mov    p0, a

ret

delay:
mov    DEL0, #0f0h
delay1:
mov    DEL1, #0f0h
delay2:
nop
nop
nop
nop

djnz   DEL1, delay2
djnz   DEL0, delay1

ret

end

```

※ 지시부 프로그램

```

#include "sub.h"

#define MAXVALAD1016
#define OFFSETAD 104
#define MAXVALV 4.8751
#define OFFSETV 0.5
#define MAXPPM 50000

#define ADGAIN 205.462

#define OFFSETA 4
#define MAXVALA 20
#define MAXVALDA200

```

```

IO_PORT3 = (byte *) 0x1ffe;
IO_PORT4 = (byte *) 0x1fff;

//      IO_PORT3 = (byte *) 0xf000;
//      IO_PORT4 = (byte *) 0xf001;

SP_CON=0x09;
BAUD_RATE=0x15;
BAUD_RATE=0x80;

led_off();
power_on();
trb_signal_off();
lcd_init();
bz_stat = OFF;
sys_init();


led_off();
power_on();

normal_mode();
mode = 0;
premode = 0;
while(1){
    power_chk=0;
    /***** switch input *****/
    IO_PORT1 = IO_PORT1|0xf0;
    jp_stat = ((IO_PORT1>>4)|0xf0);
    if (jp_stat&0x02)    jp_stat&=0xfd;
    else                jp_stat|=0x02;
    if (jp_stat&0x08)    jp_stat&=0xf7;
    else                jp_stat|=0x08;

    if (trb_stat==0) trb_spdt_off();
    else            trb_spdt_on ();

    sw_stat = 0x1f;
    temp = HSI_STATUS;
    if (temp      & 0x02) sw_stat &= 0xfe;
    if (temp      & 0x08) sw_stat &= 0xfd;
    if (temp      & 0x20) sw_stat &= 0xfb;
    if (temp      & 0x80) sw_stat &= 0xf7;
    if (*IO_PORT3 & 0x80) sw_stat &= 0xef;

```

```

if ((sw_stat & 0x02)) bz_stat = OFF;
else{
    if ((!(alarm&0x03)) && (trb_stat==0) ) bz_stat = ON;
}

if ((sw_stat & 0x01)&&(org_alt==0)) {
    bz_stat = ON;
    alarm = 0;
    trb_stat = 0;
    spdt_stat = 8;
    led_off();
    power_on();
}

if (sw_stat&0x08){
    if (mode==TEST) premode = NORMAL;
    else premode =
TEST;
}
else if (sw_stat&0x04){
    if (mode==LEVEL2) premode = NORMAL;
    else if (mode==LEVEL1) premode = LEVEL2;
    else premode =
LEVEL1;
}
else if (sw_stat&0x10){
    if (mode==CAL) premode =
NORMAL;
    else premode =
CAL;
}
else{
    mode = premode;
    all_off();
    al2_off();
    if (mode == TEST){ test_on();
    }
    else test_off();
    if (mode == LEVEL1){ set_on();
    }
    all_on();
    }
    else if (mode == LEVEL2){ al2_on();
    }
    else { set_off();
    }
    if (mode == CAL) { cal_on();
    }
    else cal_off();
}

if (alarm&0x01){

```

```

        if (jp_stat&0x01)                al1_spdt_on();
        else                al1_spdt_off();
    }
else{
    if (jp_stat&0x01)                al1_spdt_off();
    else                al1_spdt_on();
}
if (alarm&0x02){
    if (jp_stat&0x04)                al2_spdt_on();
    else                al2_spdt_off();
}
else{
    if (jp_stat&0x04)                al2_spdt_off();
    else                al2_spdt_on();
}
if (alarm&0x03)                al12_spdt_on();
else if (trb_stat == 0)        al12_spdt_off();

if (trb_stat!=0){
    trb_on ();
    trb_spdt_on ();
    al12_spdt_on();
    org_alt|=0x04;
}
else {
    trb_off();
    trb_spdt_off();
    org_alt&=0x0b;
}

if (alarm&0x01)                al1_on();
if (alarm&0x02)                al2_on();

// ***** ad input *****
acu = (ave[0]+ave[1]+ave[2]+ave[3]+
        ave[4]+ave[5]+ave[6]+ave[7])/8;

puthex(acu>>8);
puthex(acu&0x00ff);
ser_putch(10);
ser_putch(13);

// ***** display output *****

clr_cs();
lcd_cmd(0x20);
switch(mode){
    case NORMAL:
        normal_mode();
        sens = get_log(acu);

```

```

    if (sens<0){
        underbar(ON, LEFT);
        sens = 0;
    }
    else
    {
        bar_fill(sens, LEFT);
        underbar(OFF , LEFT);
    }

    out_percent_da(acu);
    lev1 = ( (float)(get_level(1))/1024. *101.);
    lev2 = ( (float)(get_level(2))/1024. *101.);
    lev1 = get_log2(lev1);
    lev2 = get_log2(lev2);
    bar_12(lev1, lev2, RIGHT);
    chk1 = ( (float)(get_level(1))/1024. *101. * 500);
    chk1 = ppm2volt(chk1);
    chk2 = ( (float)(get_level(2))/1024. *101. * 500);
    chk2 = ppm2volt(chk2);
    if (sens2 >= (chk1*0.95)) {
        alarm |= 0x01;
        org_alt |= 0x01;
    }

    if (sens2 < (chk1*0.9) ){
        if (jp_stat&0x02) alarm &= 0xfe;
        org_alt &= 0xfe;
    }

    if (sens2 >= (chk2*0.95)) {
        alarm |= 0x02;
        org_alt |= 0x02;
    }

    if (sens2 < (chk2*0.9) ){
        if (jp_stat&0x08) alarm &= 0xfd;
        org_alt &= 0xfd;
    }

    break;
case TEST:
    test_mode();
    sens = get_log(acu);
    if (sens<0){
        underbar(ON, LEFT);
        sens = 0;
    }
    else
    {
        bar_fill(sens, LEFT);
        underbar(OFF , LEFT);
    }

    out_percent_da(acu);
    lev1 = ( (float)(get_level(1))/1024. *101.);
    lev2 = ( (float)(get_level(2))/1024. *101.);
    lev1 = get_log2(lev1);
    lev2 = get_log2(lev2);
    bar_12(lev1, lev2, RIGHT);
    chk1 = ( (float)(get_level(1))/1024. *101. * 500);

```

```

chk1 = ppm2volt(chk1);
chk2 = ( (float)(get_level(2))/1024. *101. * 500);
chk2 = ppm2volt(chk2);
if (sens2 >= (chk1*0.95)) {
    alarm |= 0x01;
    org_alt |= 0x01;
}
if (sens2 < (chk1*0.9) ){
    if (jp_stat&0x02) alarm &= 0xfe;
    org_alt &= 0xfe;
}
if (sens2 >= (chk2*0.95)) {
    alarm |= 0x02;
    org_alt |= 0x02;
}
if (sens2 < (chk2*0.9) ){
    if (jp_stat&0x08) alarm &= 0xfd;
    org_alt &= 0xfd;
}

break;
case CAL:
    normal_mode();
    sens = get_log(acu);
    if (sens<0) underbar(ON , LEFT);
    else bar_fill(sens, LEFT);
    adv = ((float)acu)/ADGAIN;
    if (adv>0.5){
        adv = get_ppm(adv);
        adv = (float)100/50000. * adv +0.5;
    }
    else {
        adv = 0;
    }
    if (adv>100) adv = 100;

    bar_empty((byte)adv, RIGHT);
    alarm &=0xf8;
    break;

case LEVEL1:
    normal_mode();
    sens = get_log(acu);
    if (sens<0) underbar(ON , LEFT);
    else bar_fill(sens, LEFT);
    lev1 = ( (float)(get_level(1))/1024. *101.);
    bar_empty(lev1, RIGHT);
    out_percent_da(get_level(1));
    lev1 = ( (float)(get_level(1))/1024. *101.);
    lev1 = get_log2(lev1);
    alarm &= 0xfc;
    break;
case LEVEL2:
    normal_mode();

```

```

        sens = get_log(acu);
        if (sens<0) underbar(ON , LEFT);
        else bar_fill(sens, LEFT);
        lev2 = ( (float)(get_level(2))/1024. *101.);
        bar_empty(lev2, RIGHT);
        lev2 = ( (float)(get_level(2))/1024. *101.);
        lev2 = get_log2(lev2);
        alarm &= 0xfc;
        break;
    }

    lcd_cmd(0x11); /* display on */
    set_cs();
    sens2 = ( (float)(ad[2])/1024. *5.);
    if ((sens2>heaterUP) || (sens2<heaterLOW)) trb_heater_on();

    else if (trb_heater_chk()) {
        sys_init();
        trb_heater_off();
    }
}

// sens = (acu-OFFSET)*(50000/(MAXVAL-OFFSET));
// sens = (50/(MAXVALV - OFFSETV))
// ((MAXVALV/MAXVALAD*acu) - OFFSETV);

word get_level(byte channel){
    if (channel == 1)
        return ((Ch1[0]+Ch1[1]+Ch1[2]+Ch1[3]+
                Ch1[4]+Ch1[5]+Ch1[6]+Ch1[7])/8);
    if (channel == 2)
        return ((Ch2[0]+Ch2[1]+Ch2[2]+Ch2[3]+
                Ch2[4]+Ch2[5]+Ch2[6]+Ch2[7])/8);
}

int get_log2(word data)
{
    adv = (float)data*10;
    data = ( log10(adv)/3*47 +4 );
    return (data);
}

int get_log(word data)
{
    adv = ((float)data)/ADGAIN;
    sens2 = adv;
    if (adv>0.5){

```

```

        adv = get_ppm(adv);
        adv = (float)adv * 1000./50000.;
        if (log10(adv)>0.1){
            if (adv<350) adv = ( log10(adv)*47./3. +4.5 );
            else          adv = ( log10(adv)*47./3. +4.0 );
            data = (float)adv;
        }
        else {
            data = 4;
        }
        return ((int)data);
    }
    else{
        return ((int)( (float)adv*10 - (0.5-adv)*1 -1 ));
    }
}

//define DA100    236
//define DA10     145
//define DA0       53
#define DA100      236
#define DA10       152
#define DA0        65

void out_percent_da(word data)
{
    /*
        adv = (float) data*100/1024;
        if (adv>101) adv = 101;
        else if (adv>10){
            adv = (adv-10)/90*(DA100-DA10) + DA10;
            data = (word)adv;
        }
        else {
            adv = adv/10*(DA10-DA0) + DA0;
            data = (word)adv;
        }
        PWM_CONTROL=(byte)data;
    */

    adv = ((float)data)/ADGAIN;
    if (adv>0.5){
        adv = get_ppm(adv);
        adv = (float)100./50000. * adv;
        if (adv>101) adv = 101;
        else if (adv>10){
            adv = (adv-10)/90*(DA100-DA10) + DA10;
            data = (word)adv;
        }
        else {
            adv = adv/10*(DA10-DA0) + DA0;
            data = (word)adv;
        }
    }

```

```

        PWM_CONTROL=(byte)data;
    }
else{
    PWM_CONTROL=DA0;
}
}

float get_ppm(float voltage)
{
    float a, b;

    a = 0;
    b = initV;
    if (voltage<b){
        return 0;
    }
    else{
        for(i=1; i<ppmN; i++){
            if(voltage<=ppm[i][0])break;
        }
        der1 = (ppm[i][1]-ppm[i-1][1])/(ppm[i][0]-ppm[i-1][0]);
        der2 = ppm[i][1]- der1 * ppm[i][0];
    }
    return( der1 * voltage + der2 );
}

float ppm2volt(float ppm2)
{
    float a, b;

    a = 0;
    b = 0;
    for(i=1; i<ppmN; i++){
        if(ppm2<=ppm[i][1])break;
    }
    der1 = (ppm[i][0]-ppm[i-1][0])/(ppm[i][1]-ppm[i-1][1]);
    der2 = ppm[i][0]- der1 * ppm[i][1];

    return( der1 * ppm2 + der2 );
}

void sys_init(void)
{
    led_off();
    trb_signal_off();
    trb_spdt_off();
    bz_stat = OFF;
    org_alt = 0;

    disable_interrupt();
}

```

```

INT_MASK = 0x00;
clr_cs();
lcd_cmd(0x20);
bar_empty(0, LEFT );
bar_empty(0, RIGHT);
lcd_cmd(0x11); /* display on */
set_cs();

INT_MASK = 0x2a;
enable_interrupt();
HSO_COMMAND = 0x18;
HSO_TIME = TIMER1 + 0x500;
nop_instruction();
nop_instruction();

HSO_COMMAND = 0x10;
HSO_TIME = TIMER1 + 0x500;
nop_instruction();
nop_instruction();

power_on();
power_chk = 1;

// for(temp = 0; temp < 156; temp++)
for(temp = 0; temp < 1; temp++)
{
    for(temp2=0; temp2<255; temp2++) delay(100);
}

power_chk = 0;

delay(0xff);
delay(0xff);
}

void underbar(byte cmd, byte channel)
{
    if (channel==LEFT ) lcd_cmd(0xe0);
    else if (channel==RIGHT) lcd_cmd(0xee);
    if (cmd == ON){
        lcd_cmd(0xd1);
        trb_lower_on();
    }
    else trb_lower_off();
}

void bar_fill(int level, byte channel)
{
    if (level>51) level = 51;
    if (level< 0) level = 0 ;

```

```

if (channel==LEFT) adr0 = 0xe0;
if (channel==RIGHT) adr0 = 0xee;
lcd_cmd(adr0);
lcd_cmd(0xd0);

i = level/8;
j = level%8;

for(k=0; k<i; k++){lcd_cmd(0xdf);lcd_cmd(0xdf);}
if (j<4){
    i=1;
    for(k=1; k<=j; k++){i<=<=1;i++;}
    il=0xd0;
    lcd_cmd(i);
}
else{
    lcd_cmd(0xdf);
    j-=4;
    i=1;
    for(k=1; k<=j; k++){i<=<=1;i++;}
    il=0xd0;
    lcd_cmd(i);
}
lcd_cmd(adr0+0x0d);
if (level==51) {
    lcd_cmd(0xb1);
    trb_upper_on ();
}
else {
    lcd_cmd(0xb0);
    trb_upper_off();
}
}

```

```

void bar_empty(int level, byte channel)
{

```

```

    if (level>100) level = 100;
    if (level<0) level = 0;
    if (channel==LEFT) adr0 = 0xe0;
    if (channel==RIGHT) adr0 = 0xee;
    lcd_cmd(adr0);
    lcd_cmd(0xd0);
    k = level/2;
    l = level%2;
    i = k/8;
    j = k%8;
    if (j<4){
        level=1;
        for(k=1; k<=j; k++) level<=<=1;
        lcd_cmd(adr0+(i*2)+1);
        lcd_cmd(0xb0|level);
        if (l){

```

```

        if (level&0x08){
            lcd_cmd(adr0+(i*2)+2);
            lcd_cmd(0xb0|0x01);
        }
        else{
            lcd_cmd(adr0+(i*2)+1);
            level<=1;
            lcd_cmd(0xb0|level);
        }
    }
    else if (j<=7){
        level=1;
        j-=4;
        for(k=1; k<=j; k++) level<=1;
        lcd_cmd(adr0+(i*2)+2);
        lcd_cmd(0xb0|level);
        if (!){
            if (level&0x08){
                lcd_cmd(adr0+(i*2)+3);
                lcd_cmd(0xb0|0x01);
            }
            else{
                lcd_cmd(adr0+(i*2)+2);
                level<=1;
                lcd_cmd(0xb0|level);
            }
        }
        lcd_cmd(adr0+0x0d);
        if (level==101)    lcd_cmd(0xb1);
        else                lcd_cmd(0xb0);
    }
}

```

```

void bar_12(int lev1, int lev2, byte channel)
{

```

```

    if (lev1>50) lev1 = 50;
    if (lev1<0)  lev1 = 0;
    if (lev2>50) lev2 = 50;
    if (lev2<0)  lev2 = 0;
    if (channel==LEFT) adr0 = 0xe0;
    if (channel==RIGHT) adr0 = 0xee;

```

```

    lcd_cmd(adr0);
    lcd_cmd(0xd0);
    i = lev1/8;
    j = lev1%8;
    if (j<4){
        l=1;
        for(k=1; k<=j; k++) l<=1;
        lcd_cmd(adr0+(i*2)+1);
        lcd_cmd(0xb0|l);
    }

```

```

    }
else{
    j-=4;
    l=1;
    for(k=1; k<=j; k++) l<<=1;
    lcd_cmd(adr0+(i*2)+2);
    lcd_cmd(0xb0|l);
}

lcd_cmd(adr0);
lcd_cmd(0xd0);
i = lev2/8;
j = lev2%8;
if (j<4){
    l=1;
    for(k=1; k<=j; k++) l<<=1;
    lcd_cmd(adr0+(i*2)+1);
    lcd_cmd(0xb0|l);
}
else{
    j-=4;
    l=1;
    for(k=1; k<=j; k++) l<<=1;
    lcd_cmd(adr0+(i*2)+2);
    lcd_cmd(0xb0|l);
}
}

```


후막형 반도체식 가스센서 제조공정
개선에 대한 연구
(위탁연구보고서)

1998. 12

위탁기업 : (주) 동광기연

연구기관 : 전자부품종합기술연구소

§ 기술개발의 범위

1. 최종 목표

반도체식 후막형 가스센서 제조공정의 개선

2. 기술 개발 범위

가. 선진경쟁사의 제품 분석 및 기술적 정보 습득

나. 기존 후막형 가스센서 제작공정 및 시편 분석

- 기존 (주)동광기연에서 제작된 후막형 가스센서의 제작공정과 시편의 분석을 통한 문제점 도출

다. 가스센서소자의 제작

- 각 사의 모물질별 센서 특성 평가 및 표면의 미세구조, 성분 분석등을 통한 제반의 특성 파악

라. 소결강도 개선 실험

- 감지물질과 기판사이의 소결강도 개선을 통한 센서의 장기안정성 확보 및 공정의 안정성 구현

마. 센서소자의 설계 및 구성 물질 개선

- 센서의 제반 특성에 적합한 재료의 선택과 스크린의 최적 설계를 통해 감지재료와 전극사이의 균일한 전기적 특성을 부여함으로서 센서의 정밀도 향상에 기여

바. 개선된 가스센서 시제품의 제작 및 특성 평가

- 상기의 개발 수행을 통해서 도출된 문제점을 개선하고 양산에 적합한 구조의 센서 시제품 제작

§ 선진경쟁사 제품 분석

본 기술개발에서 검토된 선진경쟁사의 제품은 모두 3종으로서 모두 후막형 반도체식 가연성 가스센서로 제품의 특성이 안정화 되었다고 판단되는 일본 Figaro사의 2610 Model과 Scimarec사의 AF56 / AF50으로서 주로 전자현미경을 통한 표면의 미세구조와 구성 성분 그리고 소자구조 등의 평가를 위한 분석을 행하였다.

분석결과 Scimarec사의 후막센서는 감지물질로 Fe_2O_3 를 주물질로 사용하였으며, AF56은 특성개선을 위해 Fe_2O_3 에 첨가제를 사용한 것으로 생각된다. 또한 감지물질의 초기저항을 낮추기 위해 전극을 감지물질 상하에 인쇄한 sandwich 구조를 사용한 것으로 나타났으며 그위에 보호막을 형성한 것으로 분석되었다.

한편, Figaro사 제품의 경우에는 감지물질은 SnO_2 를 주물질로 사용하였으며, 촉매로는 Pd를 첨가하였고, 부착력 및 강도개선을 위해서 SiO_2 성분을 첨가하였으며, 초기저항감소 등의 목적을 위해서 V, Cr 성분 등을 첨가한 것으로 생각된다.

센서의 heater 물질로는 모두 백금을 사용하였으며, 감지물질 전극으로는 Scimarec사의 경우는 Au/Pd을, Figaro사의 경우는 Au를 사용한 것을 알 수 있었다. 또한, 소자 wire는 모두 백금선을 사용하였다.

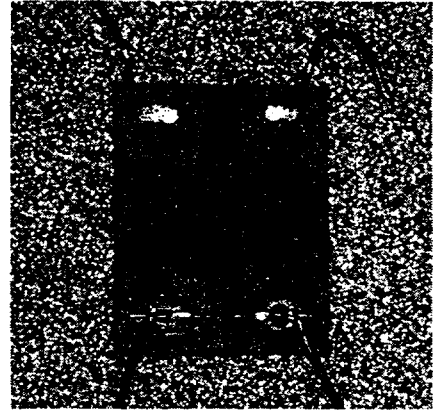
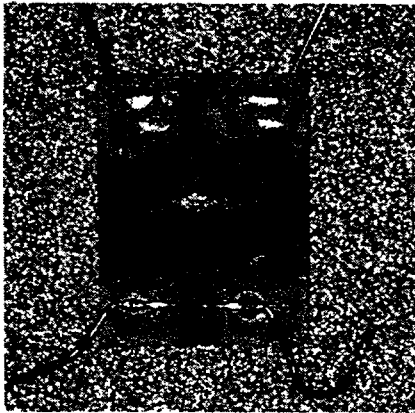
기판의 경우는 알루미나에 Mg이 첨가된 기판을 사용한 것으로 분석되었으며, 이것은 기판의 열적인 특성을 고려하여 순수 알루미나 기판을 대치한 것으로 생각된다.

또한, Figaro사의 제품의 경우에는 센서의 wiring 및 packaging 공정의 편의를 위해 기판에 through-hole 처리를 하여 wiring을 한면에서 처리하였으며, 이를 위해 heater위에 glass ceramic 절연막처리를 하였다.

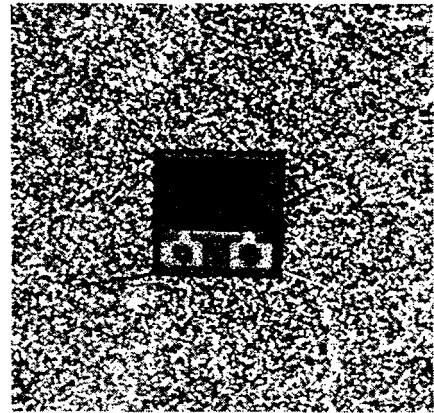
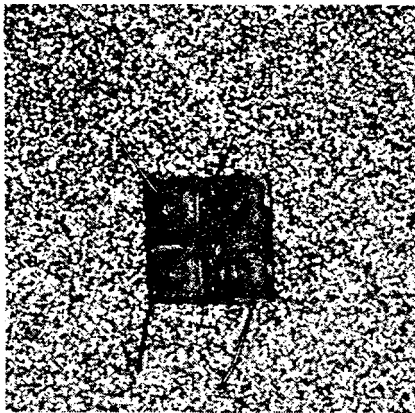
전체적으로 소자크기나 센서의 구조 등을 살펴볼 때 Figaro사의 가스센서제품이 보다 우수한 것으로 사료되어진다.

표 1. Thick Film Gas Sensor Products EDS/XRD Analysis Data

	SCIMAREC AF50		SCIMAREC AF56		FIGARO 2610	
	Element	Material	Element	Material	Element	Material
Sensing film	Fe, O	Fe ₂ O ₃	Fe, Al, Sr(?), S, Cl, Si	Fe ₂ O ₃ + α	Sn, Si, Pd, V, Cr, O	(Sn,V,Cr)O ₂ , Pd, SiO ₂
Heater	Pt, Fe	Pt	Pt, Fe, O	Pt	Pt, Si, Au	Pt
Electrode Pad	Au, Pd	62Au/38Pd	Au, Pd, O	60Au/40Pd	Au, Al, Si	Au
Sensing Electrode	-	-	Au, Fe, O	Au	Au	Au
Substrate	Al, Mg, Fe, Pt, O	(Al,Mg) ₂ O ₃	Al, Mg, Fe, Pt, O	(Al,Mg) ₂ O ₃	Al, Si, Mg, O	(Al,Mg) ₂ O ₃ , SiO ₂
Wire	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt	Pt
Heater 절연막	-	-	-	-	Al, Zn, Si, Zr, Mg, Ca, Pb, Bi, Cd, O	Glass ceramic

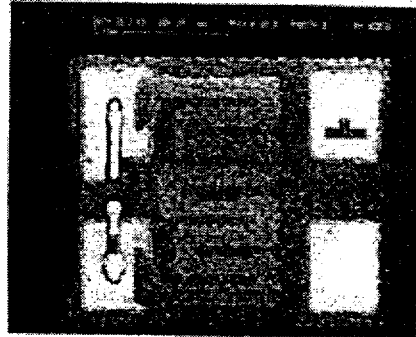
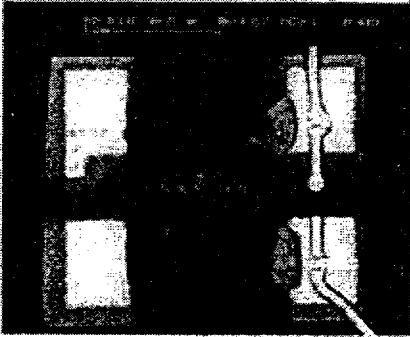


< Scimarec (AF 56) >

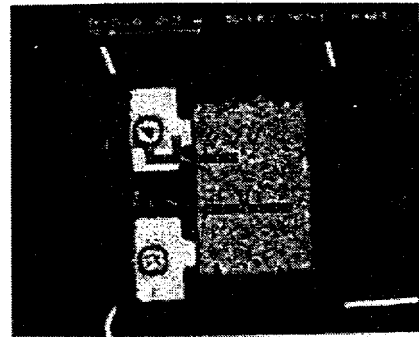
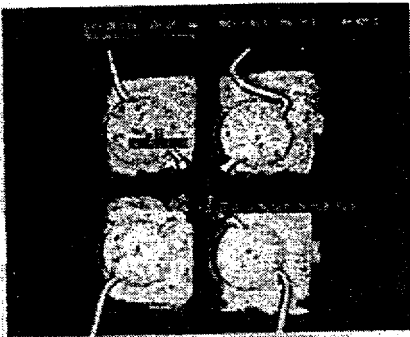


< Figaro (2610) >

그림 1 선진 경쟁사 가스센서 소자의 형태

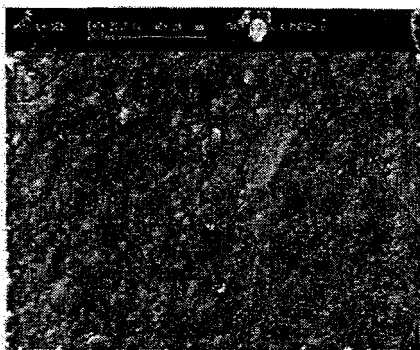


< Scimarec (AF 56) >



< Figaro (2610) >

그림 2 선진 경쟁사 가스센서 소자의 구조

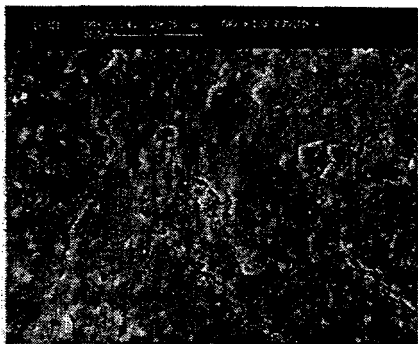


(X 1000)



(X 7000)

< Scimarec (AF56) >



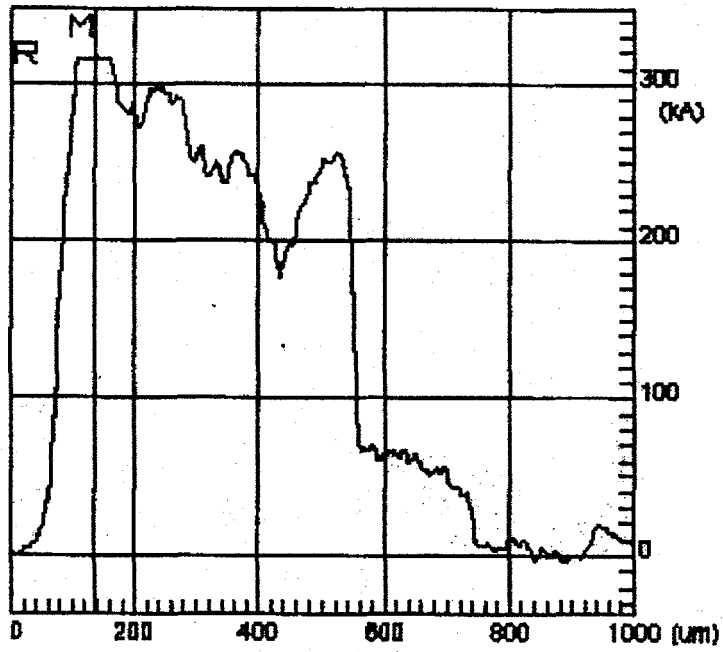
(X 1000)



(X 7000)

< Figaro (2610) >

그림 3 일본 가스센서 소자의 표면 미세 구조



< Figaro (2610) >

Pad 및 전극 두께 : 4.6 - 5.2 μ m
 감지막 두께 : 25 μ m

그림 4 일본 가스센서 소자의 두께 분포

§ 기존의 제작공정 분석 및 주요 개선 사항

기존 감지물질 제작공정인 공침법과 상용 SnO_2 Powder의 분말특성을 조사하기 위해서 공침법(2종류), 독일 B사, 일본 R사, K사 그리고 KIST에서 제작한 Nano Powder등 총 6가지의 분말을 분석하였다.

그리고 (주)동광기연에서 기존의 공정인 공침법으로 제작된 가스센서 소자의 가스감응특성을 분석하고 온도와 습도에 대한 의존성 그리고 장기안정성등을 평가하였다.

또한 기존의 방법 즉 공침법으로 제작된 센서감지막의 물성을 분석하였으며 소결후의 표면 상태를 관찰하였다.

이러한 기존 공정 분석을 통한 개선 사항은 총 6가지로 나눌 수 있으며 각각의 내용은 아래와 같다.

1. SnO_2 Powder를 상용 분말로 대체하여 사용하였다.

기존의 방법인 공침법은 독자적인 재료 개발 가능성이 크고 첨가제의 균일한 분산이라는 장점은 있지만 제조공정이 복잡하고 Batch에 사용되는 양 자체가 작은 관계로 작업자의 숙련도나 주위 조건 변화에 따른 제품의 특성 변화가 매우 심하여 양산에 부적합한 공정이었다.

따라서 본 공정에서는 기존 공침법에 의해서 제조된 SnO_2 Powder를 상용의 SnO_2 Powder로 대체하고 $(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2\text{Ca} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ 에 의한 Ca 성분 첨가를 배제하였으며, 촉매의 장기안정성 및 균일 분산성 등을 고려하여 고가의 Pd Black 대신 PdCl_2 를 첨가하였다. 또한 이로 인하여 잔존하는 Cl기의 제거를 위해서 적절한 하소온도를 선정하였다.

2. Heater 재료 및 구조의 개선

기존의 RuO_2 를 이용한 히터층은 장기간 사용시 센서의 신뢰성 저하의 원인이 될 수 있으며, 균일한 가열 또는 온도분포를 얻기가 곤란함으로 보다 안정화된 Pt를 이용한 히터로 대체하였다.

3. 전극 및 Pad 재료 개선

기존에 전극용 재료로서 사용하던 Pt Paste는 매우 고가이며 후막 인쇄시 발생되는 Loss가 크므로 1/2 가격의 Au Paste로 전극물질을 개선하였으며 전극의 말단에서 발생하는 전기적인 손실 또는 저항 증가의 원인을 배제하고, Pt wire 용접을 효과적으로 하기위해 Au Pad를 추가적으로 설계 적용하였다.

4. Paste 제조시 Binder 및 Solvent 변경

기존의 Binder용 재료인 α -Tepinol/Ethycellulose를 후막 인쇄에 보다 일반적으로 사용되면서 혼합상태가 양호한 BCA/Ethylcellulose계로 변경하여 대체하였다.

5. 최적의 촉매 종류 및 첨가비 선정

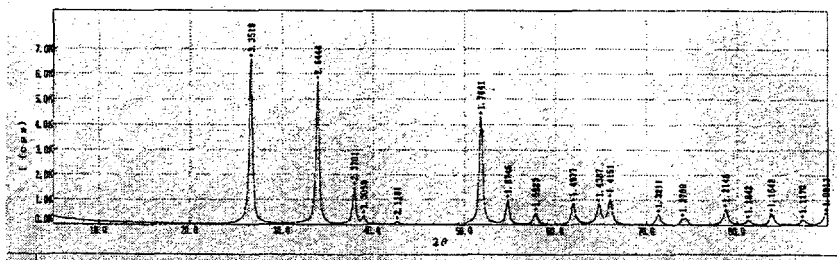
기존의 Pt : Pd 첨가량 비인 1 : 3을 변경된 모물질 및 센서 구조에 적합한 촉매의 첨가비로 변경하여 보다 양호한 가스감응특성을 얻을 수 있도록 개선하였다.

6. 감지물질 부착강도 개선

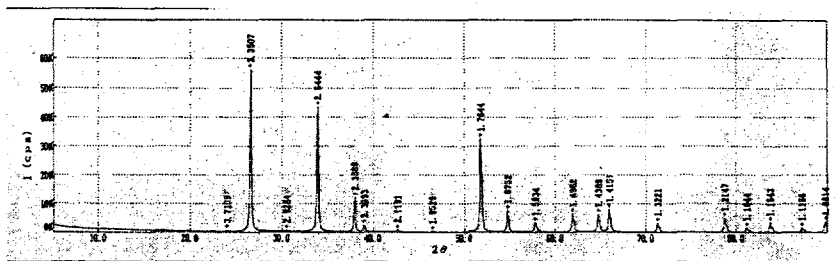
기존의 경우 감지물질의 부착강도가 낮아 가스센서의 기계적, 열적 안정성에 문제발생소지가 매우 컸으나, 소수성 silica sol을 첨가하여 감지물질과 기판사이의 부착강도 및 감지물질의 기계적 강도를 현저하게 개선하였다.

표 2 Tin Oxide powder analysis data

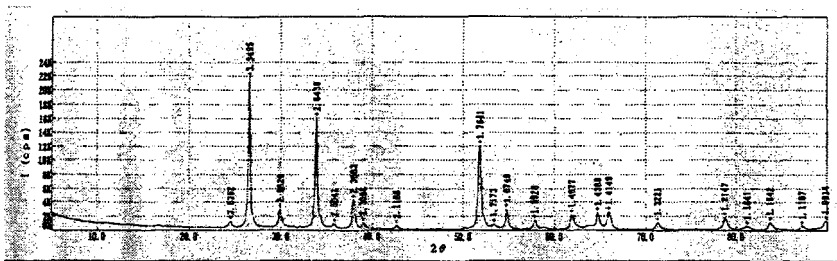
No.	Material	EDS(wt%)	* Sn, Si overlap						XRD	BET	TEM/PS	Manuf. spec.
		Sn	Ca	Pt	Cl	Si	Cu	Al		[m ² /g]	[nm]	
1	Precipitate-1	96.1	0.19(?)	2.3	0.6				SnO ₂ (Tet.)	42.4	<10	
2	Precipitate-3	96.6		2.26	0.29		0.82		SnO ₂ (Tet.)	38.3	~10	
3	Rare met.	98			0.6		0.5	0.8	SnO ₂ (Tet.)+X	30.5	10~20	99.90 %
4	고순도	99.8				0.3(?)			SnO ₂ (Tet.)	13	22~77	99.90 % Fe, Pb<10ppm
5	BDH Chem.	99.1					1		SnO ₂ (Tet.)+X	6.46	55~167	Pb:0.05 As:0.002
6	Nano	99.3				0.3	0.4		SnO ₂ (Tet.)+SnO ₂ (Ortho.)	2.04	38~55	



< 고순도 화학 >

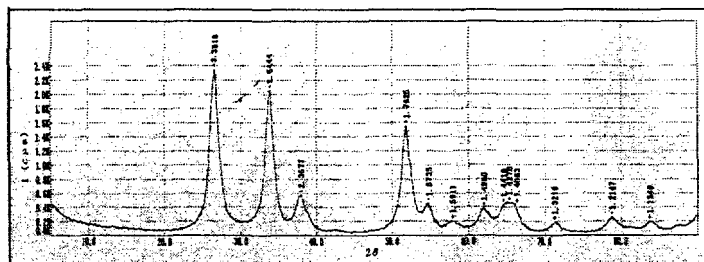


< BDH >

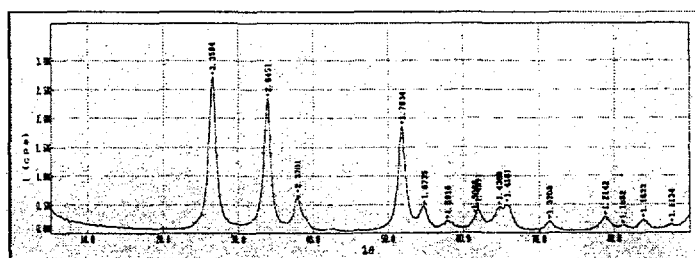


< Nano Powder >

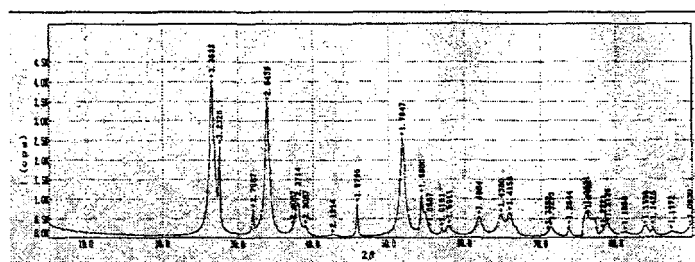
그림 6 원료 분말별 XRD 분석 결과 (2)



< 공침법 1 >

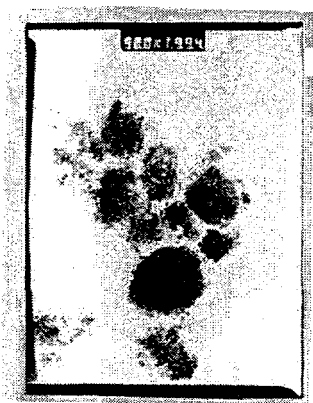


< 공침법 2 >

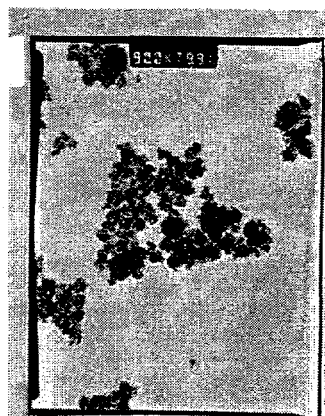


< Raremetallic >

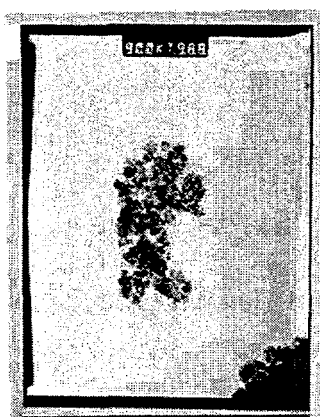
그림 5 원료 분말별 XRD 분석 결과 (1)



< 공침법 1 >



< 공침법 2 >



< Raremetallic >

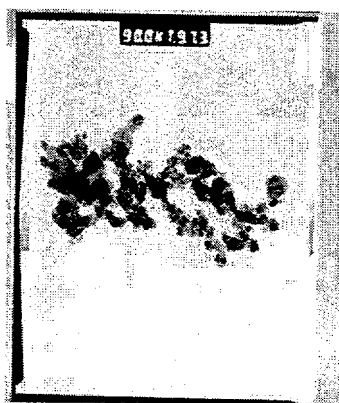
그림 7 원료 분말별 TEM 사진 (1)



< BDH >



< 고순도 화학 >



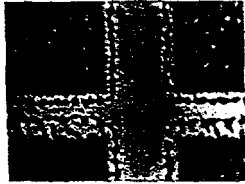
< Nano Powder >

그림 8 원료 분말별 TEM 사진 (2)

Paste 조성별 비교표

Vehicle		Powder / Vehicle				
100 CPS	90 : 10					
	No.					
	95 : 5	5 / 5	6 / 4	6.5 / 3.5	7 / 3	8 / 2
	No.	①	②	ⓧ	ⓧ	ⓧ
	97 : 3		6 / 4	6.5 / 3.5	7 / 3	
	No.		ⓧ	ⓧ	ⓧ	
50 CPS	90 : 10		6 / 4	6.5 / 3.5	7 / 3	8 / 2
	No.		⑤	④	③	

그림 9 Paste 조성별 스크린 인쇄상태



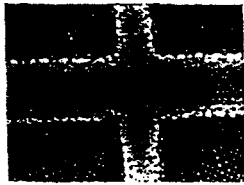
시료 1

BCA / EC : 95 / 5(100cps)
Powder/Vehicle : 5 / 5



시료 2

BCA / EC : 95 / 5(100cps)
Powder/Vehicle : 6 / 4



시료 3

BCA : EC 90 : 10(50cps)
Powder/Vehicle : 7 / 3



시료 4

BCA : EC 90 : 10(50cps)
Powder/Vehicle : 6.5 / 3.5



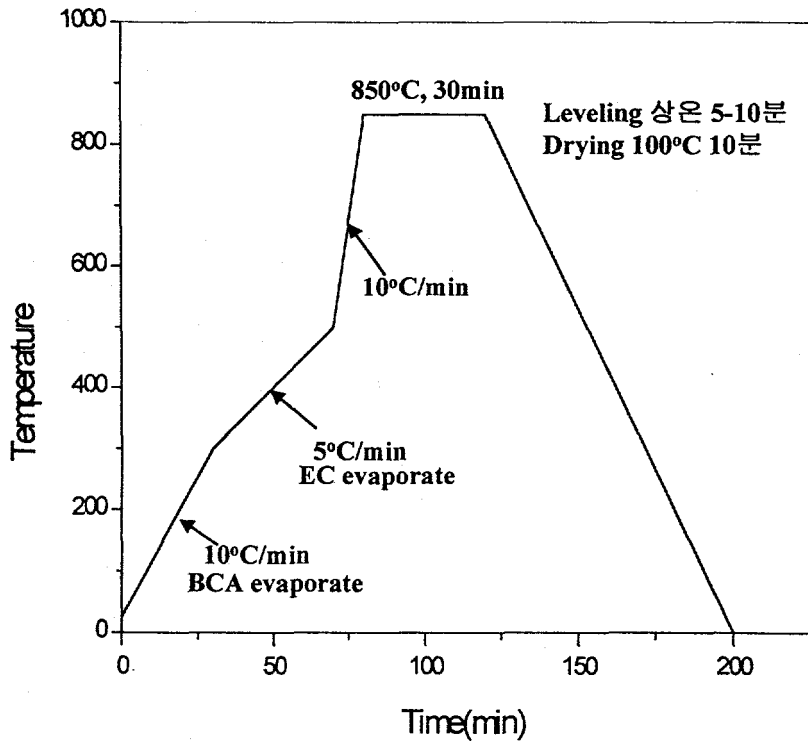
시료 5

BCA : EC 90 : 10(50cps)
Powder/Vehicle : 6 / 4

표 4 Powder별 Paste 비교표

	공침법	Raremetallic	고순도화학	BDH	Nano Powder
Paste rate	7:3	7.5:2.5	8:2	7:3	7.5:2.5
Color	흑 색	진한살색	황토색	엷은 살색	짙은 살색
점도	묽음	적당	적당	적당	적당
Pt(1)	$H_2PtCl_6, 6H_2$	$H_2PtCl_6, 6H_2$	$H_2PtCl_6, 6H_2$	$H_2PtCl_6, 6H_2$	$H_2PtCl_6, 6H_2$
Pd(3)	Pd Black	$PdCl_2$	$PdCl_2$	$PdCl_2$	$PdCl_2$
Mass	9.8 g	11.4 g	10.3 g	11.3 g	2.3 g
Made by	동광기연	제조원	제조원	제조원	KIST

그림 10 SnO₂ Paste Firing Profile



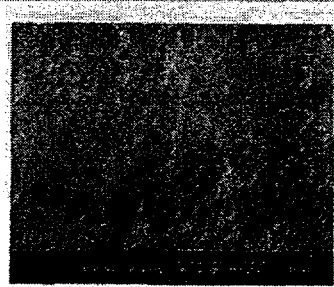
(1) 571410 16051419 18227 180306 1806 11 121

< 5월 5일 >

(0001 X)

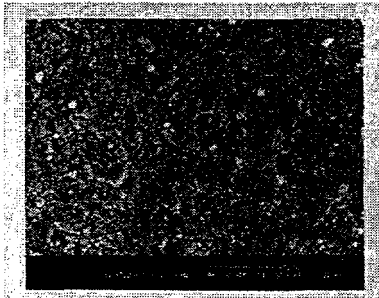


(001 X)

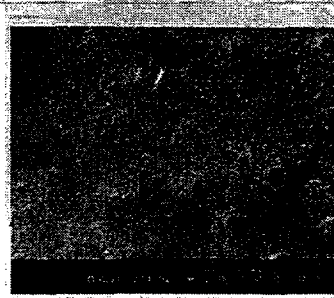


< Raremetallic>

(0001 X)

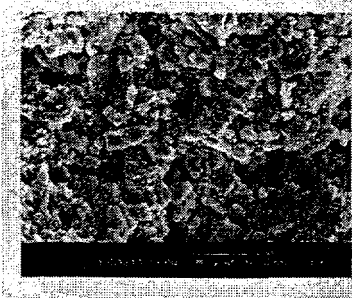


(001 X)

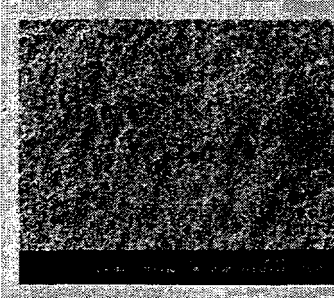


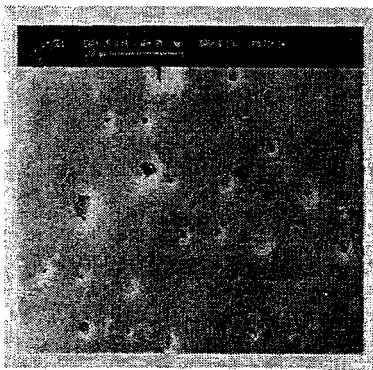
＜ 五五五 ＞

(0001 X)



(001 X)



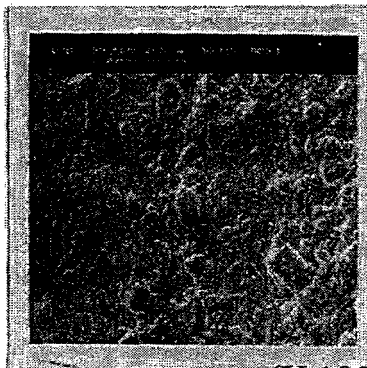


(X 100)

<BDH>

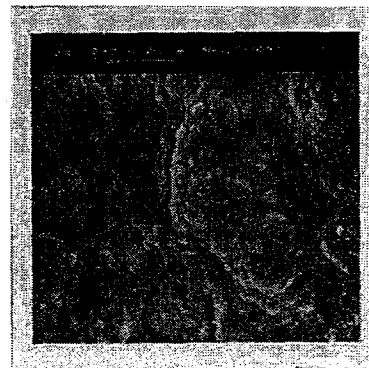


(X 1000)



(X 100)

< Nano Powder >



(X 1000)

그림 12 원료 분말별 소결후 센서표면의 미세구조 (2)

표 5 Thick Film Gas Sensor EDS data

공 정 :

1) 공침법 : Pt 1wt%, Pd black 3wt%

2) 기 타 : Pt 1wt%, Pd 3wt%, 850℃ 소성 2회

	Material	Sn	Pt	Pd	Si	Al
1	공침법	90.4	6	2.5	1.1	-
2	Raremetallic	91.8	2.7	2.9	1.6	1
3	고순도화학	92.3	2.1	3.8	1.8	-
4	BDH	93.4	1.9	3.4	1.3	-
5	Nano Powder	92.7	1.8	4.2	1.3	-

표 6 Tin Oxide 원료별 Gas Sensor Sensitivity Data														
단위 [Mohm]														
공칭	1				2					3				
CH4	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Aver.	STD
1000	45	37	0.82	18.1	45	35	0.78	22	23	22	0.95	4.6	0.85	0.1
2000					43	34	0.79	21	23	21	0.93	7.1	0.86	0.1
3000	45	33	0.73	26.5	41	31	0.76	24	22	18	0.84	16	0.78	0.1
4000	45	34	0.77	23.4	41	31	0.75	25	23	19	0.81	19	0.77	0
5000														
6000														
7000														
1000									23	18	0.77	23	0.77	
Rare	1				2				3					
CH4	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Aver.	STD
1000	1.3	0.9	0.69	31	1	0.6	0.66	34	1.4	0.8	0.59	41	0.65	0.1
2000	1.3	0.7	0.50	49.6	1	0.4	0.44	56	1.4	0.7	0.50	50	0.48	0
3000	1.3	0.5	0.42	58.1	1	0.3	0.34	66	1.4	0.6	0.39	61	0.38	0
4000	1.3	0.5	0.36	64.3	1	0.3	0.30	70	1.4	0.4	0.32	68	0.33	0
5000	1.3	0.4	0.32	68.2	1	0.3	0.26	74						
6000														
7000														
1000									1.4	0.3	0.19	81	0.19	
Nano	1				2									
CH4	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%						
1000	16	14	0.89	11.9	19	16	0.87	13						
2000	16	13	0.83	17.4	19	15	0.80	20						
3000	16	12	0.77	23	21	14	0.64	36						
4000	16	11	0.68	32.1	21	13	0.59	41						
5000	16	10	0.65	35.1	21	11	0.53	47						
6000														
7000	16	9.7	0.61	38.8										
1000	16	6.4	0.41	59.3	21	6.6	0.31	69						
고순도	1				2									
CH4	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%						
1000	1.4	1.2	0.83	16.5	4.8	4.5	0.93	6.6						
2000	1.4	1.1	0.80	20.4	4.7	4.3	0.92	8.5						
3000	1.4	1.1	0.78	22.5	4.5	4	0.88	12						
4000	1.4	0.9	0.69	31.1										
5000	1.3	0.9	0.69	31										
6000	1.3	0.8	0.63	41.7										
7000														
1000	1.3	0.6	0.42	58.3	4.6	3	0.65	35						
BDH	1													
CH4	Ro	Rs	Rs/Ro	dR%										
1000	17	15	0.90	9.8										
2000	17	14	0.82	17.4										
3000	17	13	0.75	24.9										
4000	18	12	0.69	31.1										
5000	17	11	0.66	34.3										
6000														
7000														
1000	17	7.4	0.43	57										

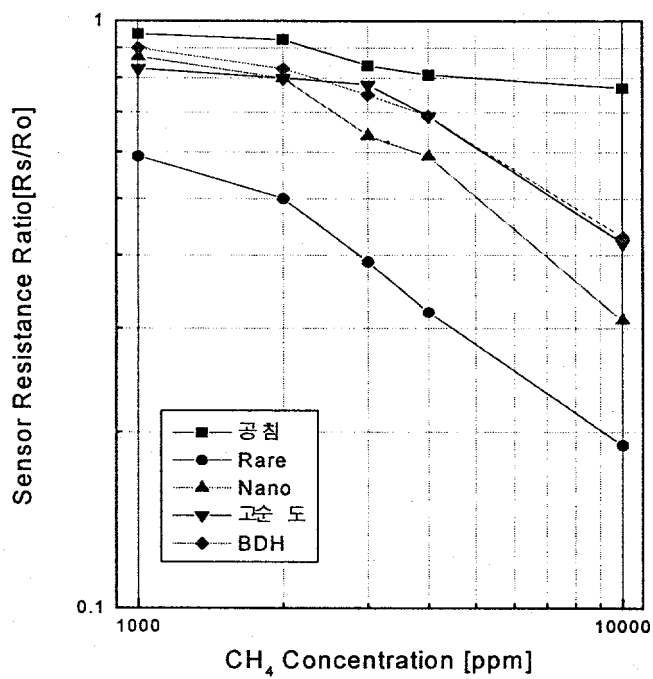


그림 13 Tin Oxide 원료에 따른 센서의 가스감응특성

§ 센서소자의 설계 및 제작

기존에 개발되었던 인쇄 스크린을 이용하여 각 원료물질에 대한 가스 감응 특성을 분석한 후에 본 연구에서 목적으로하는 보다 개선된 가스센서 소자의 설계 및 제작을 위해 인쇄 스크린을 2회 제작하여 최적 센서 물질 및 제조공정 연구를 진행하였다.

먼저, 1차 스크린 제작시 가스센서 소자의 크기를 기존의 $4 \times 2\text{mm}$ 에서 $3 \times 2.5\text{mm}$ 의 크기로 변경하고, 히터재료를 Pt로 변경함에 따라 meander 형태의 heater pattern을 설계하였으며, 감지물질의 초기저항치 감소를 위해 전극 구조를 IDT구조로 변경하여 설계하였다.

이렇게 변경된 인쇄스크린을 이용하여 각 paste별 최적 인쇄조건을 결정하였으며, R사의 상용분말을 이용하여 Pt와 Pd의 함량변화에 따른 감지물질을 제작하고, 최적의 혼합비를 규명하였다. 또한, 상용분말로 제작한 감지물질의 소결온도에 따른 가스감지특성을 측정하였다. 그리고, 기존의 공침법으로 제조한 감지물질로 제작한 센서의 가스감지특성을 비교하였다.

1차 제작시 나타났던 문제점으로 Pt heater의 저항이 낮았으며, 감지물질의 IDT 전극의 간격이 너무 미세하여 저항을 낮추는데 효과적이지 못하였고, 감지물질의 소결후 두께가 얇은 경향이 있었음으로, 이들 단점을 보완하여 2차 스크린 제작을 하였다. 2차 제작 스크린을 이용하여 각 물질의 인쇄조건을 결정하였으며, 센서감지물질과 알루미늄 기판과의 소결강도 개선을 위해 소수성 silica sol의 함량을 변화시키면서 기판과의 접착강도 개선과 가스센서 특성 변화에 미치는 영향에 대한 연구를 행하였다. 또한, 경보기 회로의 간편함과 센서신호의 noise문제를 개선하기 위해서 초기저항을 수백~수십k Ω 대로 낮추는 것을 목표로 감지물질의 전도도 개선에 대한 연구를 진행하였다.

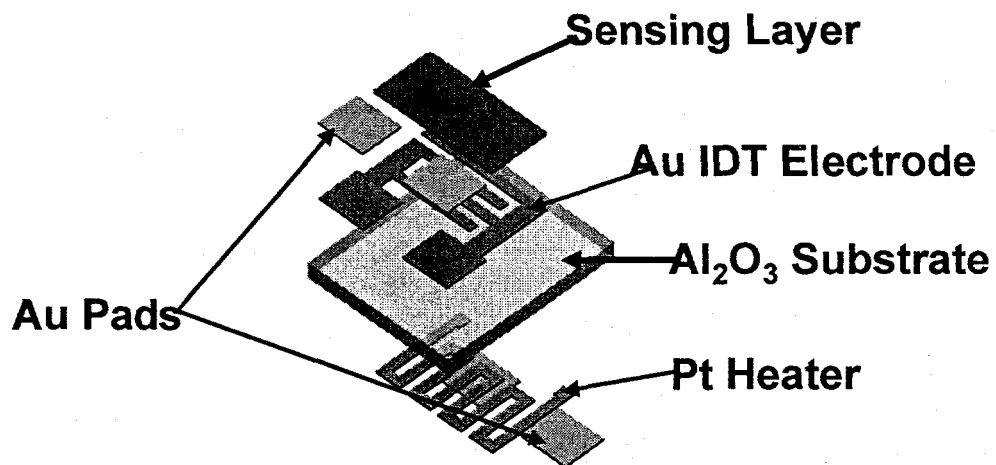


그림 14 개발된 후막형 가스센서의 구조

표 7 반도체 후막형 가스센서용 1차 스크린 사양 및 인쇄후 두께

1998. 11. 3

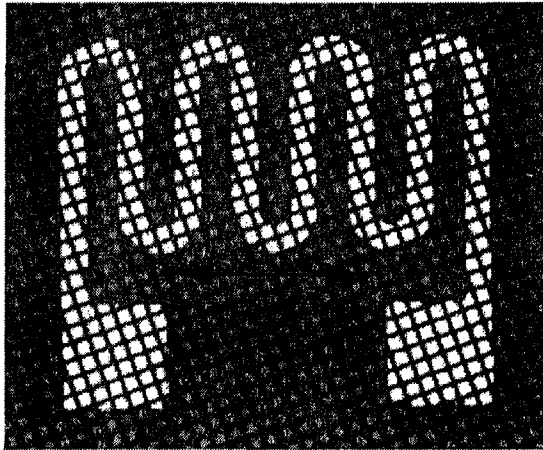
Screen	용도	Mesh(μm)	Mesh 두께(μm)	Emulsion 두께(μm)	인쇄 조건	인쇄 건조후 두께 (μm)	소성 조건	소성후 두께 (μm)
Pt	Heater	325	58	37	SQ1 : 2.25 SQ2 : 0.5 PV : 10.8 Snap Off : 700	17 ~ 20	980℃, 10min 15℃/min	6 ~ 8
Au	IDT	325	58	18	SQ1 : 2.35 SQ2 : 0.5 PV : 5 Snap Off : 200	13 ~ 14	850℃, 10min 15℃/min	9 ~ 10
Au	PAD	325	58	18	SQ1 : 10.05 SQ2 : 8.00 PV : 5 Snap Off : 200	14 ~ 16	850℃, 10min 15℃/min	12 ~ 13
SnO2	감지막	150	82	30	SQ1 : 10.0 SQ2 : 8.30 PV : 7 Snap Off : 600	18 ~ 25	850℃, 30min as Sintering Profile	15 ~ 20

표 8 반도체 후막형 가스센서용 2차 스크린 사양 및 인쇄후 두께

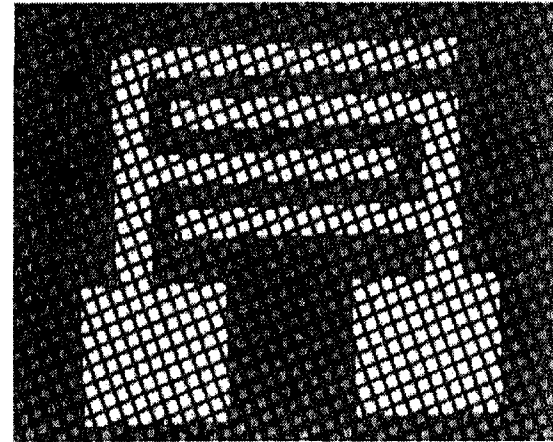
1998. 12. 24

Screen	용도	Mesh(μm)	Mesh 두께(μm)	Emulsion 두께(μm)	인쇄 조건	인쇄, 건조후 두께(μm)	소결 조건	소결후 두께 (μm)
Pt	Heater	ST400	49	20	SQ1 : 9.85 SQ2 : 9.50 PV : 14.6 Snap off : 700	16 ~ 17	980℃, 10min 15℃/min	11 ~ 13
Au	IDT	ST400	49	20	SQ1 : 11.0 SQ2 : 9.50 PV : 10.3 Snap off : 300	14 ~ 15	850℃, 10min 15℃/min	11 ~ 13
Au	Parallel	ST325	57	18	SQ1 : 12.5 SQ2 : 9.50 PV : 10.3 Snap off : 200	15 ~ 17	850℃, 10min 15℃/min	13 ~ 14
Au	PAD	ST325	55	18	SQ1 : 11.0 SQ2 : 9.50 PV : 10.3 Snap off : 300	15 ~ 17	850℃, 10min 15℃/min	13 ~ 14
SnO2	감지막	Poly150	80	60	SQ1 : 10.50 SQ2 : 9.50 PV : 9.6 Snap off : 300	40 ~ 50	850℃, 30min as Sintering Profile	28 ~ 30

그림 15 후막형 가스센서용 1차 스크린 패턴 형태

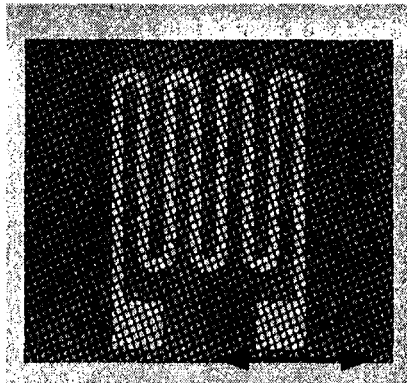


스크린 사양 : ST325mesh x 85.2
전극 폭 : 116.3 - 124.8 μm
전극 간격 : 148.8 - 162.8 μm
Pad Size : 492.3 x 492.5 μm

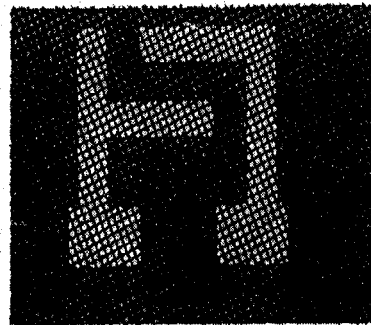


스크린 사양 : ST325mesh x 85.2
전극 폭 : 145.0 - 150.5 μm
전극 간격 : 123.7 - 132.4 μm
Pad Size : 800.2 x 695.5 μm

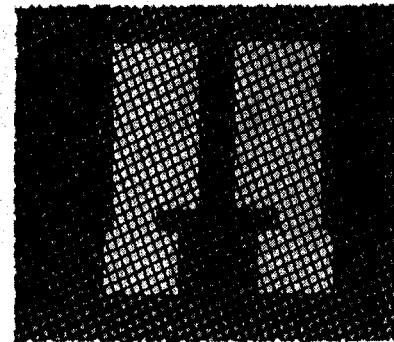
그림 16 후막형 가스센서용 2차 스크린 패턴 형태



스크린 사양 : ST400mesh x 69
전극 폭 : 99.8 - 105.4 μm
전극 간격 : 142.5 - 148.4 μm
Pad Size : 475.4 x 382.0 μm



스크린 사양 : ST400mesh x 69
전극 폭 : 278.6 μm
전극 간격 : 280.5 μm
Pad Size : 675.7 x 482.3 μm



스크린 사양 : ST325mesh x 75
전극 폭 : 803.3 - 772.3 μm
전극 간격 : 299.0 μm
Pad Size : 669.2 x 481.3 μm

그림 17 Thick Film Gas Sensor Batch Composition

1. Batch Composition(A), Pt = 5wt%

	Components	Wt	Wt%	Bar.Wt(15g)
Base Mat.	SnO2	150.709	95	14.25
Additive1	Pd	106.422	0	0
Additive2	Pt	195.08	5	0.75
Total		452.211	100	15
Add Material1	PdCl2	177.33		0
Add Material2	H2PtCl6.6H2O	517.9		1.991106213

2. Batch Composition(B), Pt = 3wt%, Pd=1wt%

	Components	Wt	Wt%	Bar.Wt(15g)
Base Mat.	SnO2	150.709	96	14.4
Additive1	Pd	106.422	1	0.15
Additive2	Pt	195.08	3	0.45
Total		452.211	100	15
Add Material1	PdCl2	177.33		0.249943621
Add Material2	H2PtCl6.6H2O	517.9		1.194663728

3. Batch Composition(C), Pt = 2.5wt%, Pd=2.5wt%

	Components	Wt	Wt%	Bar.Wt(15g)
Base Mat.	SnO2	150.709	95	14.25
Additive1	Pd	106.422	2.5	0.375
Additive2	Pt	195.08	2.5	0.375
Total		452.211	100	15
Add Material1	PdCl2	177.33		0.624859052
Add Material2	H2PtCl6.6H2O	517.9		0.995553106

4. Batch Composition(D), Pt = 1wt%, Pd=3wt%

	Components	Wt	Wt%	Bar.Wt(15g)
Base Mat.	SnO2	150.709	96	14.4
Additive1	Pd	106.422	3	0.45
Additive2	Pt	195.08	1	0.15
Total		452.211	100	15
Add Material1	PdCl2	177.33		0.749830862
Add Material2	H2PtCl6.6H2O	517.9		0.398221243

5. Batch Composition(E), Pd = 5wt%

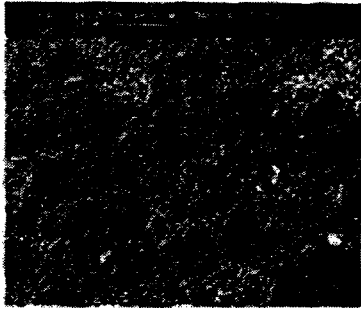
	Components	Wt	Wt%	Bar.Wt(15g)
Base Mat.	SnO2	150.709	95	14.25
Additive1	Pd	106.422	5	0.75
Additive2	Pt	195.08	0	0
Total		452.211	100	15
Add Material1	PdCl2	177.33		1.249718103
Add Material2	H2PtCl6.6H2O	517.9		0

6. Dissolve in Di-water

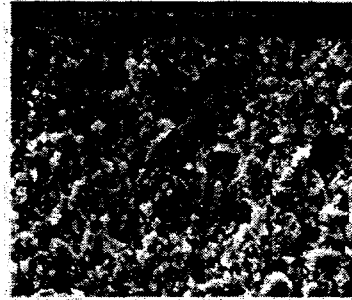
7. Rotary Evaporating with heating at 45°C (30min)/200rpm

8. Dry on hot-plate(80oC)/30min

9. Grinding

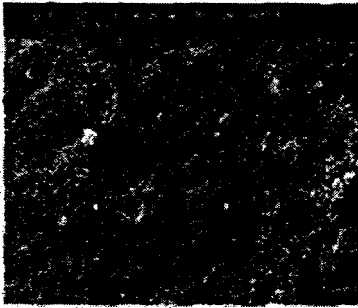


(X 100)

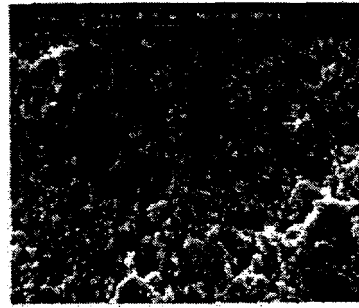


(X 1000)

< Pt 5wt% >

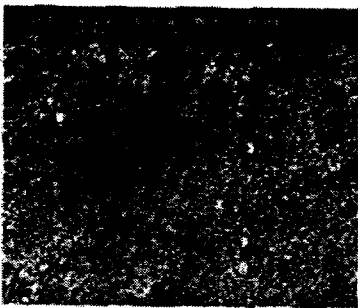


(X 100)

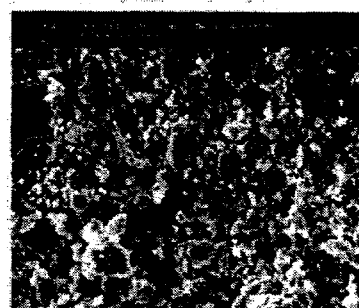


(X 1000)

< Pt : Pd : 2.5wt% : 2.5wt% >



(X 100)



(X 1000)

< Pd 5wt% >

그림 18 촉매물질의 첨가비에 따른 소결후 센서표면의 미세구조

표 9 촉매조성에 따른 가스센서감도 변화 data, Au전극, 850도 소결

Pt5	1000ppm	2000ppm	3000ppm	4000ppm	5000ppm	10000ppm	Ra(1000)
1	0.908	0.844	0.824	0.8	0.798	0.775	0.625
2	0.908	0.835	0.804	0.775	0.771	0.743	0.63
3	0.901	0.821	0.793	0.762	0.749	0.716	0.554
4	0.88	0.795	0.769	0.739	0.729	0.692	0.5
Ave	0.899	0.824	0.798	0.769	0.762	0.732	0.577
Std.	0.013	0.021	0.023	0.025	0.030	0.036	0.062
Pt3/Pd1							
1	0.757	0.699	0.655	0.627	0.6	0.585	0.977
2	0.646	0.585	0.55	0.523	0.491	0.484	1.146
3	0.812	0.757	0.709	0.696	0.665	0.65	0.935
4	0.728	0.672	0.619	0.595	0.562	0.544	1.051
Ave	0.736	0.678	0.633	0.610	0.580	0.566	1.027
Std.	0.069	0.072	0.067	0.072	0.073	0.070	0.093
Pt2.5/Pd2.5							
1	0.684	0.574	0.528	0.44	0.419	0.293	1.358
2	0.63	0.537	0.488	0.393	0.396	0.326	1.652
3	0.654	0.571	0.523	0.482	0.46	0.362	1.715
4	0.598	0.513	0.463	0.424	0.401	0.353	1.586
Ave	0.642	0.549	0.501	0.435	0.419	0.334	1.578
Std.	0.036	0.029	0.031	0.037	0.029	0.031	0.156
Pt1/Pd3							
1	0.846	0.79	0.753	0.71	0.69	0.605	2.471
2	0.702	0.643	0.586	0.554	0.545	0.403	1.69
3	0.64	0.583	0.515	0.497	0.483	0.305	1.21
4	0.753	0.699	0.645	0.611	0.605	0.48	2.193
Ave	0.735	0.679	0.625	0.593	0.581	0.448	1.891
Std.	0.087	0.088	0.101	0.091	0.088	0.127	0.557
Pd5							
1	0.833	0.771	0.719	0.725	0.697	0.687	2.633
2	0.624	0.545	0.485	0.477	0.445	0.399	1.377
3	0.648	0.567	0.514	0.478	0.455	0.41	1.541
4	0.62	0.537	0.483	0.457	0.432	0.384	1.187
Ave	0.681	0.605	0.550	0.534	0.507	0.470	1.685

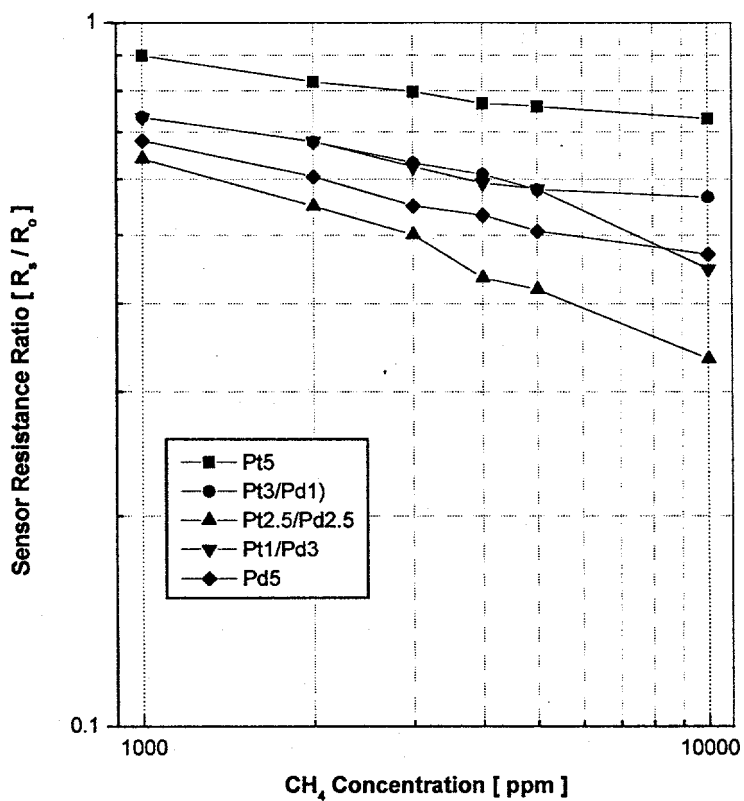


그림 19 Pt/Pd 촉매 함량비에따른 가스감응특성
(R사 상용분말, 850도 소결, Au 전극)

표 10 소결온도에 따른 가스센서 감도변화 data(Rare., Pt 전극, heater 420도)

950도	1000ppm	2000ppm	3000ppm	4000ppm	5000ppm	10000ppm	Ra(1000)
1	0.343	0.252	0.232	0.204	0.195	0.141	0.373
2	0.393	0.297	0.258	0.232	0.218	0.181	0.582
3							
Ave	0.368	0.275	0.245	0.218	0.207	0.161	0.478
Std.	0.035	0.032	0.018	0.020	0.016	0.028	0.148
850도							
1	0.264	0.192	0.179	0.158	0.151	0.109	0.485
2	0.28	0.203	0.179	0.156	0.148	0.11	0.462
3	0.279	0.195	0.169	0.154	0.147	0.109	0.546
4							
Ave	0.274	0.197	0.176	0.156	0.149	0.109	0.498
Std.	0.009	0.006	0.006	0.002	0.002	0.001	0.043
750도							
1	0.213	0.154	0.139	0.129	0.122	0.091	0.586
2	0.214	0.159	0.143	0.134	0.127	0.093	0.532
Ave	0.214	0.157	0.141	0.132	0.125	0.092	0.559
Std.	0.001	0.004	0.003	0.004	0.004	0.001	0.038

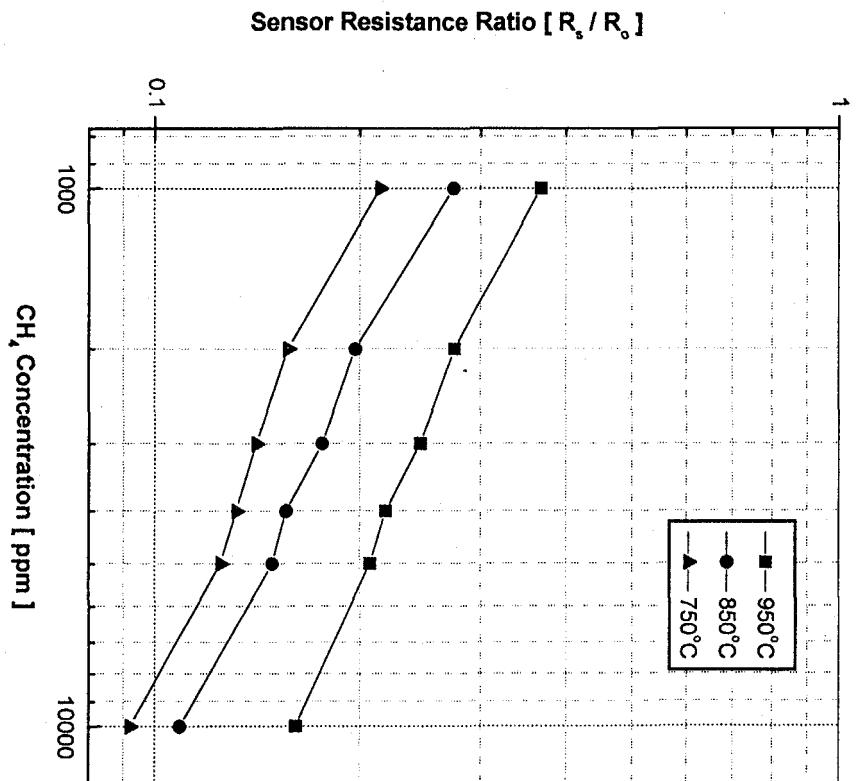


그림 20 소결온도에 따른 가스감응특성
(모물질:Rare.+2.5Pt/2.5Pd, Pt 전극)

§ 최적의 제조물질 및 공정조건 결정

기존의 방법으로 제작된 센서소자와 비교하여 본 연구가 목적으로 하는 보다 개선된 후막형 반도체식 가스센서제작을 위해 가스감지물질, 히터재료, 전극재료, paste 제조용매 등 여러 가지 물질을 변경하였으며, 센서소자의 구조도 여러가지 측면에서 변경하였다. 이에 따라서 첨부한 것과 같은 여러 가지 공정을 설계하여 실험하였으며, 각 공정단계에서 최적의 조건을 결정하도록 노력하였다.

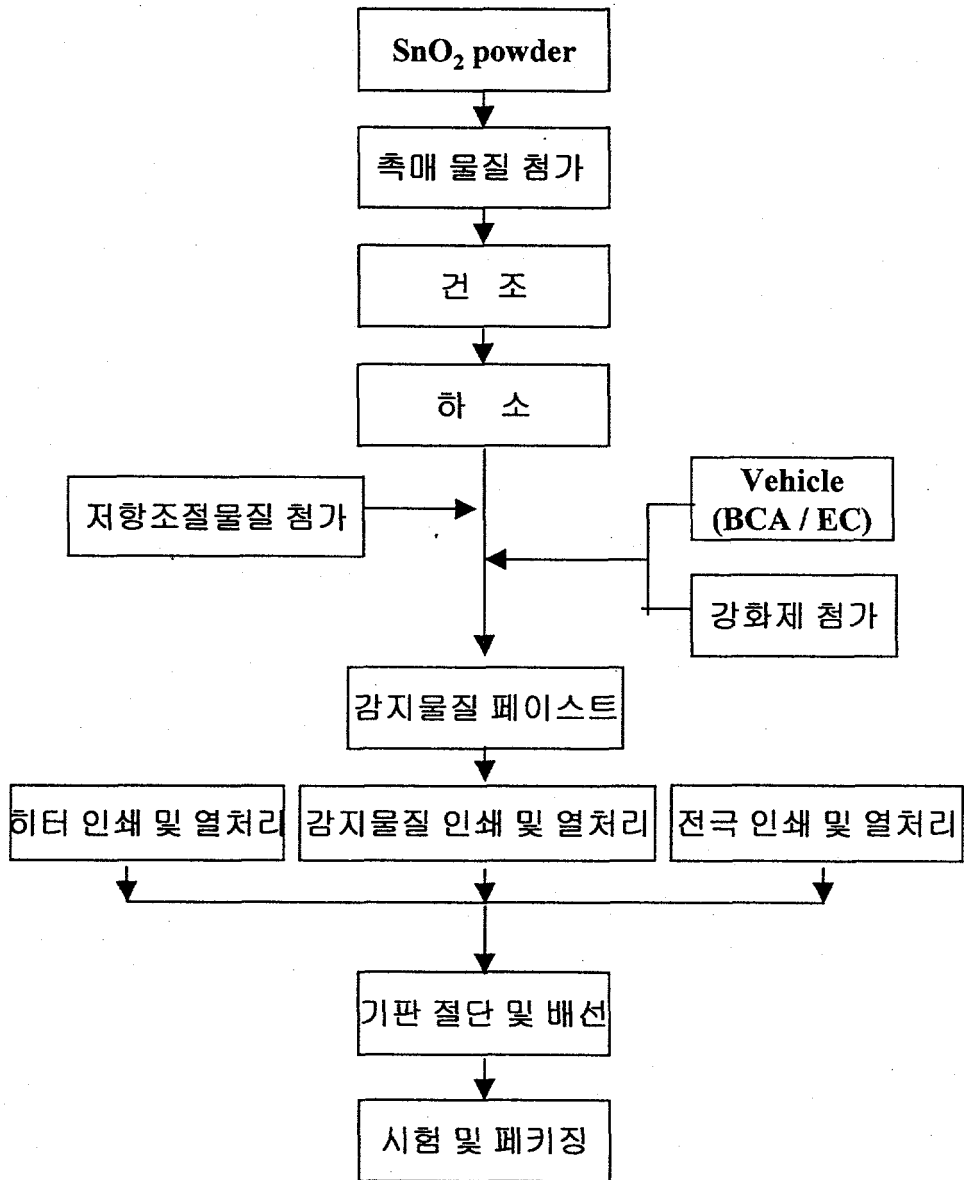


그림 21 반도체식 후막형 가스센서 제작 공정

반도체식 후막형 가스센서 제조공정

반도체식 후막형 가스센서의 제조를 위한 공정은 크게 센서 페이스트 제조공정과 후막 스크린 인쇄공정 그리고 소자 시험 및 패키징 공정으로 나눌 수 있으며 이중에서 센서 페이스트 제조공정은 다시 가스감지물질 제조공정과 강화제 및 저항조절용 물질 첨가 그리고 인쇄를 위한 바인더 제조공정으로 나눌 수 있다. 각각의 공정별 조건 및 내용에 대해서 설명하기로 한다.

1. 센서 페이스트 (Sensor Paste) 제조공정

가. 감지물질 제조공정

◆ SnO₂ Powder의 선정

반도체식 후막형 가스센서의 제조공정 개선을 위해서 검토된 감지재료 중 SnO₂ Powder는 총 5가지로서 기존의 방법인 공침법에 의해서 제조된 Powder와 상용화된 Powder로서 독일의 BDH, 일본의 고순도화학, Raremetallic 그리고 고려대학교에 의뢰해서 제작한 Nano Powder를 기본 재료로 하여 촉매를 첨가한 후 합침법으로 제작하였다. 이러한 같이 총 5가지의 재료중 TEM 분석 결과에서 볼 수 있는 바와 같이 초기분말의 입도가 공침법의 경우와 비슷하고 가스 감도와 선형성 측면에서 우수한 특성을 나타내는 것으로 판단되는 일본 Raremetallic사의 SnO₂ Powder를 최종적으로 선정하였다.

◆ 촉매의 첨가

고온에서의 가스감응특성 향상을 위해서 첨가되는 촉매물질 즉 Pt와

Pd의 첨가비를 총 5가지로 변화시키면서 소자를 제작하였다. 사용된 촉매용 물질로는 $\text{H}_2\text{PtCl}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 와 PdCl_2 (고순도화학제)였으며, 이 때 Pt : Pd의 혼합비는 wt%의 단위를 기준으로 5 : 0, 3 : 1, 2.5 : 2.5, 1 : 3, 0 : 5 였으며 이중 2.5 : 2.5의 첨가비가 감도와 초기저항 면에서 다른 시료 보다 양호한 특성을 나타내었다.

감지물질의 제조를 위한 공정은 합침법으로서 사용된 장비는 Buchi사 (Swiss)의 Rotary Evaporator R-124(with Water bath B-481)였으며 45℃, 200rpm에서 40분간 혼합하였다.

◆ Cl의 제거(Calcination)

사용된 촉매용 물질이 다량의 Cl을 함유하고 있으므로 잔존하는 Cl이 후막 인쇄 공정과 센서의 감응특성에 미치는 악영향을 제거하기 위해서 합침법으로 제작된 물질을 100℃에서 1시간동안 건조한 후, TG-DSC분석을 행하여 Cl의 효율적인 기화점이 680℃ 부근인 것을 확인하였다. 따라서 본 실험에서는 영국 Lenton社의 Tube Furnace 4209를 이용하여 680℃에서 30분간 하소처리를 하였다.

나. 바인더 제조공정

감지물질을 효율적인 후막 제조와 인쇄특성 향상을 위해서 사용되는 바인더의 제조하였다. 초기 물질은 BCA와 EC(Ethycellulose)를 선정하였으며 이중 EC의 점도와 BCA : EC의 배합비를 변화시키면서 최적의 바인더 제조 조건을 검토하였다.

결과적으로 선정된 조건은 50 cps의 EC 와 BCA : EC = 90 : 10으로서 가장 양호한 특성을 나타내었다.

따라서 BCA와 EC50을 90 : 10으로 혼합한 후, Hot Platel에서 80℃을 유지한 상태로 첨가된 EC가 전부 용해될 때까지 Stiring을 행하였다.

다. 강화제 및 저항 조절물질 첨가

◆ 강화제 첨가

제작된 센서 페이스트와 알루미나 기판과의 접착강도 및 SnO_2 감지물질 자체의 강도 개선을 위해서 여러종류의 Glass Frit과 Silica Sol 그리고 저온 소결용 물질들을 검토하였으며 그 중에서도 소수성 Silica Sol인 MA-ST(Nissan Chemical社, 日)가 가장 강한 기판과의 접착특성을 나타내는 것을 확인하였다.

따라서 MA-ST의 첨가비를 변화시키면서 기판의 접착강도와 센서의 감응 특성에 미치는 영향을 조사하여 10wt% SiO_2 의 경우가 최적의 MA-ST첨가비인 것을 확인하였다.

그러므로 본 공정에서는 제작된 Binder에 10wt% SiO_2 의 MA-ST를 첨가한 후, 일본 Nissei社 NBK-1 Kneader를 이용하여 혼합하였다.

◆ 저항조절용 재료 첨가

개발된 가스센서 소자가 외부회로와 원활한 인터페이스가 가능하고 센서 신호의 Noise를 감소시키기 위해서는 센서 감지물질의 초기저항을 수백~수십k Ω 대로 낮출 필요가 있다. 따라서 본 연구에서도 여러 가지의 첨가물질을 선정하여 센서재료의 초기저항에 미치는 영향을 조사하였다.

상기 사항에 대한 검토 결과, Sb_2O_3 의 첨가에 의해 tin oxide의 저항이 낮아졌으므로 Sb_2O_3 의 첨가량에 따른 센서소자의 초기저항 변화를 관찰하였다.

제조공정은 기 제작된 감지물질과 5wt%, 1wt% Sb_2O_3 를 Ethanol Base로 독일 FRITSCH사의 Planetary Ball Mill을 이용하여 1시간동안 혼합 및 분쇄를 하였다. 그후 vehicle과 silica sol. 강화제를 첨가하여 감지물

질 페이스트를 제작한 후 센서의 가스 감지특성과 초기저항 변화를 측정하였다.

라. 센서페이스트의 제작

상기의 공정으로 제작된 감지물질과 바인더를 7 : 3 의 비율로 혼합한 후 다시 일본 Nissei사의 NBK-1 Kneader를 이용하여 220 rpm에서 3분간 교반을 행하여 최종적으로 스크린인쇄에 필요한 센서용 페이스트를 제작하였다.

2. 후막 스크린 인쇄 공정

제작된 센서페이스트의 후막 디바이스 제작을 위해서 미국 C.W.Price社의 MC810 Thick Film Printer을 사용하였으며 자체 제작한 스크린을 이용하여 히터와 전극 그리고 감지막을 인쇄하였다.

가. 히터의 인쇄

히터의 재료는 미국 ESL社의 Pt Paste(5544)를 사용하였으며 인쇄조건을 변화시키면서 제작된 히터의 패턴 형태를 관찰하였다.

당초의 스크린 인쇄사양과 부합되는 조건을 선정한 다음 인쇄를 행한 후 상온에서 Leveling 20분, 100℃에서 건조 30분후에 국내의 고려전기 로개발(주)에서 제작한 박스형 전기로에서 승온 분당 15℃로 승온시켜 980℃에서 30분간 열처리하였다.

나. 전극 및 패드의 인쇄

전극용 재료는 미국 Ferro사의 Conductrox 3066 Au Paste를 사용하였으며 히터와 마찬가지로 인쇄조건을 변화시켜가며 목적한 스크린 사용과 일치하는 패턴을 제작조건을 검토하였다.

전극은 히터의 반대면에 인쇄하였으며 30분간 건조한 후 히터와 Au 전극의 패드부를 인쇄한 후 열처리를 행하였다.

이 때의 조건은 분당 15℃로 승온한 후 850℃에서 30분간 열처리 하였다.

다. 센서 페이스트 인쇄

히터와 전극의 인쇄 및 열처리를 마친 후, 제작된 센서 페이스트를 인

쇄조건을 변화시키면서 인쇄하여 인쇄후의 상태를 관찰하였다.

최적의 조건을 확인한 후, 센서용 감지막을 전극위에 인쇄하여 30분간 상온에서 Leveling한 후, Convection Oven에서 30분간 건조하였으며 박스형 전기로에서 첨부된 열처리 조건에 의해서 850℃, 30분간 열처리를 행하였다.

3. 소자시험 및 패키징 공정

알루미나 기판상에 인쇄, 열처리된 가스센서 소자를 Cutting한 후, Au Paste 또는 Spot Welder를 이용하여 Wiring을 하였다.

Wiring된 센서소자를 전용 Stem에 장착한 후 가스의 농도변화에 따른 감응 특성 시험기 취부하여 가스센서로서의 특성을 평가하였다.

STA 1500H

SAMPL ID : PdC12
 RUN ID : TEST
 SIZE : 44.153 mg
 OPERATOR: RFAC

DATE RUN: Sep/01/1998
 GAS 1 : 5DEG/MIN
 GAS 2 : 25->1000
 COMMENT : HD, JANG

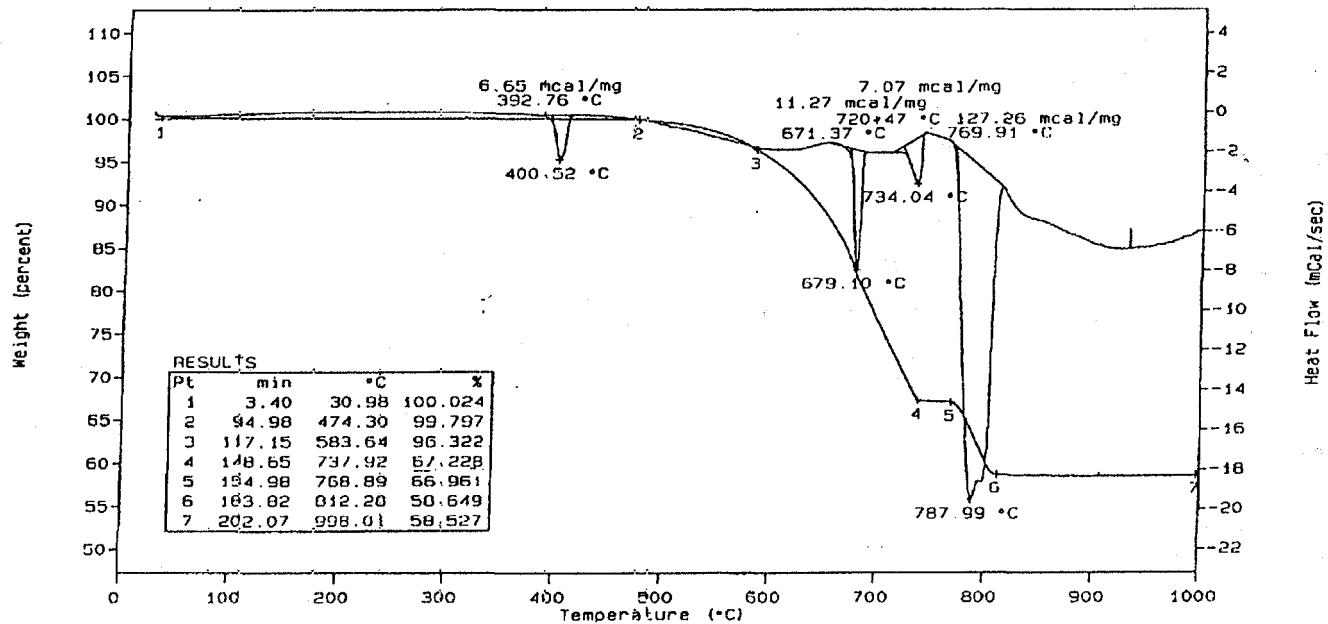


그림 21 TG-DSC

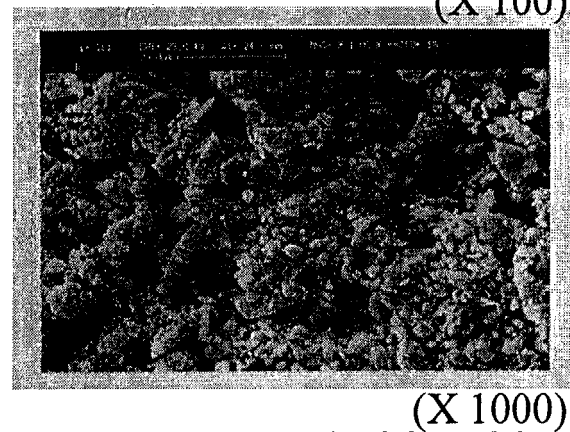
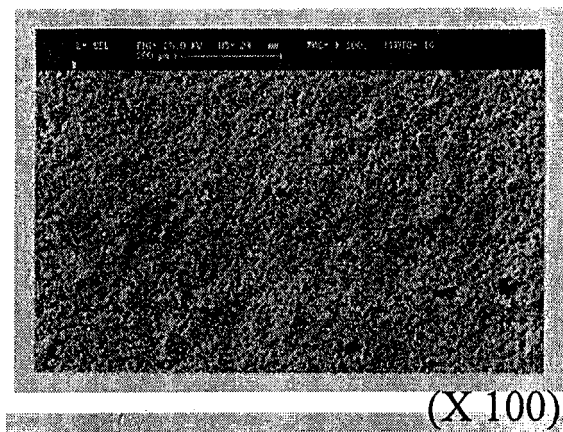
표 11 SnO₂ 후막의 접착력 및 강도 개선을 위해 사용된 첨가제의 종류, 첨가량 및 소성온도

98-11-23

	Additive	Amounts of Addition (wt%)				Heat Temperature(°C)			비 고
1	Fumed Silica	5	20			850			Ethanol
2	저농도 Silica Sol	5	20	10	15	850			H ₂ O
3	ST-C	20	10	30	50	850	600		Methanol
4	ST-O	20	10	30	50	850	900		H ₂ O
5	MA-ST	30	20	50	10, 5	650	850	950	Methanol
6	Alumina Sol	10				800	600	900	H ₂ O
7	MA-ST + Alumina Sol	20+10				800	600	900	
8	DGF-510	30				850			
9	L-#6	30				850			
10	MA-ST + V ₂ O ₅	10+5				850			Methanol
11	V ₂ O ₅	5				850			
12	LiCl	10				850			
13	MA-ST + Sb ₂ O ₃	30+5				700	600		Methanol
14	MA-ST + LiCl	30+5				700	600		Methanol
15	MA-ST + B ₂ O ₃	30(50:50)				800	600	900	Methanol
16	Cr ₂ O ₃ + V ₂ O ₅	30(30:70)				800	600	900	
17	MA-ST + Cr ₂ O ₃ -V ₂ O ₅	30 + 10				800	600	900	Methanol

(※) 괄호안의 숫자는 Mol% 단위임

그림 22 강화제별 센서 소자의 표면 미세 구조 (SJGII/성지소재)



Glass Frit 15wt%

Glass Frit 20wt%

그림 23 강화제별 센서 소자의 표면 미세 구조 (저농도Silica Sol)

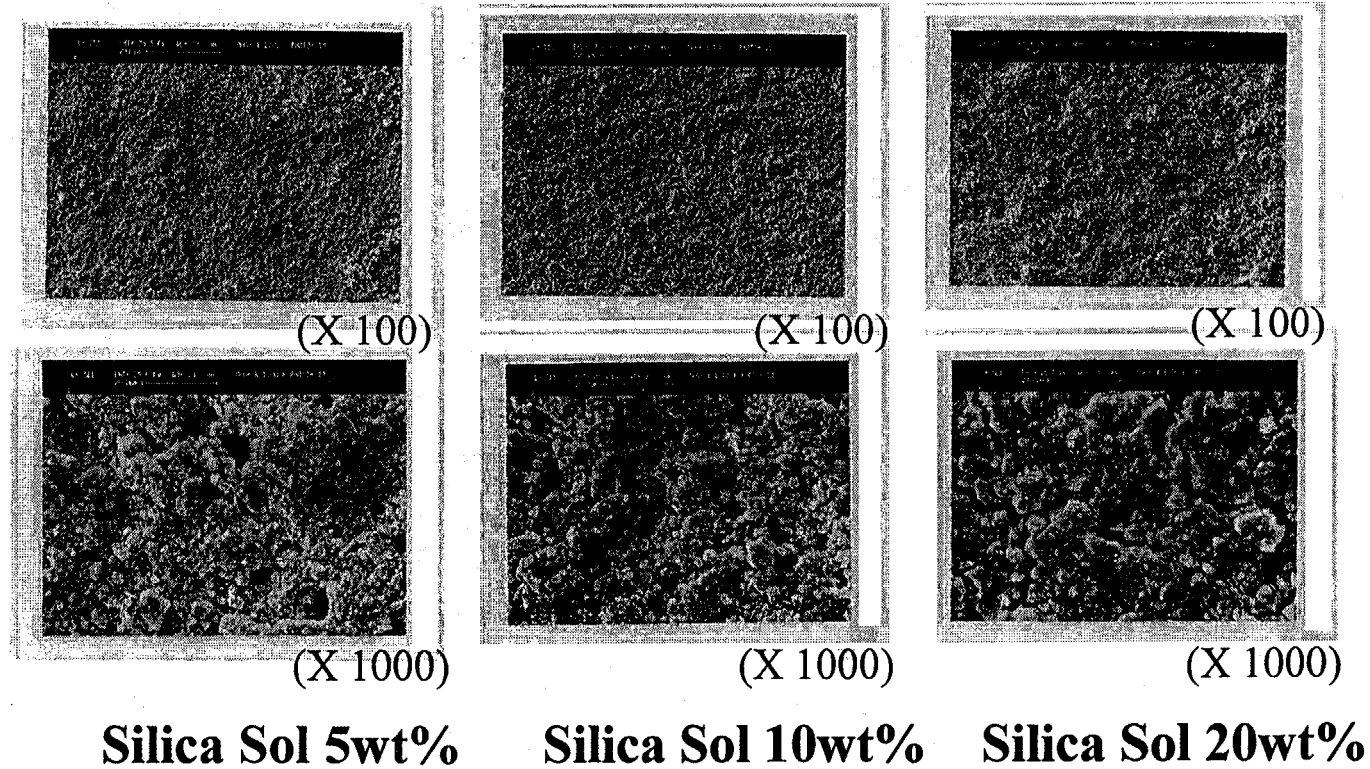
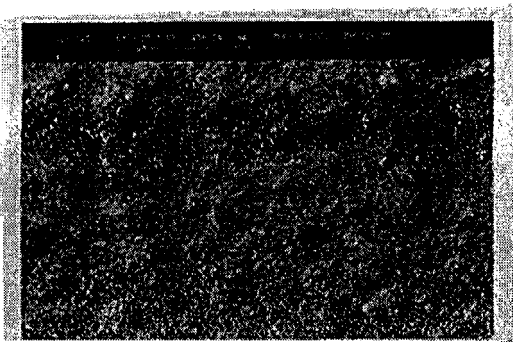
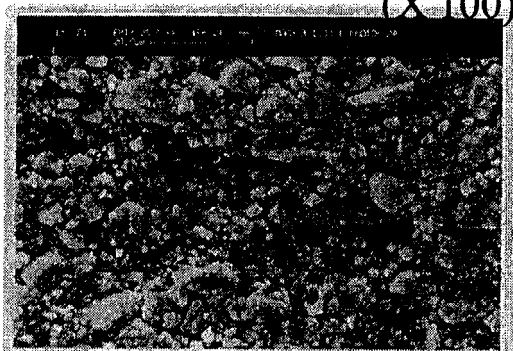


그림 24 강화제별 센서 소자의 표면 미세 구조 (Fumed Silica)

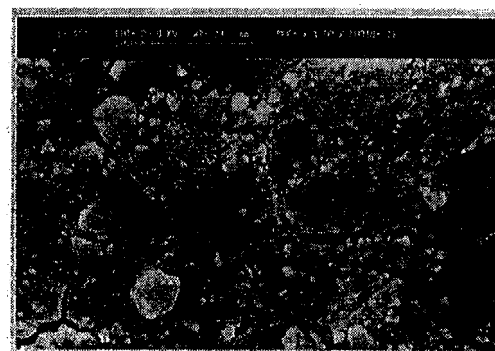


(X 100)



(X 1000)

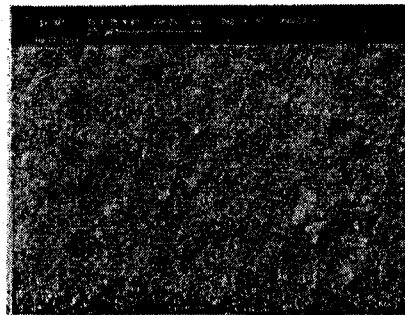
Fumed Silica 5wt%



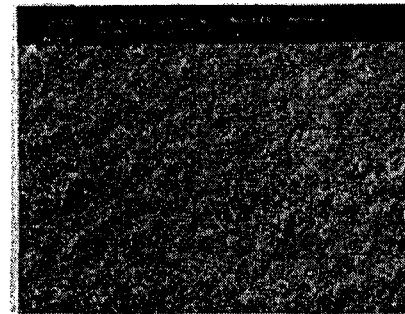
(X 1000)

Fumed Silica 20wt%

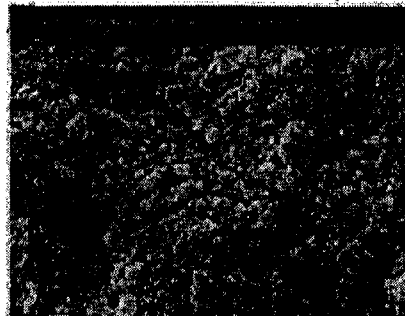
그림 25 강화제별 센서 소자의 표면 미세 구조 (Silica Sol/MA-ST)



(X 100)

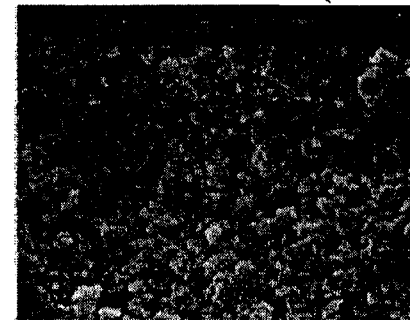


(X 100)



(X 1000)

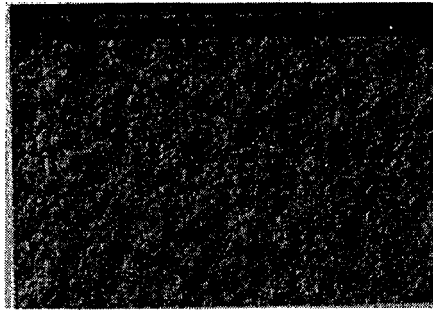
MA-ST 5wt%



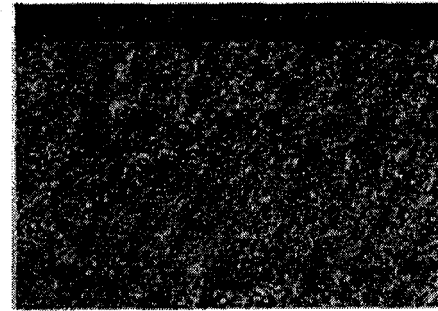
(X 1000)

MA-ST 10wt%

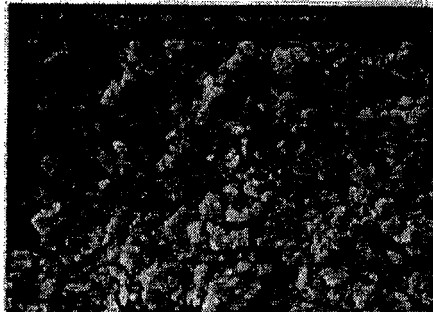
그림 26 강화제별 센서 소자의 표면 미세 구조 (Silica Sol/MA-ST)



(X 100)

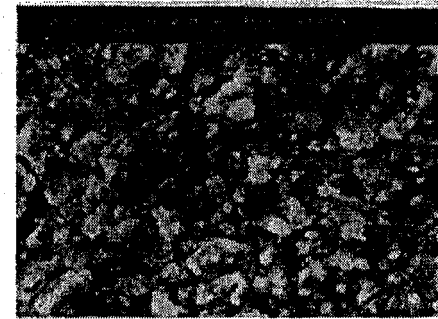


(X 100)



(X 1000)

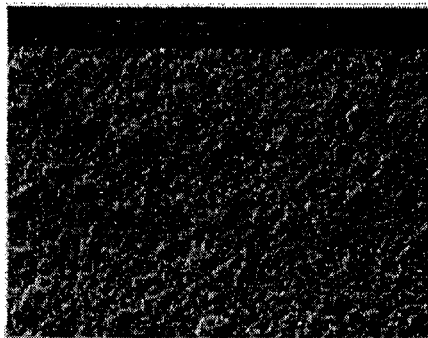
MA-ST 20wt%



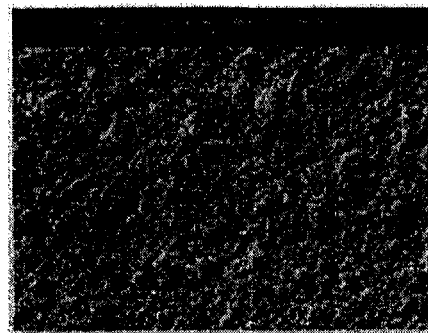
(X 1000)

MA-ST 30wt%

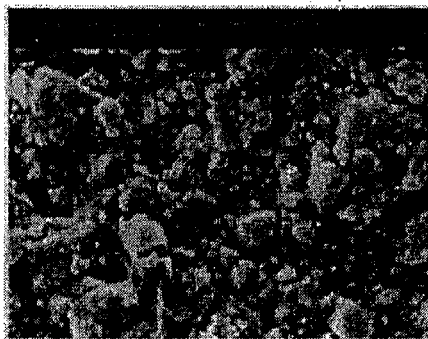
그림 27 열처리 온도에 따른 표면 미세 구조
(MA-ST 20wt%, Pt : Pd = 2.5 : 2.5)



(X 100)

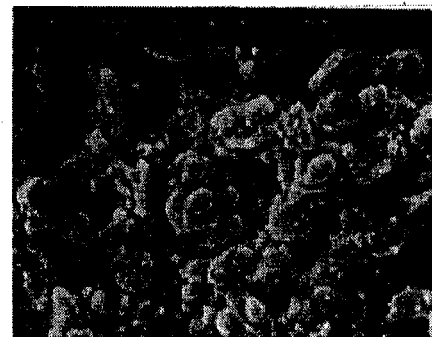


(X 100)



(X 1000)

850°C, 30min



(X 1000)

950°C, 30min

표 12 감지물질성분 및 MAST(silica sol.)첨가에 따른 가스감응특성 data

	1000ppm	2000ppm	3000ppm	4000ppm	5000ppm	10000ppm	Ra(1000)
공침(2차)							
1	0.671	0.556	0.529	0.482	0.475	0.426	0.31
2	0.642	0.551	0.518	0.48	0.464	0.421	0.31
3							
Ave	0.657	0.554	0.524	0.481	0.470	0.424	0.310
Std.	0.021	0.004	0.008	0.001	0.008	0.004	0.000
Rare(2차)							
1	0.375	0.303	0.265	0.254	0.232	0.192	0.519
2	0.385	0.29	0.247	0.236	0.218	0.184	0.462
3	0.468	0.352	0.3	0.302	0.29	0.242	0.47
4							
Ave	0.409	0.315	0.271	0.264	0.247	0.206	0.484
Std.	0.051	0.033	0.027	0.034	0.038	0.031	0.031
MAST/20wt							
1	0.905	0.864	0.804	0.753	0.718	0.598	5.441
2	0.823	0.729	0.65	0.612	0.569	0.481	4.81
3	0.839	0.815	0.724	0.689	0.656	0.582	6.244
Ave	0.856	0.803	0.726	0.685	0.648	0.554	5.498
Std.	0.043	0.068	0.077	0.071	0.075	0.063	0.719
MAST/10wt							
1	0.305	0.209	0.182	0.153	0.145	0.115	2.659
2	0.274	0.192	0.164	0.142	0.133	0.104	1.959
3	0.332	0.267	0.202	0.179	0.162	0.137	2.72
Ave	0.304	0.223	0.183	0.158	0.147	0.119	2.446
Std.	0.029	0.039	0.019	0.019	0.015	0.017	0.423
MAST10wt*							
1	0.354	0.261	0.218	0.2	0.187	0.136	1.643
2	0.391	0.282	0.231	0.212	0.193	0.14	1.554
3							
Ave	0.373	0.272	0.225	0.206	0.190	0.138	1.599
Std.	0.026	0.015	0.009	0.008	0.004	0.003	0.063
주) 850도 소결 시편, 단 *는 750도 소결시편, heater 온도 420도.							

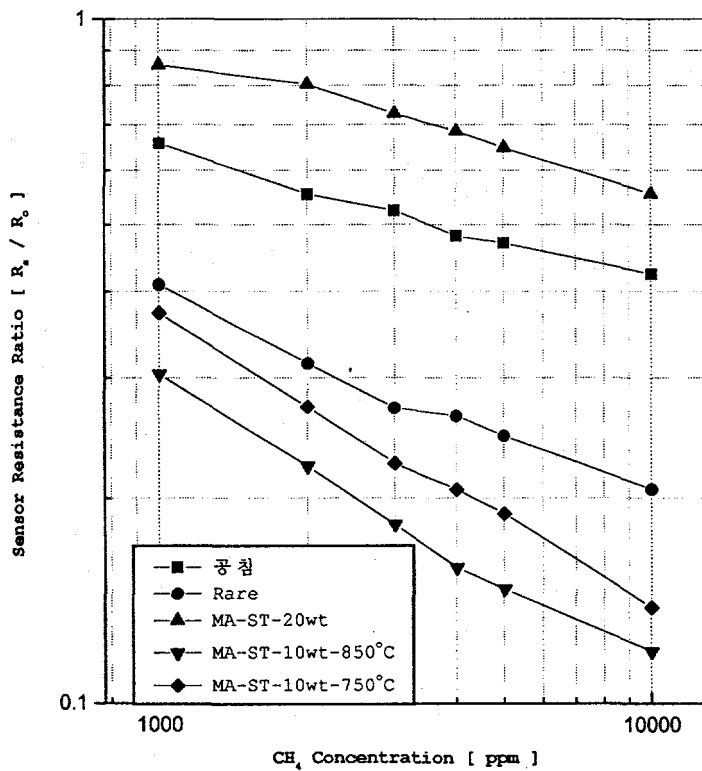


그림 28 모물질 및 silica sol. 첨가에 따른 가스감응특성
(MAST첨가시편; 모물질-rare+2.5Pt/2.5/Pd)

후막형 반도체식 가스센서 전도도 강화용 물질 첨가실험

1. 주요 첨가제 검토내용

첨가제	Melting Point(℃)	첨가제	Melting Point(℃)
V ₂ O ₅	670~685	TeO ₂	733
GaO ₂	652	LiCl	614
Bi ₂ O ₃	817~825	CrCl ₂	814
B ₂ O ₃	450~470	Sb ₂ O ₃	655
PbO	886±2		

2. Batch Process (열처리 온도 : 850℃, 30분)

첨가제	혼합비	첨가량	초기 저항값 (열처리후)	비고
B ₂ O ₃ +SiO ₂	50 : 50 (mol%)	30wt%	1 ~ 2 MΩ	1차 / Pt
Sb ₂ O ₃ +SiO ₂	5 : 30 (wt%)	35wt%	3 ~ 4 MΩ	1차 / Pt
Sb ₂ O ₃ +SiO ₂	5 : 10 (wt%)	15wt%	0.6 ~ 0.7 MΩ	2차 / Au(P)
			1 MΩ	2차 / Au(I)
Sb ₂ O ₃ +SiO ₂	1 : 10 (wt%)	11wt%	10 ~ 11 MΩ	2차 / Au(P)
			15 ~ 16 MΩ	2차 / Au(I)

(주) 상기 재료중 SiO₂는 MA-ST 입

표 13 Sb_2O_3 첨가에 따른 가스감응특성 및 초기저항변화 data

	1000ppm	2000ppm	3000ppm	4000ppm	5000ppm	10000ppm	Ra(1000)
MAST/10wt							Mohm
1	0.305	0.209	0.182	0.153	0.145	0.115	2.659
2	0.274	0.192	0.164	0.142	0.133	0.104	1.959
3	0.332	0.267	0.202	0.179	0.162	0.137	2.72
Ave	0.304	0.223	0.183	0.158	0.147	0.119	2.446
Std.	0.029	0.039	0.019	0.019	0.015	0.017	0.423
MAST/10wt+Sb2O3/5wt							Kohm
1	0.96	0.952	0.937	0.929	0.921	0.914	74.825
2	0.952	0.944	0.937	0.929	0.921	0.899	77.305
3	0.956	0.948	0.937	0.929	0.921	0.906	76.056
Ave	0.956	0.948	0.937	0.929	0.921	0.906	76.062
Std.	0.004	0.004	0.000	0.000	0.000	0.008	1.240
MAST/10wt+Sb2O3/1wt							Kohm
1	0.598	0.545	0.51	0.489	0.469	0.422	475.61
2	0.606	0.534	0.504	0.468	0.449	0.396	483.28
3	0.598	0.538	0.511	0.485	0.471	0.417	418.28
Ave	0.601	0.539	0.508	0.481	0.463	0.412	459.057
Std.	0.005	0.006	0.004	0.011	0.012	0.014	35.521

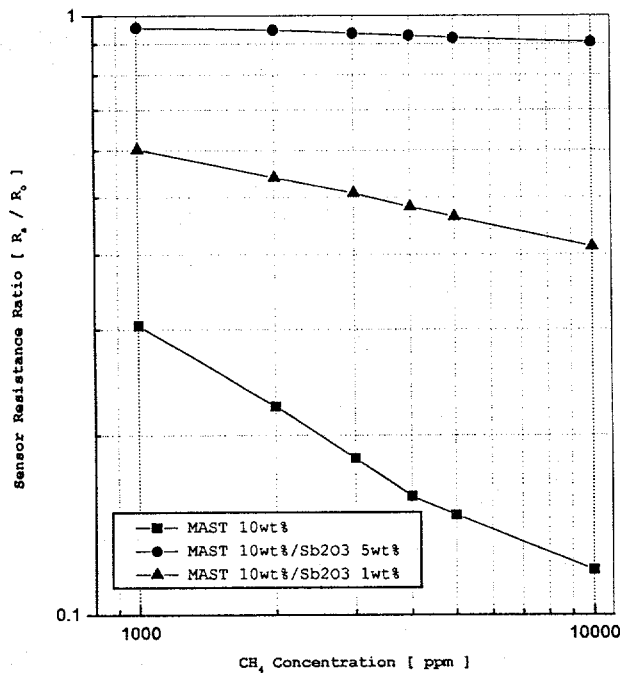


그림 29 Sb₂O₃ 첨가에 따른 가스감응특성
(모물질-rare+2.5Pt/2.5/Pd+MAST 10wt%)

결 론

양산에 적합하고 보다 특성이 우수한 후막형 반도체식 가스센서소자의 개발을 위해 본 연구에서는 기존의 센서제작 공정 및 구조를 분석하여 여러 가지 개선사항을 도출하였으며, 이에 따라 제작된 가스센서 시작품과 기존의 공정에 의해 제작된 가스센서와 비교평가를 하였다. 또한, 각 개선된 사항에 따라 센서소자의 특성을 평가한 후, 최적의 제조물질 및 공정조건을 결정하였으며 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 센서 감지물질로 공침법으로 제조된 tin oxide 분말대신에 상용의 tin oxide(R사)를 사용하여 제조한 가스센서의 특성이 우수한 것으로 나타나 향후 대치가 가능할 것으로 생각된다. Pd 촉매 첨가시 Pd black 대신 PdCl_2 를 함침하는 방법이 좋은 것으로 사료된다. 또한, 이 경우 최적 촉매비는 Pt 와 Pd의 비는 2.5 : 2.5로 나타났다.

2) Heater 재료를 RuO_2 대신 Pt로 변경하여 원하는 heater 특성을 구현하였으며, 고가의 Pt 전극재료를 Au 전극으로 대체하였고, 센서 페이스트용 vehicle을 변경하여 가스센서 시작품을 제조하였다.

3) 감지물질의 소결강도 개선을 위한 첨가제로서 소수성 silica sol을 사용하였으며, 이의 첨가에 의해 센서물질의 기계적 강도 및 기판과의 부착강도가 현저히 개선되었다. 그러나 silica sol.의 첨가량이 20wt%정도 증가함에 따라 가스감지 특성이 현저히 저하되었으며, 가스감지특성이 우수한 최적 첨가량은 약 10wt% 정도인 것으로 나타났다.

4) 센서소자의 초기저항 감소를 위해 Sb_2O_3 를 첨가하였으며, Sb_2O_3 첨가량이 증가함에 따라 소자저항이 현저하게 감소하였다. 그러나, Sb_2O_3 첨가량 증가에 따라 가스감지특성이 현저히 저하되었으며, 가스감지특성

제99-92-057 호

형 식 승 인 서

신청인 성명 : 차성익

상호 : (주)중앙기연

주소 : 서울 구로 구로 1129-49

소방법 제50조제1항 - 제50조의2제1항 및 소방응기계·기구등의형식
승인등에관한규칙 제9조의 규정에 의하여 다음과 같이 그 형식을 승인
합니다.

1. 기 별 가스누설경보기
2. 형 식 AC220V, 광동형, LNG용, 폭발산, 흡착경보형, 압력배식
3. 형식승인번호 가99-1
4. 부 관

99 년 10 월 20 일

한 국 소 방 경 정 공 사



가스신문 5월 4일 1971

‘가스누설경보기’ 개발 가스공-동광기연 공동

최근 한국가스공사와 (주)동광기연이 반도체 산화물을 사용한 LNG가스감지용 후막형 가스센서 및 가정용 가스누설경보기를 개발, 금년중으로 양산체제에 돌입할 계획이다.

한국가스공사 주관으로 지난 1969년부터 개발한 가스경보기는 국내 최초로 후막형 반도체식 가스센서로 소자의 최적 경보기회로를 통합한 이면에 완전 국산화된 가스경보기는 산업소식 제5호에 의해 저농도에서의 감응특성이 우수하고 높은 정밀도와 장기적인 안정성 및 신속한 응답체제를 갖추고 있다. 또한 이제품은 소비전력이 적고 주위온도 및 습도에 큰 영향을 받지 않는 장점을 갖고 있다. 특히 이제품은 가스센서소자 및

후막형 반도체가 특징이다.
특히 이 제품은 가스센서 소자 및 신호처리 회로가 하나로 제작돼 제조공정을 단순하고 있는 일면에서 동광기연에 의해 크게 기여된 것으로 기대되어 향후 외국으로 수출로 연결되고 있는 것으로 전해진다.

석유가스신문 5월 4일 1971

후막형 가스센서·가스 누설경보기 개발 가스공, 동광기연과 공동으로 수입 대체효과 클 듯

가스공사 주관으로 지난 96년부터 개발에 착수한 가스경보기는 국내 최초로 후막형 반도체식 가스센서 소자와 최적 경보기회로를 통합한 이면에 완전 국산화된 것으로 기존 집적회로식 제품에 비해 저농도에서의 감응특성이 우수하고 높은 정밀도와 장기적인 안정성 및 신속한 응답체제를 갖추고 있다. 또한 이제품은 소비전력이 적고 주위온도 및 습도에 큰 영향을 받지 않는 장점을 갖고 있다. 특히 이제품은 가스센서소자 및

김대규 기자
한국가스공사(사장 한갑수)가 민간기업과 함께 후막형 반도체 가스센서의 가정용 가스누설경보기를 개발했다.

가스공사는 14일 (주)동광기연과 공동으로 최근 반도체 산화물을 사용한 LNG가스감지용 후막형 가스센서 및 가정용 가스누설경보기를 개발, 양산체제에 돌입할 예정이다.

진공정을 국내기술로 제작함으로써 현재 세계시장을 독점하고 있는 일본제품에 대한 수입대체효과가 클 것으로 기대되며 앞으로 해외수출도 고려중이다. 이와 함께 가스공사는 동광기연과 공동으로 이면에 신박형 가정용 가스누설경보기에 이어 신박형 가스누설경보기도 을 하반기부터 출시할 예정이다.

한국에너지지인문 // 민(4월19일)

LNG감지용 후막형반도체가스센서 개발

한국가스공사·(주)동광기연 감응특성 소비전력 안정성 우수

한국가스공사 연구개발원과 (주)동광기연이 최근 반도체 신화 붐을 일으킨 LNG가스감지용 후막형 가스센서 및 감지용 가스누설 경보기를 국내 최초로 개발에 성공했다고 밝혔다.

가스공사 주관으로 지난 96년부터 개발을 시작한 가스경보기는 국내 최초로 후막형 반도체식 가스센서 소자의 최적감지기 회로를 통합해 원전 극심화한 것으로 집적인소자 제법에 비해 저온도에서 감지특성이 우수하고 높은 정밀도의 안정적인 안정성 등을 갖추고 있다.

또한 이 제품을 소비전력이 적고 수명 연장과 성능에 큰 영향을

받지 않는 등 가스센서 소자 및 전 광성을 국내 기술로 제작하여 세계시장을 독점하고 있는 일본제품에 비해 손에 있어 앞으로 수입 대체 효과에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

한국가스공사와 (주)동광기연은 이 제품을 올해중에 본격적으로 양산할 계획이며 기장용과 함께 대규모 산업용 가스누설경보기도 올 하반기부터 출시를 목표로 하고 있다고 밝혔다.

[illegible]

IN BYRAN'S CEMENT CO. (E)

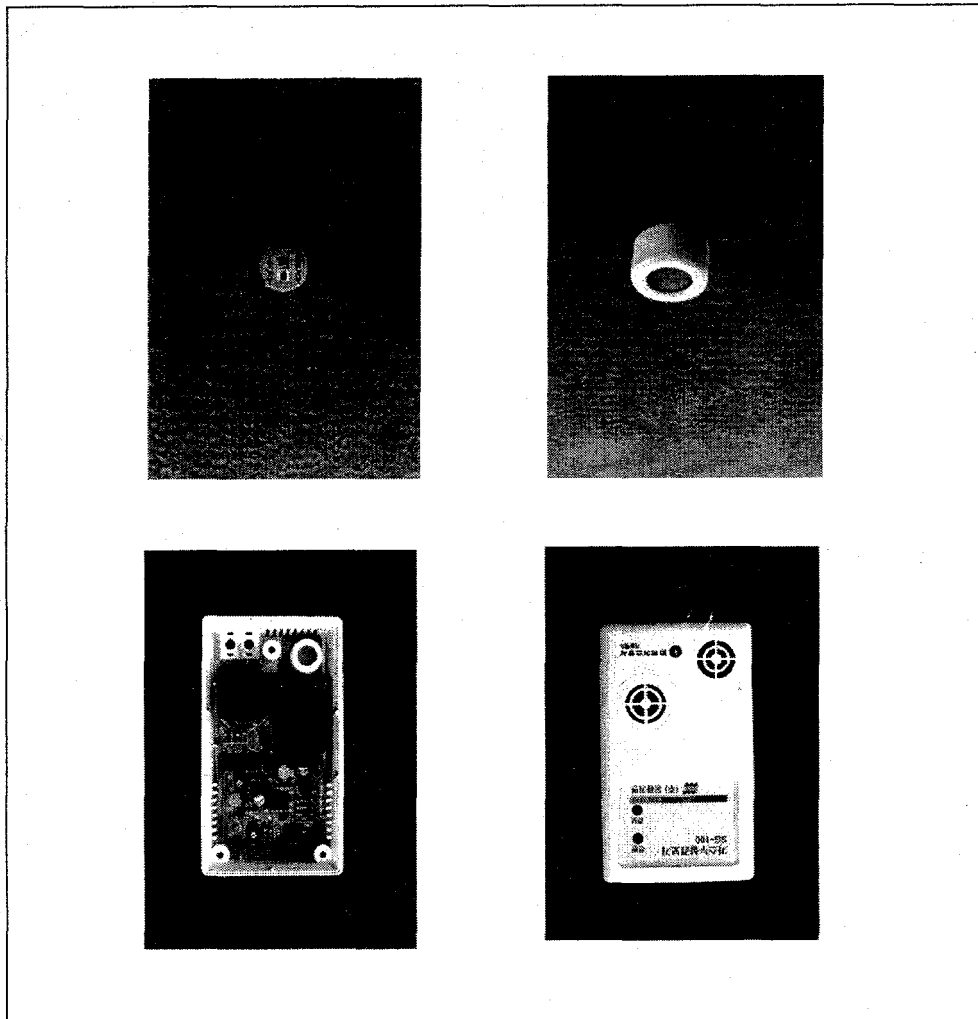
7. 국산 신기술(KT마크) 인정 신청서

「국산신기술 인정」 신청서					처리기간		
					180일 이내		
신 청 기 술	기술명	PTC히터기관을 이용한 반도체식 후막형 가스센서 및 경보장치		신청분과	전기·전자 (전자부품 위원회)		
	개발책임자	소속	한국가스공사 연구개발원	직위	책임연구원		
		성명	최동수	전공	에너지 및 재료공학		
	개발부서	명칭	이용기기연구실				
		소재지	경기도 안산시 일동 638 한국가스공사 연구개발원 (TEL) 0345-400-7535				
회 사 개 요	기관명	한국가스공사 / (주) 동광기연		대표자	한갑수 / 차성익		
	주소	본사	경기도 성남시 분당구 정자동 215 (TEL) 0342-710-0114				
		서울시 구로구 구로동 1129-49 (TEL) 02-856-2401~2					
	공장	서울시 구로구 구로동 1129-49 (TEL) 02-856-2401~2					
	주생산품목	천연가스 / 센서 및 제어기기		연간회사 매출액	3,824,000백만원 / 264백만원		
	종업원수	2,400명 / 12명		업종	연구개발(서비스) / 제조		
	기업유형	■ 대기업 ■ 중소기업		법인번호	114671-0006125/110111-134425		
행정담당자 (KT업무담당자)	소속	연구관리부		직위	부장		
	성명	최종수	전화	0345-400-7440	FAX	0345-416-7233	
기술개발촉진법 제2조의 제4호의 규정에 의하여 위의 기술을 국산신기술로 인정받 고자 다음과 같이 신청합니다. 1999 년 6 월 11 일 신청인 : 박 달 영 (인) 차 성 익 (인) 과 학 기 술 부 장 관 귀하 한국산업기술진흥협회장							
구 비 서 료	1. 「국산신기술인정」 신청서(별지 제1호 서식) 2. 기술 및 제품설명서(별지 제1-1호 서식) 3. 기술요약서(별지 1-2호 서식) 4. 공산품 품질관리법에 의한 품질관리등급사정서(없는 경우 표준, 공정, 제품, 설비의 관리등 품질관리체계 설명자료) 5. 산업재산권, 지적소유권 및 국내외 인증기관의 인증실적자료(있는 경우에 한함) 6. 사내 또는 외부기관의 제품시험성적서 또는 개발보고서(있는경우에 한함) 7. 기타 기술설명자료(있는 경우에 한함) 8. 사업자등록증 사본, 공장등록증 사본(있는 경우에 한함) 9. (기술이전의 경우) 기술이전 증빙자료 1부					심사수수료	
						100,000원	

【별지 제1-1호 서식】

기술 및 제품설명서

기술명	PTC히터 기판을 이용한 반도체 후막형 가스센서 및 경보장치
적용제품명	반도체식 후막형 가스센서, 가스경보기
적용모델명	SG-100 시리즈



적용제품의 용도 및 특징							
제품의 용도				제품의 기능			
가정용/산업용도의 가연성 가스 (LNG, LPG) 감지 및 경보기				가연성가스 감지에서 우수한 감도 및 선택성을 갖도록 소자물성이 개선되었고 Pt/Pd dopant의 최적 배합을 갖는 가스센서(SnO₂)가 개발되었다. 또한, 기존의 가스센서에 사용되고 있는 절연기판을 200℃이상으로 가열할 수 있는 히터를 PTC히터로 대체시켰다. 이 경우 기존의 알루미늄나 또는 실리콘 기판위에 고가의 RuO₂나 Pt전극 등을 스퍼터링 또는 스크린 인쇄하여 제조하던 경우와 비교하여 제조공정의 단순화 및 생산단가를 낮출 수가 있다. 특히 사용시 주위온도 변화에 대하여 PTC 정온효과에 의한 높은 온도안정도로 가스센서의 감응특성을 안정화시키고 저전력 구동이 가능케 하였다.			
				국내의 유사·경쟁 제품과 비교한 적용제품의 차별적 특징			
현재까지 저전력 구동이 가능한 PTC소자를 이용한 가스센서는 국내외적으로 보고된 바가 없다. 또한, 국내에서 시판되고 있는 가스센서는 접촉연소식 방식인 반면 후막형 반도체식 가스센서는 가스에 대한 감응도와 특정가스에 대한 선택성이 우수하고 응답속도가 빠르며 주위온도 및 습도에 대한 영향이 적다. 이러한 후막형 반도체 가스센서의 기판으로 PTC 히터를 이용함으로써 기존의 모든 센서의 구조에 획기적인 변화를 가져올 수 있으며, 제조공정을 단순화 시켜 원가절감 효과를 얻을 수 있다. 기존의 가스센서는 사용시 주위온도변화로 인한 소자표면온도 변화에 의해 가스감응특성이 불안하게되거나 PTC히터를 기판으로 이용한 가스센서는 정온효과에 의해 안정된 표면온도의 확보와 저전력(기존제품의 1/4정도)구동이 가능케 하였고, 따라서 센서특성이 매우 안정된다. 기존의 제품들 보다 우수한 감지특성 및 소형화 그리고 고신뢰성을 갖는 제품을 센서소자 제조부터 디바이스 구성까지 완전 국산화 시켰다.							
적용제품 판매개시(예정)일				99 년 10 월(판매개시일을 입증할 수 있는 자료 별지 첨부)			
국내외 경쟁사 현황 및 유사·대체가능 제품(반드시 기재)							
국내 생 산	회 사 명	기존유사·대체제품명	출시일	수 입	회 사 명	기존유사·대체제품명	출시일
	(주)신우전자	가스경보기 (접촉연소식)			Figaro	가스센서·가스경보기 (접촉연소식, 반도체식)	
	KNC	가스센서·가스경보기 (접촉연소식)			Nemoto	가스센서·가스경보기 (접촉연소식)	
	홍진	가스센서·가스경보기 (접촉연소식)			Fis	가스센서·가스경보기 (접촉연소식, 반도체식)	

신청기술관련 국내의 기술개발동향 및 후발참여 예상기업 현황

현재까지 국내에는 센서소자와 회로를 일원화한 제품을 제조중인 업체는 없으며, 주로 외국에서 수입한 센서를 회로부판 제조하여 조립·판매하고 있는 실정이다. 그리고, 국내에서 현재 자체적으로 개발해내고 있는 센서의 경우라도 백금 열선위에 감지 모물질을 도포한 접촉연소식이다. 신진국들은 기존의 접촉연소식에서 반도체식으로 대체하고 있는 추세이나 국내와 마찬가지로 알루미늄이나 기판에 히터와 모물질을 임하는 다공성체물이 주를 이루고 있다. 따라서, 알루미늄이나 기판에 히터를 임하는 과정을 자체제작한 PTC 히터로 대체한 것과 센서소자 물성을 개선한 본 개발제품은 제조공정의 단순화와 저가 및 높은 안정성을 보이고 있다.

적용제품의 주된 시장(복수응답가능)

☐ 국내신규시장 ■ 국내생산기준시장 ■ 수입대체 ■ 신진국 시장 ■ 개도국 시장

적용제품의 매출, 생산등(신청일 기준 2년전부터 5년간)

구	분	1997년	1998년	1999년 (10월이후)	2000년	2001년
매출액 (백만원)	내 수	-	-	168	1,120	1,400
	수 출	-	-	-	280	560
	소 계	-	-	168	1,400	1,960
생산량 (단위: 대)		-	-	6,000	50,000	70,000
연간생산설비능력 (단위: 대)				6,000	50,000	70,000
적용제품의 매출액 대비 영업이익률 (%)		-	-	15	15	15
적용제품관련 국내외 시장의 규모 (억원)	해외시장규모	68,640	81,120	93,288	107,281	123,373
	국내시장규모	748	807	872	942	1,017
	국내시장중 수입규모	261	164	172	181	190

시장측면의 신청사유

(정부·공공기관 납품, 초기시장 확장, 수요자 품질보증, 조제·자급지원등 신기술인정을 받고자 하는 주요사유를 기재)

새로운 요소기술 적용 및 완전 국산화한 반도체식 후막형 가스누설경보기에 대한 제품의 품질인식과 본 제품 기능의 홍보 그리고 적극적인 보급활성화를 이루고자 한다.

국내의 산업재산권 출원·광고·등록 및 품질인증기관 인증실적현황	
산업재산권증 1. 특허출원 - PTC소자를 이용한 가스센서 및 그 제조방법 ['97. 5. , 97-17499, 대한민국] / ['97. 5. , 제9-1271138호, 일본] - 가스감지나 습도제거용 PTC 히터의 후막형성방법 및 절연막의 Sol 코팅법 ['98. 4. 6, 98-12001, 대한민국] 2. 실용신안출원 - 가스누출 경보기 ['98. 10. , 제20318호] 3. 의장등록출원 - 가스누설경보기 ['98. 5. , 제13159호]	
타인의 산업재산권과의 관계	
국내·외 처음으로 적용되는 기술이므로 타인의 산업재산권과의 분쟁소지 가능성이 없다.	
제품의 생산판매를 위해 허가받아야 할 형식승인 사항	
관계법령 : 소방법 제50조의 제1항, 제50조의 제2항 및 소방용 기계·기구등의 형식승인에 관한 규칙 종 별 : 가스누설경보기 취득일자 : 1999. 2. 3. 형식승인번호 : 가99-2	

해단사항 없음	
개랄과정상 기술도입, 용역도입이 있을 경우 그 내용과 판기술과의 관계	

내용 용	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;"> 한국가스공사 </td> <td style="width: 70%; padding: 5px;"> - 과제총괄 - PTC 히터개발 - 센서소자 감응특성 연구 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> (주) 동광기연 </td> <td style="padding: 5px;"> - 감지 모듈질 제조 - 촉매 재표에 의한 특성 연구 - PTC 히터개발 - 가스누설 경보기 개발 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> KETI </td> <td style="padding: 5px;"> - 촉매 첨가 비율의 최적화 및 장기 안정성연구 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> 요원기술원 </td> <td style="padding: 5px;"> - PTC 히터의 조성 및 제조공정 최적화 </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"> 경북대 </td> <td style="padding: 5px;"> - 감지 모듈질 제조공정 </td> </tr> </table>	한국가스공사	- 과제총괄 - PTC 히터개발 - 센서소자 감응특성 연구	(주) 동광기연	- 감지 모듈질 제조 - 촉매 재표에 의한 특성 연구 - PTC 히터개발 - 가스누설 경보기 개발	KETI	- 촉매 첨가 비율의 최적화 및 장기 안정성연구	요원기술원	- PTC 히터의 조성 및 제조공정 최적화	경북대	- 감지 모듈질 제조공정
한국가스공사	- 과제총괄 - PTC 히터개발 - 센서소자 감응특성 연구										
(주) 동광기연	- 감지 모듈질 제조 - 촉매 재표에 의한 특성 연구 - PTC 히터개발 - 가스누설 경보기 개발										
KETI	- 촉매 첨가 비율의 최적화 및 장기 안정성연구										
요원기술원	- PTC 히터의 조성 및 제조공정 최적화										
경북대	- 감지 모듈질 제조공정										

공동개발 또는 위탁개발의 경우 기관별(또는 방법별) 담당부서 및 개발내용			
연구개발비 450 백만원 연구개발기간 1996 년 4 월 ~ 1998 년 9 월 (30개월)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;"> 연구개발 250 백만원 기입화 기간 1998 년 10 월 ~ 1999 년 9 월 (12개월) </td> <td style="width: 70%; padding: 5px;"> □ 자체개발 ■ 공동개발 ■ 위탁개발 □ 기술도입 □ 기술지도 자체개발 이외의 방법이 포함 된 경우 대상기관명: KETI, 요원기술원, 경북대 소요 비용: 100 백만원(연구개발비에 포함 된 금액) </td> </tr> </table>	연구개발 250 백만원 기입화 기간 1998 년 10 월 ~ 1999 년 9 월 (12개월)	□ 자체개발 ■ 공동개발 ■ 위탁개발 □ 기술도입 □ 기술지도 자체개발 이외의 방법이 포함 된 경우 대상기관명: KETI, 요원기술원, 경북대 소요 비용: 100 백만원(연구개발비에 포함 된 금액)
연구개발 250 백만원 기입화 기간 1998 년 10 월 ~ 1999 년 9 월 (12개월)	□ 자체개발 ■ 공동개발 ■ 위탁개발 □ 기술도입 □ 기술지도 자체개발 이외의 방법이 포함 된 경우 대상기관명: KETI, 요원기술원, 경북대 소요 비용: 100 백만원(연구개발비에 포함 된 금액)		
기술개발방법 (복수응답가능)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%; text-align: center;"> 공동개발 10 명 내부: 10 명 외부: 3 명 </td> <td style="width: 70%; padding: 5px;"> 한국가스공사 책임연구원 최동수 (개발총괄) 선임연구원 전진석 (회로설계) 연구원 김기동 (소자제조) 연구원 조영아 (PTC히터제조) 연구원 배정원 (PTC히터제조/소자연구) 연구원 주상현 (가스경보기 test) 연구원 이봉주 (PTC소자 및 회로연구) (주)동광기연 사장 차성익 (개발총괄) 실장 백기인 (개발총괄지원/특허) 부장 송희훈 (경보기 회로설계) 과장 배정원 (PTC히터제조/소자연구) </td> </tr> </table>	공동개발 10 명 내부: 10 명 외부: 3 명	한국가스공사 책임연구원 최동수 (개발총괄) 선임연구원 전진석 (회로설계) 연구원 김기동 (소자제조) 연구원 조영아 (PTC히터제조) 연구원 배정원 (PTC히터제조/소자연구) 연구원 주상현 (가스경보기 test) 연구원 이봉주 (PTC소자 및 회로연구) (주)동광기연 사장 차성익 (개발총괄) 실장 백기인 (개발총괄지원/특허) 부장 송희훈 (경보기 회로설계) 과장 배정원 (PTC히터제조/소자연구)
공동개발 10 명 내부: 10 명 외부: 3 명	한국가스공사 책임연구원 최동수 (개발총괄) 선임연구원 전진석 (회로설계) 연구원 김기동 (소자제조) 연구원 조영아 (PTC히터제조) 연구원 배정원 (PTC히터제조/소자연구) 연구원 주상현 (가스경보기 test) 연구원 이봉주 (PTC소자 및 회로연구) (주)동광기연 사장 차성익 (개발총괄) 실장 백기인 (개발총괄지원/특허) 부장 송희훈 (경보기 회로설계) 과장 배정원 (PTC히터제조/소자연구)		
개발총괄 외부참여자	KETI 요원기술원 경북대 이덕웅 (교수, 감지물제조)		

기술개발 내용				
기존기술의 내용 및 문제점 (문제점은 개발기술에 대응되는 기존기술의 수준에 대해 설명)				
- 현재 가정용 경보기에 사용되고 있는 센서의 경우 히터의 재료로 RuO₂, Pt, Pd 등 고가의 귀금속을 사용하고 있으며, 알루미늄이나 실리콘 기판에 스퍼터링(Sputtering)이나 스크린인쇄(Screen Printing)법으로 제조하고 있다. 그러나 이러한 방법은 제조공정이 복잡하고 제조단가가 높으며, 히터의 소모전력이 높은 단점이 있다. 또한 가열과정중 기판과 히터 사용재료의 열팽창률 차이로 인한 부착부분의 강도 저하로 균열(crack)발생이 야기되고, 주위 온도에 대한 의존도가 커 가스감응특성이 불안정지며 스크린 인쇄를 할 경우 스크린 막두께의 불균일함으로 인해 히터의 온도 분포에 영향을 미치게 되어 센서의 감지특성을 악화시키는 문제점이 있다. - 기존에 시판 사용되고 있는 가스센서는 일부 선진국 제조의 반도체식을 제외하고, 주로 접촉연소 방식인데 이는 가스에 대한 감응도와 선택성 그리고 응답속도 및 동작시 소모 전력 관점에서 반도체 방식에 비하면 불리하다. - 또한 기존 가스센서의 경우 양호한 감응도를 갖는다 하더라도 히터의 저항이 히터재료의 TCR값에 따라 변화되므로 불안한 요소가 많고, 높은 초기저항으로 인한 전력 손실등의 문제점 및 주위온도변화에 따른 온도보상기능이 없어 감응특성이 변화되는 문제점들을 가지고 있어 이에 대한 개선이 요구되어지고 있는 실정이며, 높은 전력소모는 실생활에서 편리하게 사용되어질 수 있는 휴대용 가스경보기등과 같이 소형화 장비의 개발시 장애요인이다.				
개발기술의 구체적인 내용 및 효과, 특징 등 (효과는 기존기술과 개발기술간의 차이에서 오는 효과와 개발기술의 용도 또는 적용분야에 따른 효과 기재) - 기존의 접촉연소식 가스센서에 비하여 후막형 반도체식 가스센서는 가스에 대한 감응도와 특정가스에 대한 선택성이 우수하고 응답속도가 빠르며 주위온도 및 습도에 대한 영향이 적다. 특히 본 제품에서는 Pt/Pd dopant의 최적배합 및 안정화를 통하여 수한 감도 및 선택을 보여주고 있다. - PTC 히터를 이용하는 경우 종래의 알루미늄이나 실리콘 기판위에 히터를 스퍼터링이나 스크린 인쇄를 해야하는 복잡한 공정으로 제조하던 것에 비해 공정의 단순화로 제조원가를 줄일수 있으며, PTC 히터의 자기온도 보상에 의한 안정된 동작 온도가 센서의 감지특성을 안정시켜 주며 전력소모는 크게 낮추어준다.				
표. 기존의 가스센서와 PTC히터를 이용한 가스센서의 비교				
구분	소비전력 [mW/mm ²] mm ² : 센서소자의 체적 히터온도 420℃ 기준	주위온도에 대한 특성안정도	휴대용 가스누설검지기에 적용	예상단가
기존의 가스센서	약 200mW/mm ²	불 안	부 적 합	높 음 (2,800원/개)
PTC 히터를 이용한 가스센서	약 57mW/mm ²	매우 안정	적 합	낮 음 (1,200원/개)
- 절연기판과 히터의 두가지 기능을 충족시키는 PTC히터를 사용한 센서의 경우 제조공정의 단순화와 온도보상효과, 제조원가의 절감, 소비전력 감소등의 효과를 기대할 수 있어 저전력 소형화·경량화 제품의 제작이 가능하므로 휴대용 가스 검지기에 적용이 용이하다.				

국내의 유사·경쟁제품과의 성능비교			
(기존의 국내외 제품중 품질·성능·기능면에서 가장 유사한 제품과 비교하되 주요성능을 가능한 많이 설정하여 성능별로 정량적, 정성적 비교치를 기재)			
성능구분	적용제품(당사제품)	국내 유사·경쟁제품 (제품명: 접촉연소식 가스센서)	선진국 유사·경쟁제품 (제품명: 반도체 후막형 가스센서)
가스 감지범위	200ppm~12,500ppm (LNG, LPG)		
내 구 성	우 수	보 통	보 통
신뢰성	우 수	보 통	우 수
히터 소모전력	170mW	800mW	400mW
외형크기	소형 (휴대용도 가능)	휴대용 적용이 어려움	휴대용 적용이 어려움
제조공정	단 순 (1공정) (PTC에 모물질 인쇄)	복 잡 (2공정) (Pt 히터위에 감지물 도포)	복 잡 (2공정) (Pt 히터위에 감지물 도포)
감응도	우 수	보 통	우 수
선택성	우 수	보 통	우 수
응답속도	빠 림	보 통	빠 림
주위온도, 습도에 대한 영향	적 음 (자체온도보상효과)	많 음	보 통
모물질강도	우 수	보 통	우 수
히터가격	저 가 (PTC이용)	고 가 (귀금속이용)	고 가 (귀금속이용)
장기간 사용시 안정성	우 수	보 통	보 통
개발완료시기	1999	1996	1997
국산화 율	가격대비(%)	100	50
	부품수대비(%)	100	50
제품단가(단위기재)	가정용:28,000원 (가스경보기)	가정용 : 33,400원	가정용 : 50,000~60,000원

【별지 제1-2호 서식】

기 술 요 약 서

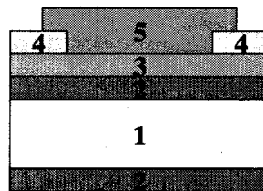
기 술 명	PTC히터 기판을 이용한 반도체식 후막형 가스센서 및 경보장치	적용제품명	반도체식 후막형 가스센서 가스경보기
세 부 핵 심 개 발 기 술 별 주 요 내 용			
세부 핵심개발기술명 및 범위(무엇을)	개발내용		구비서류중 참고부문
	(어떻게, 왜)		
-PTC 히터	- 반도체 PTC 히터는 perovskite 구조(ABO_3)를 갖는 (Ba,Pb)TiO_3에 소량의 dopant(반도체 원소)를 첨가, 소결하여 얻는 서미스터(thermistor)로 원하는 curie point(T_C)로 제어가 가능함 - 반도체 저저항 PTC의 주성분은 $BaTiO_3$ 타입으로서 Pb 및 소량의 희토류원소(Y, La, Dy)를 첨가하여 도전성 및 낮은 내부저항을 갖게 한 것임		별첨 1
-PTC 히터를 이용한 가스센서	- 기존의 알루미늄 기판과 고가의 Pt나 RuO_2를 이용한 히터의 두가지 기능을 대체하는 PTC기판을 이용하여 제조공정을 단순화시켜 원가절감 효과를 얻을 수 있으며 저저항·저전력 구동이 가능함 - 센서기능의 높은 안정도와 온도보상효과, 그리고 저전력 소모를 위하여 적용		
-센서 Layout의 최적화	- 원가절감적인 측면과 더불어 기판과 히터의 기능을 동시에 적용시킬 수 있는 PTC히터를 이용		
-반도체식 후막형 가스센서	- 기존의 접촉연소식 가스센서에 비하여 반도체식 후막형 가스센서는 가스에 대한 감응도와 특정가스에 대한 선택성이 우수하고 응답속도가 빠름		개발보고서
-우수한 감응특성 및 선택성	- 모물질인 SnO_2에 대하여 Pt, Pd dopant의 최적배합 그리고 최적소결조건을 통한 감응도 및 선택성 향상		
-강화제 및 전도도 향상	- 양호한 감응특성과 대응하여 선택적인 첨가제와 함량의 변화를 통한 모물질의 강도 및 전도도 향상		
-전극개선	- 고가의 전극재료인 Pt, Pd, RuO_2을 대체하여 Au전극 이용		

[별첨 1]

기존의 가스센서와 PTC 히터를 이용한 가스센서의 비교표

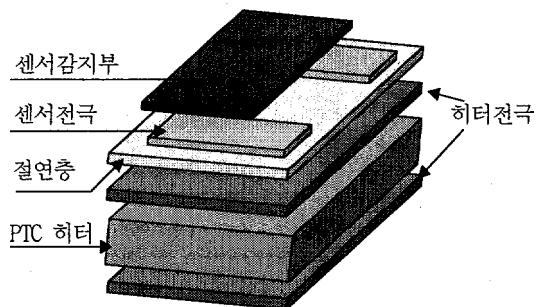
구분	소비전력 [mW/mm ²] (단, 히터온도420℃ 기준)	주위온도에 대한 특성안정도	휴대용 누설검지기에 적용	예상단가
기존의 가스센서	≒200mW/mm ²	불안	부적합	높음 2,800원/개
PTC 히터를 이용한 가스센서	≒57mW/mm ²	매우안정	적합	낮음 1,200원/개

PTC 히터를 이용한 가스센서의 구조



- | | |
|------------------|---------|
| 1. PTC소자 (PTC히터) | 2. 히터전극 |
| 3. 절연층 | 4. 센서전극 |
| 5. 센서감지부 | |

PTC 히터를 이용한 가스센서 입체구조



8. 산업협력대상 응모신청서
『産業協力大賞』 應募申請書

● 會社紹介

회 사 명	한국가스공사	기업 구분	대 기 업	○			
대표자명	(한글) 한 갑 수	(한자) 韓 甲 洙					
업 종	천기가스	자본금	2,664억원				
종업원수	2,400명	설립연도	1983				
소재지	경기도 성남시 분당구 정자동 215						
작성 담당자	책임자	부서명	연구개발원 이용기기연구실	성명	최동수	전화	(0345) 400-7535
	부서명	연구개발원 연구관리부	성명	최종수	전화	(0345) 400-7440	

● 應募部門

부 문	협 력 유 형
☐ 기업협력부문	☐ 공동 R&D ☐ 기술 제휴 ☐ 특허 공유 ☐ 합작투자 ☐ 교차라이선싱 ☐ 공동생산 ☐ 공동조달 ☐ 공동광고 ☐ 공동물류 ☐ 공동마케팅 ☐ 공동브랜드 ☐ 기타 ()
☒ 대·중소기업 협력부문	☒ 공동 R&D ☒ 기술 제휴 ☒ 특허 공유 ☐ 합작투자 ☐ 교차라이선싱 ☐ 공동생산 ☐ 공동조달 ☐ 공동광고 ☐ 공동물류 ☐ 공동마케팅 ☐ 공동브랜드 ☐ 기타 ()
☐ 국제협력부문	☐ 공동 R&D ☐ 기술 제휴 ☐ 특허 공유 ☐ 합작투자 ☐ 교차라이선싱 ☐ 공동생산 ☐ 공동조달 ☐ 공동광고 ☐ 공동물류 ☐ 공동마케팅 ☐ 공동브랜드 ☐ 기타 ()

(해당란에 V 표시하여 주십시오 - 복수응모 가능)

● 應募內容 : 협력사레 기술서(A4용지 30매 내외) 첨부

上記와 같이 産業協力大賞에 應募코자 합니다
1999년 6 월 30일

會社名 : 한국가스공사
代表者 : 한 갑 수 (印)



1999. 6.

가연성가스감지용 가스누설 경보기 개량 및 상용화

협력사 레기슬러

목 차

1. 사업명	341
2. 사업 목적	341
3. 추진기간	341
4. 대 상	341
5. 내 용	342
(1) 추진배경 및 취지	342
(2) 가스센서 개요	342
(3) 가스누설경보기 개발 개요	347
(4) 협력에 이르기까지의 과정	348
가. 이온빔 증착박막을 이용한 가연성 가스센서 개발	349
나. 천연가스 감지용 가스경보기 개발 및 상업화	350
① 가정용/산업용 가스경보기 개발	350
② 천연가스 검출용 후막형 소자개발	350
③ 이온빔을 이용한 박막형 메탄, 프로판가스 감지용 미세가스센서 개발	351
다. 천연가스 누설경보기 현장적용 및 상품화연구	351
(5) 주요 애로사항 및 극복과정등	354
가. 일반인들의 가스안전에 대한 인식부족	354
나. 연구협력업체 선정의 어려움	354
(6) 협력업체 주요사항 소개	356
6. 성 과 16	
(1) 국내외 현황	356
가. 국 내	356
나. 국 외	357
(2) 성과 상세내용	358
7. 향후 추진계획	359

첨 부		361
-----	-------	-----

1. 사업명 : 가연성가스 감지용 가스누설경보기 개발 및 상품화

2. 사업 목적

도시가스 사용이 급진적으로 증가됨에 따라 가스취급 및 이용시 안전 및 기능적인 사용을 위한 효율적이고 신뢰적인 가스누설경보기 개발요구에 부응하면서 국내의 열악한 센서 기술력에 대한 외국기술에 대한 의존도를 탈피하기 위해 산학연 협력체제로 가스를 감지하는 센서소자를 포함한 가스누설경보기를 완전 국산화하는데 있다.

3. 추진기간

1996. 4 ~ 현재

4. 대 상(회사)

회 사	내 용
(주)동광기연	- 가스누설경보기 회로설계 - 감지 - 촉매 재료에 의한 특성연구
경북대학교 센서기술연구소	- 후막형 감지 모물질 제조공정에 따른 영향조사 - 소자의 환경시험변화 연구
한국과학기술연구원	- 박막형 가스센서 소자제조 - 금속첨가에 따른 박막형 센서의 영향조사
요업기술원	- PTC히터의 조성 및 제조공정 최적화
전자부품연구소	- 감지 모물질 제조 - 촉매 첨가 비율의 최적화 및 장기안정성연구

(1) 추진배경 및 취지

천연가스 및 프로판 가스가 난방과 취사 연료로서 사용됨에 따라 그 수요가 급증하고 있으며, 이에 따른 안전사고 방지가 심각한 문제로 대두되고 있다. 실제로 1994년 12월 아현동 폭발사고 및 대구 지하철공사장 폭발사고 그리고 최근 LPG 가스충전소 폭발사고 등 가스로 인한 인명, 재산피해가 잇따르고 있어서 가스누출을 감지하여 사고를 미연에 방지할 수 있는 신뢰성 있는 장치가 요구되고 있다. 따라서 LNG, LPG의 급격한 소비증가와 이에 따른 대형사고 등 재해예방 및 환경 제어를 위해 고감도의 신뢰성 있는 가스센서 및 경보기 개발의 필요성이 인식되었다.

그러나 가스누출을 사전에 알려주는 보안설비인 가스누설경보기의 공급이 대부분 주요 부품의 수입 또는 완제품 수입에 의존하여서 고가의 공용 및 관리 등에 어려움이 있어 보급이 저조한 실정이다. 더욱이 가정용의 경우 누출기나 잠가스에 의한 오동작 또는 가스누설시 미동작이 빈번하여 사용을 주저하거나 외국제품을 선호하고 있다.

이에 따라 한국가스공사는 산학연 협력체제로 가스를 감지하는 센서 소자를 포함한 가스누설경보기 시스템을 개발, 이를 완전 국산화함으로써 국내 센서 및 관련 기술력의 확보 및 외화절감 등을 목적으로 본 연구개발 사업을 추진하게 되었다.

(2) 가스센서 개요

가스 센서란 가스가 가진 물리적, 화학적 성질을 전기신호, 광신호 혹

은 자기신호 등의 처리하기 쉬운 신호로 변환하는 매체이다. 가스 센서는 지금까지 주로 방재용으로 사용되어 말하자면 수동적인 것이 중심이었다. 그러나 최근 가스센서를 자동제어 시스템 중의 한 검지소자로서 능동적으로 이용하려는 움직임이 나타나고 있다.

그러나 가스 센서가 실용화되기 위하여 적어도 다음 조건을 만족하여야 한다.

- ① 가스 감응현상이 가역이다.
- ② 단위 가스 농도당의 변화량은 크다.
- ③ 검지 하한 농도가 낮다.
- ④ 응답, 복귀특성이 좋다.
- ⑤ 주위조건(온도, 습도) 의존성이 작다.
- ⑥ 검출기구가 간편하다.
- ⑦ 장기에 걸쳐 특성이 안정되어 있다.

그러나 실제 가스 센서에서는 위 요구조건 중 몇 가지가 결여되어 있어, 현재로는 특성 개선을 위한 활발한 연구 개발이 계속되고 있다. 표1은 각종 가스 센서의 성능을 비교하였다.

표1 가스센서 종류별 성능 비교

종류 성질	반도체 가스센서	고체전해질 산소센서	접촉연소식 센서	습도센서	전기화학식 가스센서	열전도식 가스센서	반도체 화학센서
감 도	G	G	E	E*	G	B	N
정밀도	E	E	G	E	E	E	E
선택성	N*	-	N	-	E*	B	E
응답속도	G	G	E	N*	N	E	N
장기 안정성	E*	E*	E*	N*	B*	E	B
메인テナンス	G	G	E	E	B*	E	E
경제성	G	E	G	G	E	E	G
측정범위	수ppm ~LEL	1ppm ~100%	10ppm~3 LEL	상대습도 1~100%	1~1000 ppm	1~100%	수ppm

E : 대단히 좋다, G : 좋다, N : 별로 좋지 않다, B : 나쁘다 LEL : 폭발 하한계 농도

* : 연구 개발이 특별히 중점적으로 실시되고 있다.

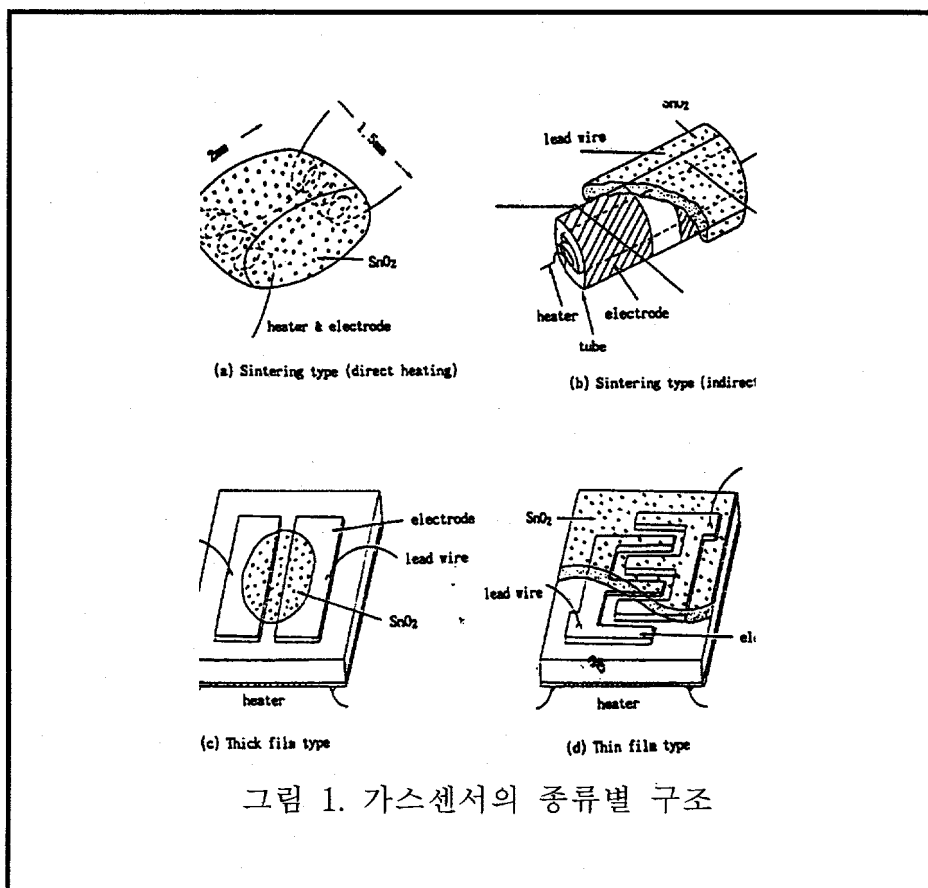
표1에서 보듯이 반도체 가스 센서와 접촉 연소식 센서가 가장 우수한 특성을 나타내고 있으며, 이것의 동작원리는 반도체식 가스 센서의 경우 크게 가스의 흡탈착현상을 이용한 것으로서, 반도체 표면의 전기전도도 변화 즉 저항의 변화현상을 이용한 반도체식 가스센서와 표면에 가스의 흡탈착에서 일어나는 표면전위의 변화를 이용한 표면 전위형 가스 센서가 있다. 이러한 반도체식 가스 센서는 장점으로 장치가 간단하고 가격이 저렴하며 가스농도 변화에 의한 응답속도가 빠르고, 낮은 농도에서도 감도가 높다는 것이다. 한편 열화가 비교적 빠르고 안정성이 나쁘고 가스의 선택성이 부족하다는 것이다. 따라서 현재 장점을 살리고 단점을 개선하기 위하여 가스 식별 능력 향상, 안정성 향상, 새로운 재료의 개

발, 소자제조방법 및 소자구조의 개선등이 꾸준히 연구되고 있다.

이와는 반대로 가스의 반응성을 이용한 센서로서 가스가 반응한 결과로서 생기는 현상을 이용하는 센서로서 대표적인 것이 접촉연소식 가스 센서이다. 이는 활성이 높은 산화촉매를 이용하여 검출하고자 하는 가스를 완전 연소하여 그 연소열에 의한 온도상승으로 가스의 농도를 측정하는데 주로 가연성 가스 감지에 이용되고 있다. 이런 접촉연소식 가스 센서는 폭발하한계 농도의 1/20정도의 농도까지 감지할 수 있으며, CO 같은 독성가스를 제외한 거의 모든 가연성 가스센서로 사용할 수 있는 장점이 있는데 가연성 가스는 모두 연소반응을 일으키기 때문에 가연성 가스의 종류에 선택성을 가지지 못한다. 또한 CH_4 와 같은 고온연소를 필요로 하는 경우 촉매수명에 문제가 있으며 반도체식에 비하여 감도, 장기적 안정성 및 유지에 문제점을 가지고 있다.

센서의 종류에 대하여 알아보면 반도체식 가스센서는 그림 1에서 보듯이 그 형태에 따라서 크게 소결형(Sintering type), 후막형(Thick Film Type) 및 박막형으로 분류할 수 있다. 소결형은 다시 직열형(Direct Heating)과 방열형(Indirect Heating)으로 나눌 수가 있는데, 현재 시판중인 대부분의 가연성 가스센서는 소결법으로 제조된 bulk type의 센서이다. 한편 소결형에 비하여 일정한 형상을 얻기 쉽고 경박단소하여 기계적 강도가 뛰어나며 생산성이 높은 후막형과 박막형의 가스센서가 연구 개발되고 있으며 박막형이나 후막형으로 점차 대체되어 나가는 추세이다. 이러하듯이 재래식 Bulk Type 센서는 일일이 한 개씩 수 작업에 의하여 조립을 하기 때문에 시간이 많이 걸리고 노동집약적이며 노동 임금이 비쌀 경우 생산원가가 많이 들어가게 된다. 한편 박막형 센서들은 microsenser화 하기가 쉽지만 박막가공에 사용되는 반도체 공정장비 때문에 설비투자가 필요하다. 하지만 설비는 반도체 칩을 생산하는 설비에 비하여 굉장히 싼 편으로 박막형 Microsenser는 Memory Chip에 비하여

거액의 투자를 요하는 것은 아니다.



(3) 가스누설경보기 개발 개요

가스누설경보기에 요소 부품으로 적용하고 있는 후막형 반도체식 가스센서 소자는 대상가스의 흡탈착 현상에 따라 센서소자 표면의 전기전도도의 변화 즉 저항의 변화현상을 이용하여 가스를 검출한다. 장치가 비교적 간단하고 가격이 저렴하며 가스농도 변화에 대한 응답속도가 빠르고 낮은 온도에서도 감도가 높다는 것이 장점이다. 아울러 소자 재료 공정, 제조방법, 소자구조의 개선 그리고 회로의 최적화 등을 통하여 기존 반도체타입의 단점중 하나인 선택성의 부족을 대폭 개선하였다.

또한 센서의 소형화, 복합화, 다기능화 그리고 일체형(monolith)이 가능하고 자동화 및 대량생산이 가능하므로 일단 기술의 신뢰성이 확립되면 상당히 폭넓게 활용될 것으로 전망된다.

그리고 접촉연소식의 경우 가스감지시 발화원이 될 우려가 있는 고온상태가 되기 때문에 감지소자 자체도 방폭구조를 갖는 케이스를 사용하여야 하나, 본 제품의 경우 발화온도에 훨씬 못 미치는 온도에서 작동되므로 필요시 경보기 전체가 아닌 소자만을 교체 또는 점검할 수 있도록 제작되어 관리가 용이하고 유지비가 적게 소요된다.

따라서 천연가스 및 가연성 가스의 안전관리 및 기능적인 사용을 위하여 개발한 타입은 다음과 같다.

- 가정용 가스경보기 (휴대용으로 응용 가능)
- 산업용 가스경보기
- 가스감지 모니터링 시스템(4 channels, 정전류방식, 4M byte 메모리)

상기 가스경보기들은 완전 국산화한 것으로 대체로 다음과 같은 특징이 있다.

- 신속한 응답성 및 회복속도
- 저 소비전력 (기존의 1/20~1/10, 100-150mW)
- 잡가스 영향 최소화
- 높은 선택성
- 낮은 가격, 등

작동원리로는 센서소자의 표면에 가스가 흡착되면 전기 전도도가 변하게 되는데, 이렇게 변화된 미세한 전류의 차이를 신호로 변환하여 일정한 농도 이상의 가스가 감지되면 경보음이 발생하도록 되어 있다. 여기에 정밀하고도 안정하게 개발한 power supply를 바탕으로 아날로그의 감지신호를 처리하는 전자회로의 구조를 최적화하여 높은 신뢰도를 유지할 수 있도록 하였다.

(4) 협력에 이르기까지의 과정

본 사업 성과의 주 특징은 産([주]동광기연)·學(경북대학교)·研(한국과학기술연구원,요업기술원,전자부품연구소) 협력의 연구개발 결과이다. 협력연구의 수행은 다음과 같이 크게 두 부분으로 나누어진다. 첫째 천연가스 누설 감지에 활용될 반도체타입 후막형 센서소자를 핵심부품으로 한 가스경보기를 제작하여 상용화하는 것이고, 둘째 축적된 박막 센서소자 제조 기술을 이용한 21세기에 적용될 가스식별형 microsensor의 개발하는 것이다. 두 경우 모두 가스센서의 경박단소화(輕博短小化)의 추세에 부응하여 종래의 bulk형 센서에 비해 다기능적이고 복합적이며 소형화된 센서기술력을 목표로 하고 있다.

박막형 가스센서로는 KIST와 공동연구로 도시가스(천연가스)에 감도와 선택성이 우수한 센서를 개발하였고, 이어서 중소기업인 (주)동광기연

응답성을 보이는 센서의 시제품을 만들었다. 이러한 연구결과로 특히 3
새로운 박막을 제조하는 시도를 수행하였고, 천연가스 농도에 따른 빠른
또한 센서소자에 회기원소를 첨가하여 기준에 보고된 소자와는 다른
응용을 수행하였다.

는 것으로 연구장비 설치와 증착조건 설정, 제조된 소자의 막 분석작업
구를 시작하였다. 이 연구는 센서소자의 박막화 추진의 국내 처음으로
에서 KIST세라믹스 연구부와 공동으로 미래에 적용할 수 있는 센서연
기준의 센서소자는 벌크형 및 침착연소식형이 주로 응용되고 있는 환경
화물을 기본으로 하는 박막형 가연성 센서 소자 증착연구를 수행하였다.
반도체 및 미래 재료분야에 응용하는 이온막기술을 이용하여 주석산

9. - 한국가스공사/ 한국과학기술연구원(KIST)]

가. 이온막 증착박막을 이용한 가연성 가스센서 개발 [1992. 10. ~ 1995.

연구과제는 1996년에 한국가스공사에서 가스경보기 개발의 시급성과
그 중요성을 인식하고 가장 이상적인 塵·塵·塵의 협력연구의 형태를
갖추고 집중적인 연구개발을 시작하였다. 연구협력단제는 아래와 같다.

◆ 박막형 가스경보기 : 한국가스공사 - KIST - (주)동광기연

전자부품연구소 - 요원기술원

◆ 후막형 가스경보기 : 한국가스공사 - 경북대 - (주)동광기연 -

다. 기관간 협력관계를 정리하면 다음과 같다.
함께 상용화를 목적으로 가정용 및 산업용 가스누설경보기를 개발하였
을 보유하고 있어서 경북대와 공동으로 역시 중소기업인 (주)동광기연과
북대 센서기술연구소가 그 동안 국내에서 가장 우수한 연구실적과 경험
수 있도록 기술력 기반을 구축하였다. 후막형 가스센서에 대해서는 경
과 시제품 제작을 시도하여 향후 지속적인 연구개발을 통하여 실용화할

건을 출원하였고, 이 중에서 1건은 등록되었다.

나. 천연가스 감지용 가스경보기 개발 및 상업화[1996. 4. ~ 1997. 11.]

① 가정용/산업용 가스경보기 개발[한국가스공사/(주)동광기연]

후막형 반도체 기반의 센서소자와 박막형 가스센서 소자를 적용하여 가정용과 산업용에 적용하는 가스누설경보기를 개발하는 것으로 경보기 회로내 gas monitoring system과 power supply 그리고 센서 calibration 등을 자체적으로 개발하였고, 또한 센서 성분중 히터는 감응하는 가스에 따라 다르며 동작하는 변수에 따라 변하므로 최적의 온도조건을 설정해 주어야 한다. 이러한 조건은 센서의 소비전력, 센서의 감도 및 안정도 그리고 방해가스에 대한 선택성등의 변수에 따라 결정되는데, 이러한 변수들의 영향에 대해 400℃부근에서 가장 양호한 동작의 결과를 보여주었다.

② 천연가스 검출용 후막형 소자개발[한국가스공사/경북대 센서기술연구소]

(주)동광기연이 가스경보기 회로중심의 연구와 더불어 경북대 센서기술연구소에서는 후막형 반도체식 가스센서인 SnO_2 를 모물질로 하는 센서 소자를 습식법으로 제조하였다.

또한 모물질에 첨가제를 넣어 그것의 성분 및 양에 대한 영향을 살펴보았고, 촉매의 첨가는 공침법을 이용하였다. 또한 모물질을 600℃로 소성한 것이 가장 좋은 감지특성을 보였고, 또한 가스센서의 구조설계 및 히터/감지막 공정개발, 센서의 안정도, 감도 및 선택성 향상과 최적 동작인자를 실험을 통해 추출해냈다.

개발한 후막센서는 일정온도 장기안정도 실험에서 $\pm 1\%$ 의 변화를 보여주어 국산 가스경보기에 적합한 센서의 제조조건을 확립하였다

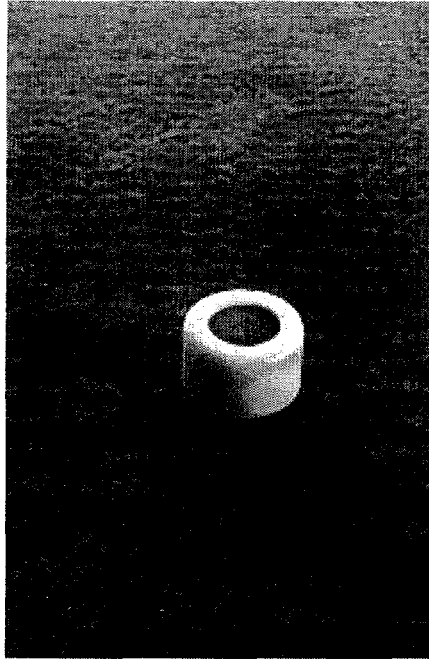


그림 2. 가스센서 소자

③ 이온빔을 이용한 박막형 메탄, 프로판가스 감지용 미세가스센서 개발
[한국가스공사/한국과학기술연구원]

1차 박막센서 연구결과를 바탕으로 이온빔을 이용한 가연성 가스센서 소자중심의 연구를 수행하였다. 먼저 센서용 히터인 Pt를 초박막으로 제조하였고, 감지물질인 SnO_2 의 두께변화에 따른 최적의 가스감응결과를 구해 적절한 두께를 선정하였다. 귀금속인 Pd를 SnO_2 에 첨가하여 Pd농도 변화와 첨가제가 있는 감지물질의 열처리온도에 따른 영향에 대한 결과를 얻었다. 박막형 가스센서의 장기안정성과 선택성실험결과 우수한 결과를 얻었다.

다. 천연가스 누설경보기 현장적용 및 상품화연구[한국가스공사/(주)동광기연]

앞서 개발한 가스누설경보기에 대해서, 가정용 가스경보기 국산화 및 시장에 제품을 내놓았으며 산업용 가스경보기는 '99년 하반기에 형식승인을 신청/획득하여 제품을 출하하는 연구가 진행중이다. 특히 가정용 가스누설경보기는 산업과학기술진흥협회에 『국산신기술 인정(KT마크)』를 신청하여 1차 심사를 마친 상태이다.

또한 산업용은 가스공사 공급기지 3곳과 연구개발원내 천연가스자동차(NGV) 충전소내에 설치, 운전중으로 습도, 극한, 고온등의 환경실험이 진행중이다. 센서의 운전자료는 한달에 한 번씩 운전자료를 노트북 컴퓨터를 이용하여 수집/분석한다.

최근에는 PTC히터 기판을 이용한 가스센서 시스템을 제작하는 중으로 저전력소모와 공정의 단순, 센서 감지물 운영온도의 일정함등으로 많은 장점을 가지고 있다.

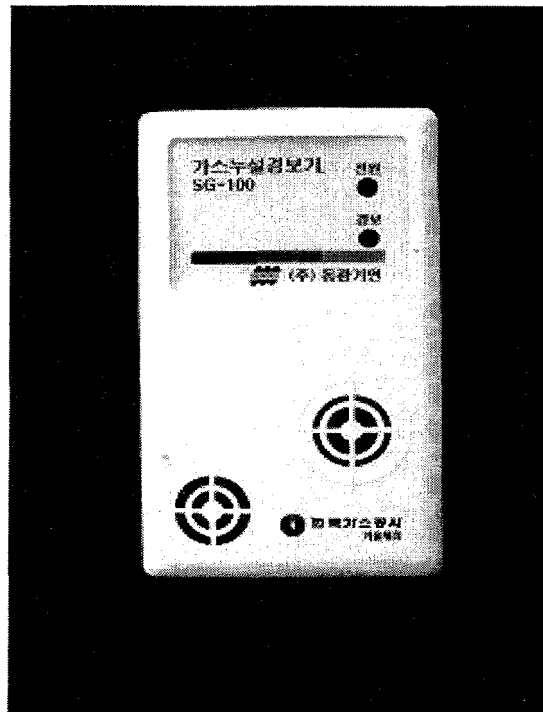


그림 3. 가정용 가스경보기

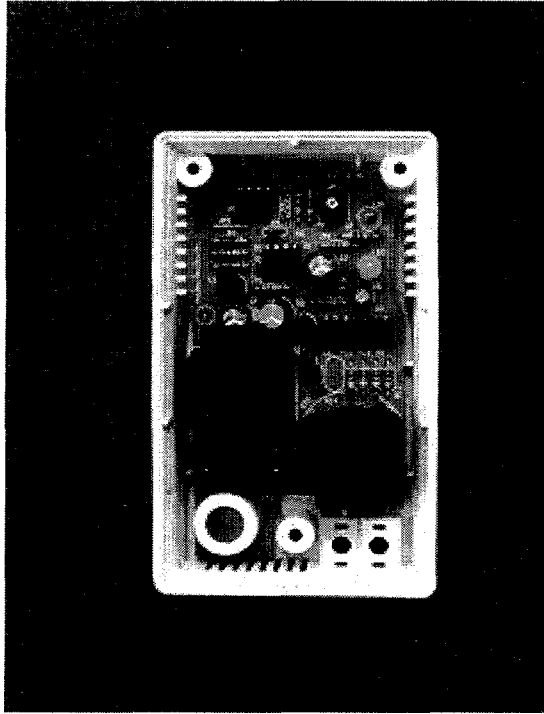


그림 4. 가정용 가스경보기 내부회로



그림 5 산업용 가스경보기 및 모니터링 시스템

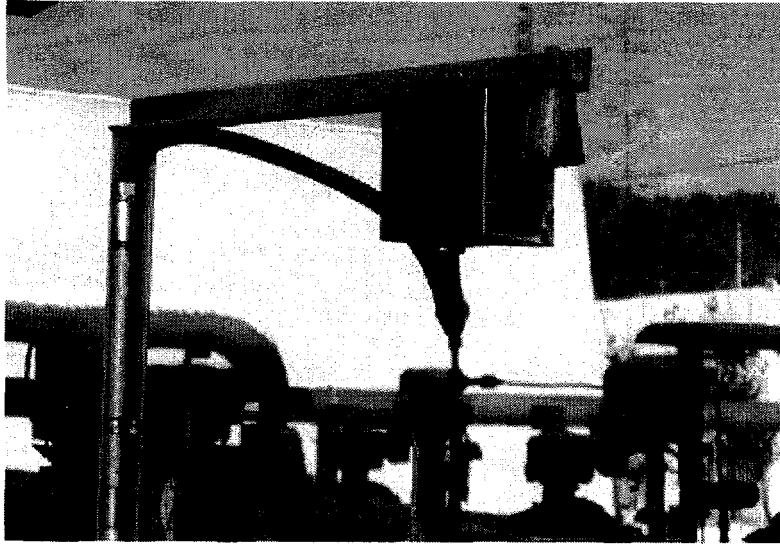


그림 6 가스공사 공급기지에 설치된 센서 element

(5) 주요 애로사항 및 극복과정등

가. 일반인들의 가스안전에 대한 인식부족

1992년부터 시작한 가스센서 연구는 일반인들의 센서에 대한 인식부족과 안전불감증으로 인해 과제의 중요성을 깨닫지 못하였다. 그런데 일련의 가스사고후 가스경보기 역할의 중요성이 인식되었고 그 기능(안전관리, 방재)에 대한 민감성에 기인하여 연구의 지원이 이루어졌으나, 체계적이고도 집중적인 일정기간의 종합적인 연구개발(기초소재+소자제작+시스템+실증시험)이 필요한데도 연구목표를 향하여 빠른 시간내에 여러 가지 기술개발을 하여야 하는 어려움이 있었다.

나. 연구협력업체 선정의 어려움

국내의 취약한 가스센서 기술력에도 불구하고 여러 가스경보기 회사들이 시중에 가스누출감지기를 제조, 판매하였으나 대부분이 불량으로 보고(한국소비자보호원 95년11월) 되는 상황하에 적절한 연구 협력기업을 선정하는 데에도 어려움이 있었다.

또한 적절한 연구협력기업을 선정을 한다해도 공기업으로서 기존 관례인 공정을 기하기 위한 공개 모집을 실시하여야 했었다. 그러나 공개 모집의 결과는 빠른 시간내에 유기적으로 연구개발을 수행할 수 있는 연구협력업체를 찾는 데에는 적절하지 않다고 판단되어 공개 모집의 방법을 피하기도 하였다.

연구협력업체 선정과정으로서 초기에 한국가스공사와 공동연구를 수행한 KIST는 연구결과의 실용화와 관련하여 (주)동광기연 (당시 동광센서)과 협의를 진행한 바가 있었고, 또한 경북대는 (주)동광기연과 함께 통상산업부에서 지원하는 공업기반기술지원사업의 수행을 통해 연구팀웍을 이미 갖추어진 사실이 인지되었다. 한국가스공사 연구팀은 (주)동광기연이 우수한 회로구성 기술력을 보유하고 있고 기술개발에 대한 의지가 충분히 있다고 판단되어 추진하고 있는 가스경보기 연구개발과제에 (주)동광기연을 공동으로 참여하도록 하였다. 따라서 본 사업에는 한국가스공사 이외에 (주)동광기연을 중심으로 하여 KIST와 경북대 센서기술연구소, 전자부품연구소, 요업기술원이 참여하여 유기적인 산학연 협력체제를 유지한 것이다.

또한 현재에도 전자부품연구소와도 협력 하에 그 동안 개발한 센서소자의 꾸준한 성능개선(예, 내습성 향상)에 연구력을 투입하고 있으며, 연구개발원의 주도하에, (주)동광기연 과 KIST 및 경북대와의 긴밀한 관계를 유지하여 상호 협력체제로서 가스센서 및 관련 기술분야의 기술자

립 그리고 국제적 경쟁력 배양에 적극 노력하고 있다.

(6) 협력업체 주요사항 소개

산학연 협력체제를 구축할 당시 조사한 센서개발 관련 협력업체와 경북대 센서기술연구소의 주요 실적은 다음과 같다

(주)동광기연-동광센서

* 사업목적

- 각종 센서 제조 판매
- 반도체 소자 생산 가공 판매
- 자동차 부품 생산
- 산업처리 및 제어장비 제조 판매
- 화로 및 전기적 특성과 환경 방사선 공해 등의 자동 측정 system

제조

판매

6. 성 과

(1) 국내외 현황

가. 국 내

현재까지 소방검정공사에 가스경보기 제조와 관련하여 형식승인을 신청한 업체는 약 30개 업체가 있으나 이들중 실제 생산, 판매를 하고 있는 곳은 4~5개에 불과하다.

주요 생산업체로는 신우전자, 성화전자, 흥진, 한국가스기기가 있으며, 일본의 휘가로(figaro), 네모토(nemoto) 등으로부터 소자를 수입하여 조

립생산하고 있고, 최근 국내 KNC사에서 접촉연소식 소자를 국산화하여 일부 국내 생산품에 적용되고 있다.

산업용의 경우 가스경보기 사용이 의무화 되어 있으나, 일반 가정용의 경우 제도적으로 설치 의무 조항이 없고, 기존 가스경보기가 잠가스에 의한 오동작이나 가스누출시 미동작 등 또한 적절치 못한 유지관리로서 보급률이 저조한 상태이다.

그러나 최근 아파트등 주택 건축시 가스경보기 설치를 기본적으로 하거나 홈오토메이션에 포함되는 사례가 늘고 있어서 수요가 점차 확대될 것으로 보인다. 따라서 성능이 우수하고 신뢰성 있으며 향후 타 설비 등과 연계해서 사용될 수 있는 고기능적인 가스경보기의 기술개발이 요구되고 있다.

나. 국 외

산업용뿐만 아니라 일반가정에도 가스경보기 사용이 의무화되어 있어 보급률이 높으며, 보다 신뢰성 있고 안정적인 경보기를 개발하기 위하여 센서소자의 성능개선과 경보 회로 최적화 등에 역점을 두고 꾸준히 연구 개발중이다.

특히 인공지능형 경보 시스템의 구축을 위하여 소형으로 반도체타입 가스센서 소자 개발에 많은 투자를 하고 있어, 가까운 미래에 가스식별 및 정밀 농도측정이 가능한 다기능 고감도 가스센서가 개발될 전망이며, 또한 전자회로의 집적화와 센서소자의 저전력 소모로 초소형화되고 대량생산이 가능해져 저렴화되어 배관망을 비롯한 각종 가스설비 및 대상체에 대한 원격 상시 감시체제(network monitoring system)를 구축하는데 큰 역할을 할 것으로 보인다.

(2) 성과 상세내용

① 매출액, 수익액, 수출액, 수입대체효과는 아래의 표에 나타냄.

구 분		1997년	1998년	1999년 (10월이후)	2000년	2001년
매출액 (백만원) 당사적용제품	내 수	-	-	168	1,120	1,400
	수 출	-	-	-	280	560
	소 계	-	-	168	1,400	1,960
생산량 (단위: 대)		-	-	6,000	50,000	70,000
연간생산설비능력 (단위: 대)				6,000	50,000	70,000
적용제품관련 국내외 시장의 규모 (억원)	해외시장규모	68,640	81,120	93,288	107,281	123,373
	국내시장규모	748	807	872	942	1,017
	국내시장중 수입규모	261	164	172	181	190

② 고용인원

한국가스공사 : 2,400명

(주)동광기연 : 12명

*1999년 하반기부터 제품을 본격적으로 생산하기 시작하면 직원총원
예정

③ 협력파트너의 매출액

- 한국가스공사 : 3,824,000,000천원(1998년 기준)

- (주)동광기연 : 264,000천원(1998년 기준)

④ 협력의 규모

- 연구투자비 : 총626백만원(공동연구)

⑤ 외자유치 금액 : 해당사항 없음

⑥ 원가절감액 : 새롭게 개발한 제품이므로 해당사항 없음

⑦ 기술혁신 기여도

- 가스경보기 관련 특허출원 2건(국내, 일본)
- 실용신안 출원 1건
- 의장등록 출원 1건

⑧ 국내산업계의 확산효과

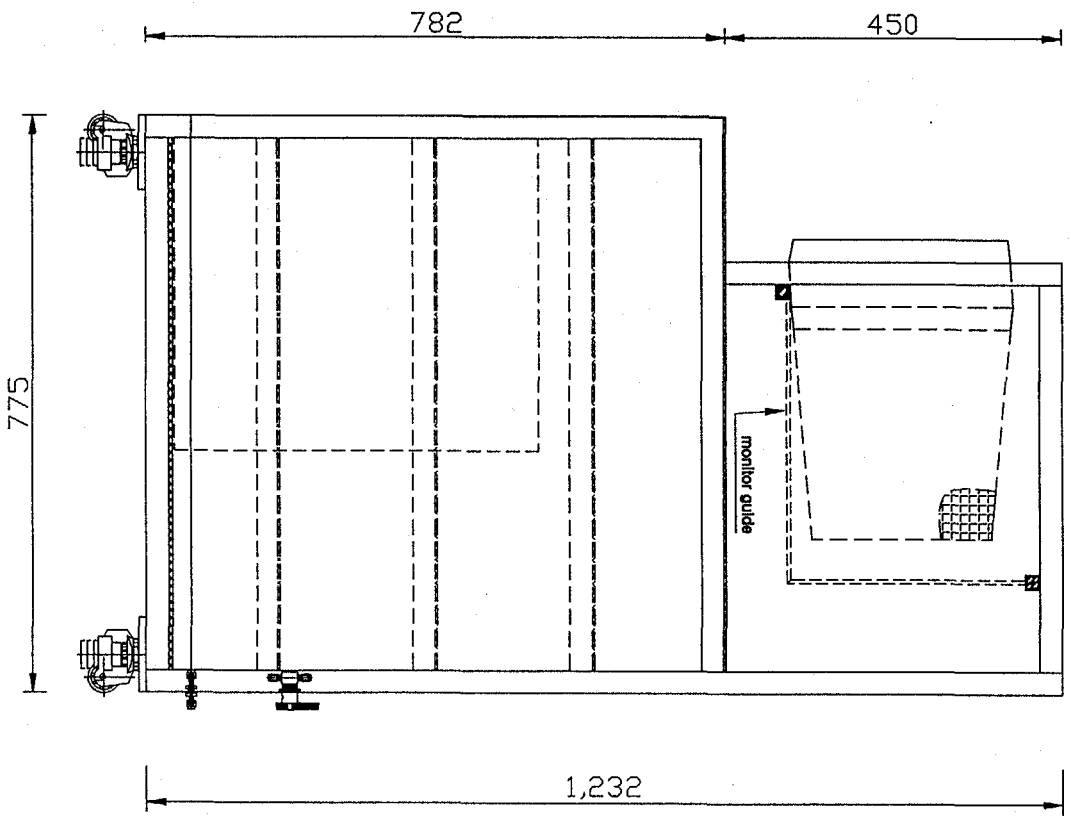
가스누설경보기의 완전 국산화에 따라 도시가스 사용의 안전증대와 신뢰성을 확보함과 더불어 가스센서 분야를 포함한 센서 개발에 대한 개발의욕 고취

7. 향후 추진계획

현재 가정용 가스누설경보기의 경우에는 형식승인을 취득하여 1999년 하반기경에 시판이 가능하며, 한편 가스센서 소자에 대한 내구성, 신뢰성을 높이는 연구는 앞으로도 지속적으로 추진하여서 가까운 미래에 국제시장의 점유까지 겨냥하고 있다. 현재 가정용에 대한 국내 잠정적인 시장을 도시가스 사용 요금고지 기준으로 5백74만4백70 가구로 계량기 등록 기준으로 5백85만2천1백83 가구로 보고 있으나 (98.5.25 에너지경제신문), 사용자 가구수는 꾸준히 증가하고 있으며 또한 개량된 가정용 가스누설경보기는 업소이나 일반 사무실에도 적용될 수 있으므로 시장성은 매우 크다고 판단된다. 산업용(공급관리소등에 적용 목적) 가스누설 경

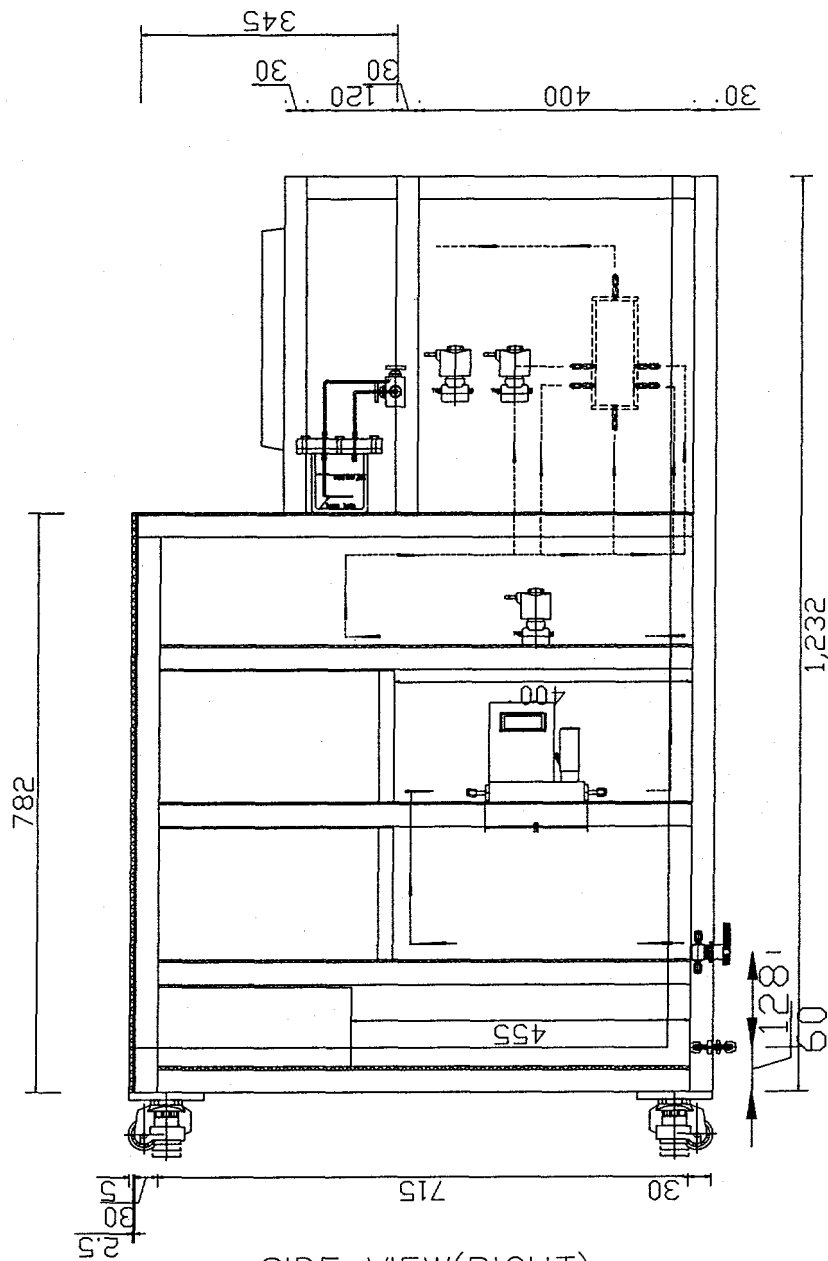
보기의 경우에는 1998년 10월중에 원장적용시험용 5세트를 설치 후 1999년 9월까지 장기 상응 시험하여 문제점들을 개선한 후 상품화한 계 획이다.

30 550 195 30



SIDE VIEW(LEFT)

DATE	NO.	REV.
10/10/2010	1	1
10/10/2010	2	1
10/10/2010	3	1
10/10/2010	4	1
10/10/2010	5	1
10/10/2010	6	1
10/10/2010	7	1
10/10/2010	8	1
10/10/2010	9	1
10/10/2010	10	1
10/10/2010	11	1
10/10/2010	12	1
10/10/2010	13	1
10/10/2010	14	1
10/10/2010	15	1
10/10/2010	16	1
10/10/2010	17	1
10/10/2010	18	1
10/10/2010	19	1
10/10/2010	20	1
10/10/2010	21	1
10/10/2010	22	1
10/10/2010	23	1
10/10/2010	24	1
10/10/2010	25	1
10/10/2010	26	1
10/10/2010	27	1
10/10/2010	28	1
10/10/2010	29	1
10/10/2010	30	1
10/10/2010	31	1
10/10/2010	32	1
10/10/2010	33	1
10/10/2010	34	1
10/10/2010	35	1
10/10/2010	36	1
10/10/2010	37	1
10/10/2010	38	1
10/10/2010	39	1
10/10/2010	40	1
10/10/2010	41	1
10/10/2010	42	1
10/10/2010	43	1
10/10/2010	44	1
10/10/2010	45	1
10/10/2010	46	1
10/10/2010	47	1
10/10/2010	48	1
10/10/2010	49	1
10/10/2010	50	1
10/10/2010	51	1
10/10/2010	52	1
10/10/2010	53	1
10/10/2010	54	1
10/10/2010	55	1
10/10/2010	56	1
10/10/2010	57	1
10/10/2010	58	1
10/10/2010	59	1
10/10/2010	60	1
10/10/2010	61	1
10/10/2010	62	1
10/10/2010	63	1
10/10/2010	64	1
10/10/2010	65	1
10/10/2010	66	1
10/10/2010	67	1
10/10/2010	68	1
10/10/2010	69	1
10/10/2010	70	1
10/10/2010	71	1
10/10/2010	72	1
10/10/2010	73	1
10/10/2010	74	1
10/10/2010	75	1
10/10/2010	76	1
10/10/2010	77	1
10/10/2010	78	1
10/10/2010	79	1
10/10/2010	80	1
10/10/2010	81	1
10/10/2010	82	1
10/10/2010	83	1
10/10/2010	84	1
10/10/2010	85	1
10/10/2010	86	1
10/10/2010	87	1
10/10/2010	88	1
10/10/2010	89	1
10/10/2010	90	1
10/10/2010	91	1
10/10/2010	92	1
10/10/2010	93	1
10/10/2010	94	1
10/10/2010	95	1
10/10/2010	96	1
10/10/2010	97	1
10/10/2010	98	1
10/10/2010	99	1
10/10/2010	100	1

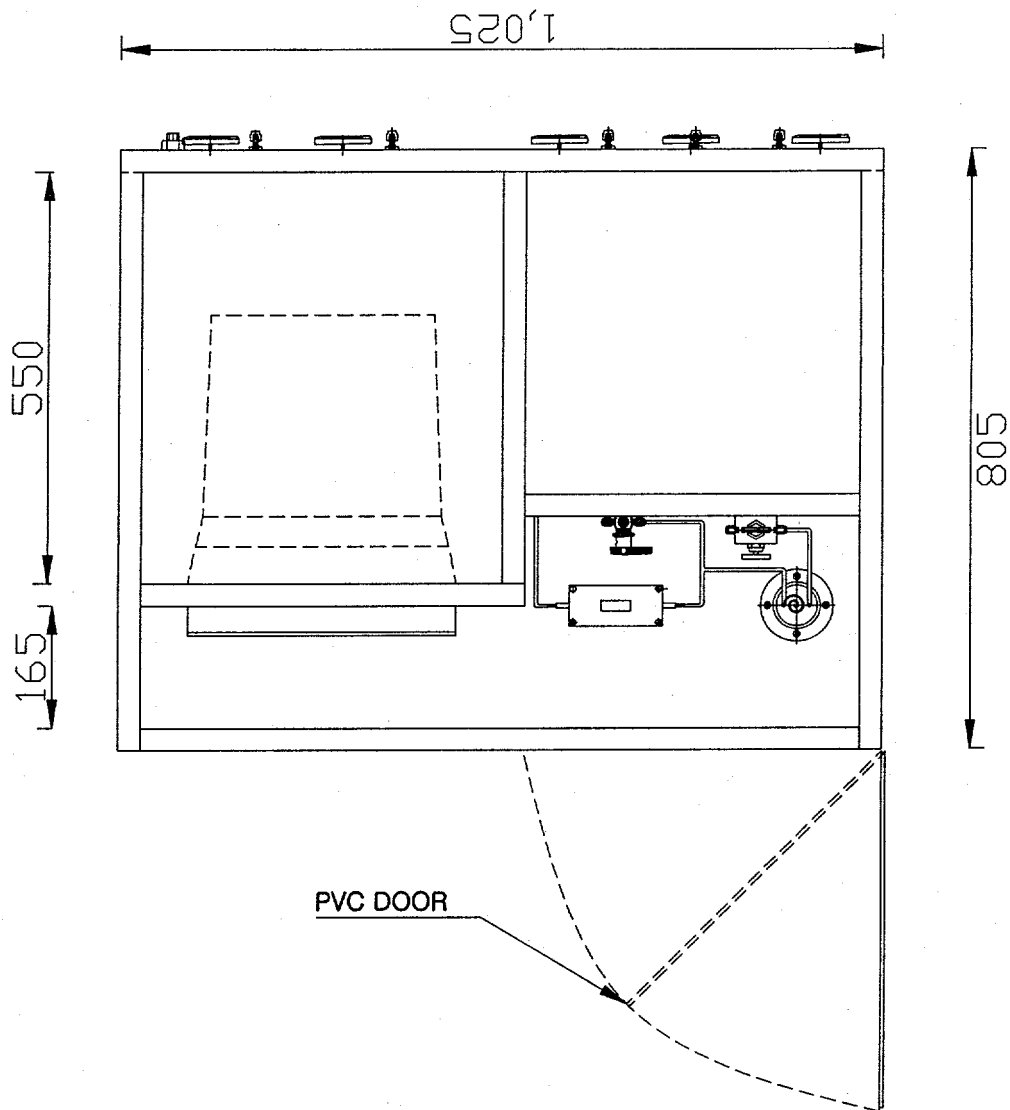


SIDE VIEW(RIGHT)

Unit	mm
Scale	
DEA-HEUNG SCIENCE	
1000m, #1427-12, So-dong, An-sa-mi City, Kyunggi-do, Korea	
MAIN CHAMBER, SIDE(R)	



— 364 —



TOP VIEW

UNIT	MM		
Scale			TEL 0545905-0005 FAX 0545905-0006
			DEA-HEUNG SCIENCE
			152No. #1427-12, Se-dong, An-san City, Kyunggi-do, Korea
			FILE NAME
			MAIN BODY(TOP VIEW)