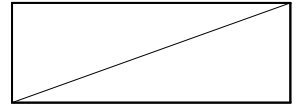


2015년 12월

15ZB1500



환경 및 사용자 적응형 MEMS 마이크로폰 솔루션 개발

Development of Environment & User Adaptable MEMS
Microphone Solution

세부과제 연차실적 보고서

연차실적 보고서						
과제유형	1. 기초미래선도형 () 2. 공공인프라형 () 3. 산업화형 (O)					
대과제명	스마트 ICT융합부품소재 기술 개발					
세부과제명	환경 및 사용자 적응형 MEMS 마이크로폰 솔루션 개발					
세부과제 책임자	소속 및 부서	정보통신부품소재연구소 나노융합소재연구부		직위 (직급)	부장 (책임)	
	성명	양우석				
총연구기간	2015년 1월 1일 부터 2017년 12월 31일 까지 (36개월)					
당해연도 연구기간	2015년 1월 1일 부터 2015년 12월 31일 까지 (12개월) (1차년도)					
총 연구 비	정부출연 금	6,900,000천원		당 해 년 연구 비	정부출연금	2,300,000천원
	민간부담 금	900,000천원			민간부담금	300,000천원
	계	7,800,000천원			계	2,600,000천원
참여인력(M/Y)	총 연 구 기 간		32명 (42M/Y)			
	당해연도 연구기간		28명 (14M/Y)			
참여기관	기관명	연구책임자	기관명	연구책임 자		
참여연구기관	비에스이센서스	박지수	에이디텍	김성렬		
위탁연구기관	호서대학교	한승오	한국산업기술대학교	김창규		
키워드 (6~10개)	마이크로폰, MEMS, 음향센서, ROIC, 음향제어, 지능형					
정부출연금사업 연차평가 보고서를 제출합니다. 2015년 12월 2일 세부과제책임자 : 양우석 (인) 직 할 부 서 장 : 남은수 (인)						
한국전자통신연구원장 귀하						

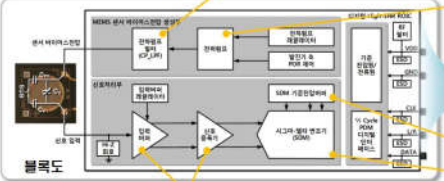
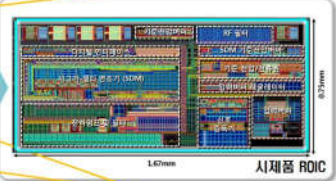
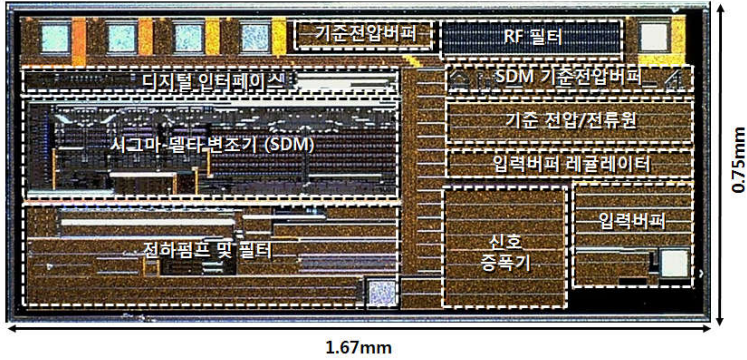
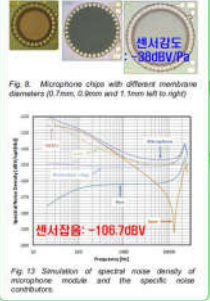
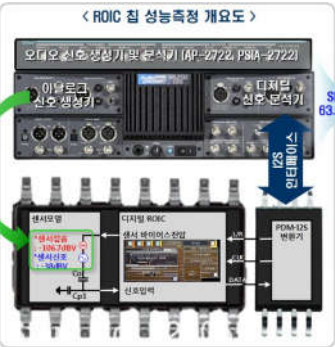
I. 당해년도(1차년도) 연구개발 추진일정

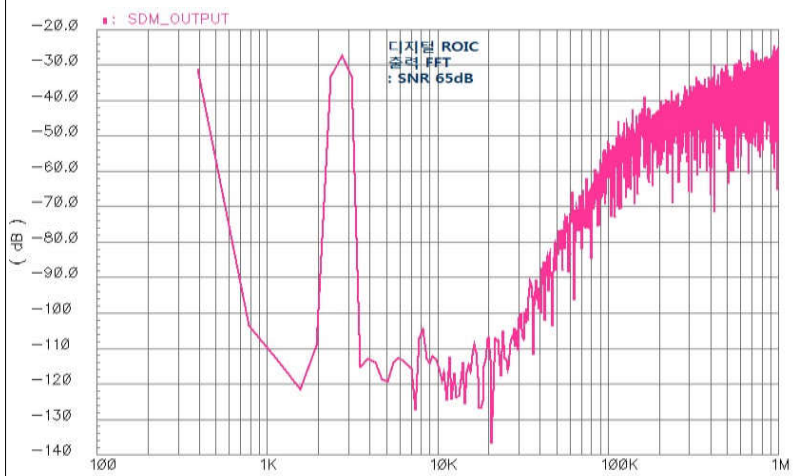
..... 계획 —— 수행

연구 내용	추진 일정												비고
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
○ 이중 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 설계/공정 개발													* 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 낙하신뢰성 확보 위한 설계/공정 최적화 지연에 따라 이 결과를 이중 멤브레인 MEMS 음향센서에 반영하는 작업이 지연되어 전체일정 1개월 지연
- 강성 조절용 주름 기반 이중 멤브레인 설계		——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	
- 이중 멤브레인 단일집적공정						——	——	——	——	——	——	——	
- WDR MEMS 음향센서 제작 및 성능 평가										——	——	——	
○ 디지털 High-SNR ROIC 칩 개발													
- 디지털 High-SNR ROIC 칩 핵심 회로 개발		——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	
- 디지털 High-SNR ROIC 칩 설계						——	——	——	——	——	——	——	
- 디지털 High-SNR ROIC 칩 제작 및 특성 평가											——	——	
○ 초소형 음향 패키지 설계/공정													
- 초소형 음향 패키지 구조 개발		——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	
- 초소형 음향 패키지 자동화 공정 개발								——	——	——	——	——	
○ 지능형 음향제어 기초 알고리즘 개발													* 목표인 S등급(국내 및 해외 2개국 포함 총 3개국 출원 가능) 보다 낮은 B등급(국내 출원) 특허 출원
- API 기초 알고리즘 개발		——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	
- API 기초 알고리즘 평가										——	——	——	
- S등급 특허 출원												——	
○ 기개발 시제품의 사업화													* 당초 계획한 MEMS 양산 파운드리 업체 (GMEMS)의 폐쇄에 따라 CMOS 상용 파운드리 업체(동부하이텍)의 MEMS 파운드리 비즈니스 참여유도 및 호환성 확보 위한 공정 제약 극복에 시간소요로 MEMS 음향센서 양산화 공정 개발 3개월 지연
- MEMS 음향센서 양산파운드리 확보		——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	——	
- MEMS 음향센서 양산화공정 개발								——	——	——	——	——	
- 아날로그 ROIC 칩 상용시제품 설계								——	——	——	——	——	
- ROIC 칩 상용시제품 제작/신뢰성 평가 및 수요기업 인종									——	——	——	——	

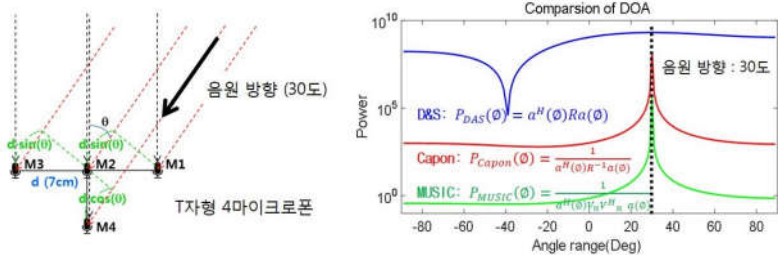
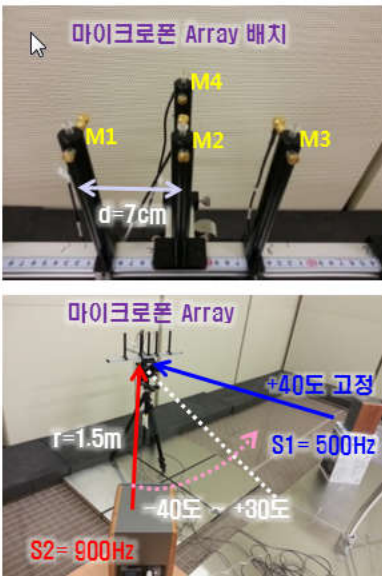
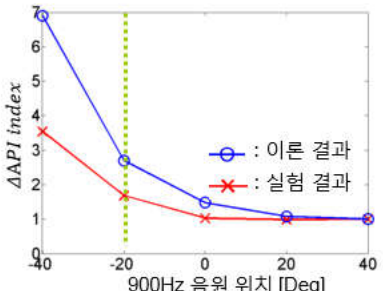
II. 당해년도(1차년도) 연구개발 추진실적

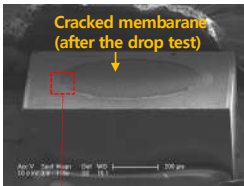
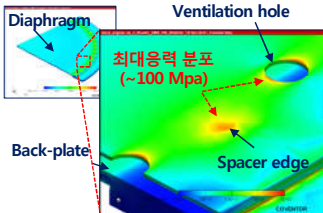
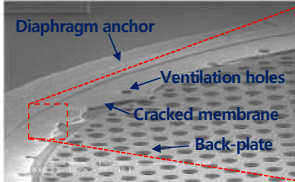
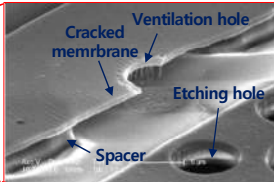
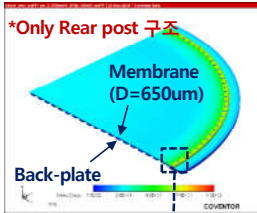
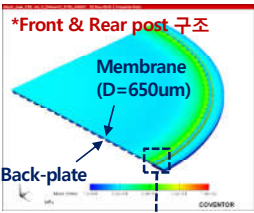
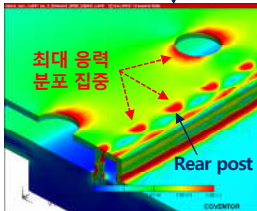
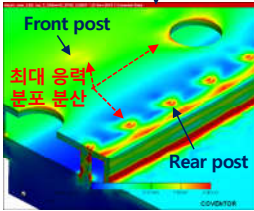
연구 목표	연구 실적	목표 달성도																								
o 이중 멤브레인 MEMS 음향 센서 칩 설계/공정 개발 - 목표 성능 · 칩 크기: $1.4 \times 1.0 \times 0.4 \text{ mm}^3$ · 노광공정 횟수: 8회	o 이중 멤브레인 MEMS 음향센서 칩(Ver.1) 설계/공정 개발 - 고감도 광대역 이중 멤브레인 구조 칩 설계 · 칩 크기: $1.4 \times 1.0 \times 0.4 \text{ mm}^3$ · 멤브레인 직경: 770um(고감도용) / 450um(광대역용) · 민감도: -36.5 dBV/Pa (예상치) · 음향 과부하점(AOP): 140dB SPL (예상치) <table border="1"> <thead> <tr> <th>성능 항목</th><th>고감도</th><th>광대역</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bias voltage [V]</td><td>4.0</td><td>10</td></tr> <tr> <td>Air-gap height at the bias [um]</td><td>1.3</td><td>1.5</td></tr> <tr> <td>Effective spring constant [N/m]</td><td>50</td><td>183</td></tr> <tr> <td>Intrinsic capacitance at Vb [pF]</td><td>2.12</td><td>0.68</td></tr> <tr> <td>Parasitic capacitance [pF]</td><td>0.63</td><td>0.63</td></tr> <tr> <td>Open-circuit sensitivity [dBV/Pa]</td><td>-36.5</td><td>-53.2</td></tr> <tr> <td>Acoustic Overload Point [dB SPL]</td><td>110</td><td>140</td></tr> </tbody> </table> - Polyimide 희생층 기반 ETRI Si Fab(6인치) 이용 제작 · 노광공정 횟수: 7회 하부전극 및 패드 형성 (0.5um-Al) (Mask1) Back-Plate 및 Dimple 형성 (2um-Si₃N₄) (Mask2, 3) 희생층 (1.8um-Polyimide) 및 강성 조절용 주름 형성 (Mask4, 5) 이중 멤브레인 형성 (0.6um-TiN/Si₃N₄/TiN) (Mask6) Lapping (390 um) 및 Back-Chamber 형성 (DRIE) (mask7) Polyimide 희생층 제거 (O₂ Plasma Ashing) <제작된 칩 사진> - 설계/공정 기술 관련 국제/국내 특허 1/2건 출원 진행중	성능 항목	고감도	광대역	Bias voltage [V]	4.0	10	Air-gap height at the bias [um]	1.3	1.5	Effective spring constant [N/m]	50	183	Intrinsic capacitance at Vb [pF]	2.12	0.68	Parasitic capacitance [pF]	0.63	0.63	Open-circuit sensitivity [dBV/Pa]	-36.5	-53.2	Acoustic Overload Point [dB SPL]	110	140	100%
성능 항목	고감도	광대역																								
Bias voltage [V]	4.0	10																								
Air-gap height at the bias [um]	1.3	1.5																								
Effective spring constant [N/m]	50	183																								
Intrinsic capacitance at Vb [pF]	2.12	0.68																								
Parasitic capacitance [pF]	0.63	0.63																								
Open-circuit sensitivity [dBV/Pa]	-36.5	-53.2																								
Acoustic Overload Point [dB SPL]	110	140																								

연구 목표	연구 실적	목표 달성도
o 디지털 High-SNR ROIC 칩 설계/제작 - 목표 성능 · SNR: 63dB	o 디지털 High-SNR ROIC 칩 설계/제작 및 성능평가 - 칩 설계 주요 특징 · 센서 바이어스전압 생성부: 정착시간/잡음특성 향상, 소형화 및 다양한 바이어스 전압 제공 · 신호처리부: 저잡음 및 저소모전력 구현 SC-LPF형 전하펌프 필터: 정착시간 단축 및 잡음특성 향상 · 바이패스 스위치 추가 및 LPF 컷오프 주파수 감소 · 다이오드-LPF형 전하펌프 필터: SC-LPF 대비 소형(50%) 구현 · 실측을 통한 잡음특성 확인 다양한 바이어스전압(3~11V) 센서 대응 가능 · 전하펌프 및 레귤레이터 가변을 통한 바이어스전압 세분화   PSR/PSRR 특성 향상 입력버퍼 · 차동구조를 통한 전압잡음 억제 저전력 신호증폭기 · class-AB OP-Amp 적용을 통한 고정전류 감소 저잡음/저전력 시그마-델타 변조기 · 쇼퍼 안정화 기법을 통한 플리커 잡음 제거 · 동적 바이어스 기능의 OP-Amp 적용을 통한 소모전력 감소 (적용기1, 기준전압버퍼) - 국내 M사 0.35um CMOS 상용 파운드리 이용 ROIC 칩 제작 · 면적: 1.25mm² (1.67mm x 0.75mm)  - 주요성능 측정 · 검증된 세계최고 고감도 MEMS 음향센서 칩 (Infineon) 모델링 회로와 모듈화 통한 성능측정 < Infineon 센서 모델 >  < ROIC 칩 성능측정 개요도 >  < 성능측정 결과 > 	100%

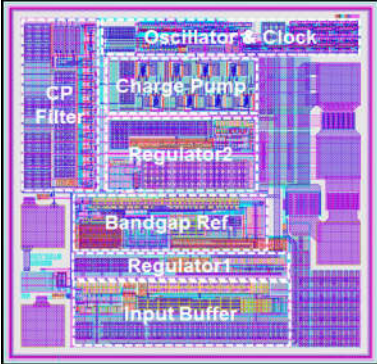
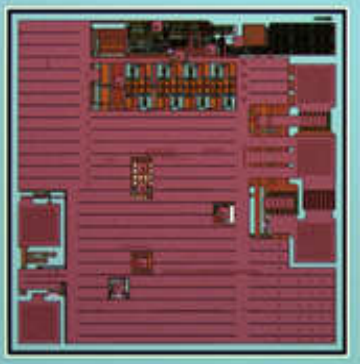
연 구 목 표	연 구 실 적	목표 달성도																																																																									
o 디지털 High-SNR ROIC 칩 설계/제작 - 목표 성능 · SNR: 63dB	o 디지털 High-SNR ROIC 칩 설계/제작 및 성능평가 - 주요성능 측정결과 · 세계최고 Knowles 상용품 대비 대등한 성능/가격 경쟁력 · 동등수준의 SNR 특성 · 우수한 소모전류/전원잡음억제율/칩크기 <table><tr><th rowspan="2">항목</th><th rowspan="2">조건</th><th rowspan="2">단위</th><th colspan="3">ETRI ROIC</th><th rowspan="2">Knowles 모듈 측정치¹⁾</th></tr><tr><th>칩 설계치</th><th>칩 측정치</th><th>모듈 측정치</th></tr><tr><td>전원전압</td><td>-</td><td>V</td><td colspan="3">1.5~3.6</td><td>1.62~3.6</td></tr><tr><td>소모전류</td><td>2.4MHz 클럭</td><td>uA</td><td>3/618</td><td>3/490</td><td></td><td>80/620²⁾</td></tr><tr><td>감도</td><td>94dB SPL 입력 (모듈) -38dBV 입력 (ROIC)</td><td>dBFS</td><td>-25.5</td><td colspan="2">-27.2</td><td>-26</td></tr><tr><td>잡음</td><td>-</td><td>dBFS(A)</td><td>-91.4</td><td>-92.4</td><td>-91.1</td><td>-90</td></tr><tr><td>SNR</td><td>94dB SPL 입력 (모듈) -38dBV 입력 (ROIC)</td><td>dB</td><td>65.9</td><td>65.2</td><td>63.9</td><td>64</td></tr><tr><td>PSR+N</td><td>100mVpp 217Hz 구형파</td><td>dBFS(A)</td><td>-</td><td colspan="2">-89.1</td><td>-84</td></tr><tr><td>센서 바이어스전압</td><td>-</td><td>V</td><td colspan="3">3~11</td><td>-</td></tr><tr><td>인터페이스</td><td>-</td><td>-</td><td colspan="3">½ Cycle PDM</td><td>½ Cycle PDM</td></tr><tr><td>칩 면적</td><td>-</td><td>mm²</td><td colspan="3">1.25 (1.67x0.75)</td><td>1.34 / 1.45³⁾</td></tr></table> <ROIC 성능 비교표>  <ROIC 칩 SNR 성능 측정 결과>	항목	조건	단위	ETRI ROIC			Knowles 모듈 측정치 ¹⁾	칩 설계치	칩 측정치	모듈 측정치	전원전압	-	V	1.5~3.6			1.62~3.6	소모전류	2.4MHz 클럭	uA	3/618	3/490		80/620 ²⁾	감도	94dB SPL 입력 (모듈) -38dBV 입력 (ROIC)	dBFS	-25.5	-27.2		-26	잡음	-	dBFS(A)	-91.4	-92.4	-91.1	-90	SNR	94dB SPL 입력 (모듈) -38dBV 입력 (ROIC)	dB	65.9	65.2	63.9	64	PSR+N	100mVpp 217Hz 구형파	dBFS(A)	-	-89.1		-84	센서 바이어스전압	-	V	3~11			-	인터페이스	-	-	½ Cycle PDM			½ Cycle PDM	칩 면적	-	mm ²	1.25 (1.67x0.75)			1.34 / 1.45 ³⁾	100%
항목	조건				단위	ETRI ROIC			Knowles 모듈 측정치 ¹⁾																																																																		
		칩 설계치	칩 측정치	모듈 측정치																																																																							
전원전압	-	V	1.5~3.6			1.62~3.6																																																																					
소모전류	2.4MHz 클럭	uA	3/618	3/490		80/620 ²⁾																																																																					
감도	94dB SPL 입력 (모듈) -38dBV 입력 (ROIC)	dBFS	-25.5	-27.2		-26																																																																					
잡음	-	dBFS(A)	-91.4	-92.4	-91.1	-90																																																																					
SNR	94dB SPL 입력 (모듈) -38dBV 입력 (ROIC)	dB	65.9	65.2	63.9	64																																																																					
PSR+N	100mVpp 217Hz 구형파	dBFS(A)	-	-89.1		-84																																																																					
센서 바이어스전압	-	V	3~11			-																																																																					
인터페이스	-	-	½ Cycle PDM			½ Cycle PDM																																																																					
칩 면적	-	mm ²	1.25 (1.67x0.75)			1.34 / 1.45 ³⁾																																																																					

연구 목표	연구 실적	목표 달성도
○ 초소형 음향 패키지 설계/공정 개발	○ 초소형 음향 패키지 설계/공정 개발 - 신구조 기반 초소형 음향 패키지 설계 - 사용자 보드에 멤스 마이크로폰 패키지를 표면 실장하여 확장된 백챔버 확보 및 패키지 크기를 낮춤 - 내부케이스 삽입을 통한 민감도 개선용 확장 백챔버 구조 <사용자 보드기반(左) 및 내부케이스 삽입(右) 패키지 개념도> - 음향 패키지 자동화 공정 흐름도 - 패키지 구조 관련 국내특허 출원 2건 완료	100%

연구 목표	연구 실적	목표 달성도																				
○ 지능형 음향제어 기초 알고리즘 개발 - 목표 수준 · ETRI 기준 S급(국내 및 해외 2개국 포함 총 3개국 출원 가능) 특허 1건 출원	○ 지능형 음향제어 기초 알고리즘 연구 - 음원 방향 추적 알고리즘 채택 · 소형(최대간격 15cm) 및 소수(3개) 마이크론 어레이 제약 조건 · D&S, Capon(MVDR) 및 MUSIC 후보 알고리즘 검토 · 분해능, 연산량 및 신호강인성 종합 고려 통해 Capon 채택  <T자형 4 마이크 어레이(左) 및 알고리즘 시뮬레이션 결과(右)> <table><thead><tr><th>알고리즘</th><th>특징</th><th>분해능</th><th>연산량</th><th>신호강인성</th></tr></thead><tbody><tr><td>D&S</td><td>최대 파워 방향</td><td>하</td><td>하</td><td>상</td></tr><tr><td>Capon (MVDR)</td><td>최대 SNR 방향</td><td>상</td><td>상</td><td>중</td></tr><tr><td>MUSIC</td><td>최소 잡음 방향</td><td>상</td><td>중</td><td>하</td></tr></tbody></table> <음원 방향 추적 알고리즘의 기술적 특징> - 오디오 주밍 알고리즘 연구 · D&S 오디오 주밍 기법 기반 · API Index 정의 = 관심음원 파워 / 관심음원 외 음원 파워 · 오디오 주밍도, ΔAPI Index (오디오 주밍 전후 API Index 비율): 2.7배/1.8배(이론/실험) @60도 관심-간섭 음원 간격 (간이무향공간)  오디오 주밍 이론/실험 조건 - Mic 개수 : 4개 - Mic 간 거리 : 7cm - 사용 음원 : 관심음원 S1(500Hz), 간섭음원 S2(900Hz) - Mic와 스피커 간 거리 : 1.5m  - B급(국내특허 출원 가능) 1건 출원 진행중	알고리즘	특징	분해능	연산량	신호강인성	D&S	최대 파워 방향	하	하	상	Capon (MVDR)	최대 SNR 방향	상	상	중	MUSIC	최소 잡음 방향	상	중	하	60%
알고리즘	특징	분해능	연산량	신호강인성																		
D&S	최대 파워 방향	하	하	상																		
Capon (MVDR)	최대 SNR 방향	상	상	중																		
MUSIC	최소 잡음 방향	상	중	하																		

연구 목표	연구 실적	목표 달성도																																																																		
○ 기개발 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 양산화 기술 개발 - 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 낙하신뢰성 향상 · 낙하신뢰성: $\geq 99\%$ (1.5m, 민감도 $-38\pm 2\text{dBV/Pa}$)	○ 기개발 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 낙하신뢰성 향상 - 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 낙하신뢰성 80% 확보 (비에스이 센서스 시험평가서 기준, R&D 패키지 이용, 경쟁 1사 95% 수준) <table><caption>샘플 낙하신뢰성 불량 여부</caption><thead><tr><th>No.</th><th>membrane</th><th>backplate</th><th>No.</th><th>membrane</th><th>backplate</th></tr></thead><tbody><tr><td>x01</td><td></td><td></td><td>y01</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x02</td><td></td><td></td><td>y02</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x03</td><td></td><td></td><td>y03</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x04</td><td></td><td></td><td>y04</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x05</td><td></td><td></td><td>y05</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x06</td><td></td><td></td><td>y06</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x07</td><td></td><td></td><td>y07</td><td>●</td><td></td></tr><tr><td>x08</td><td>●</td><td></td><td>y08</td><td></td><td></td></tr><tr><td>x09</td><td></td><td></td><td>y09</td><td>●</td><td></td></tr><tr><td>x10</td><td>●</td><td></td><td>y10</td><td></td><td></td></tr></tbody></table> x series(D=650um, no dimple) 80% (8 pass/총 10개) y series(D=650um, dimple=1um) 80% (8 pass/총 10개) - MEMS 음향센서의 낙하신뢰성 향상 위한 이중 포스트 단일 멤브레인 구조 개발 및 시뮬레이션 통한 낙하신뢰성 개선효과 검증 Cracked membrane (after the drop test)   Diaphragm Ventilation hole 최대응력 분포 (~100 Mpa) Back-plate Spacer edge  Diaphragm anchor Ventilation holes Cracked membrane Back-plate  Ventilation hole Cracked membrane Etching hole Spacer <낙하신뢰성 불량분석 및 유한요소법 시뮬레이션 모사> *Only Rear post 구조  Membrane (D=650um) Back-plate *Front & Rear post 구조  Membrane (D=650um) Back-plate  최대 응력 분포 집중 Rear post  Front post 최대 응력 분포 분산 Rear post <멤브레인 포스트 구조에 따른 응력 분산 시뮬레이션>	No.	membrane	backplate	No.	membrane	backplate	x01			y01			x02			y02			x03			y03			x04			y04			x05			y05			x06			y06			x07			y07	●		x08	●		y08			x09			y09	●		x10	●		y10			80%
No.	membrane	backplate	No.	membrane	backplate																																																															
x01			y01																																																																	
x02			y02																																																																	
x03			y03																																																																	
x04			y04																																																																	
x05			y05																																																																	
x06			y06																																																																	
x07			y07	●																																																																
x08	●		y08																																																																	
x09			y09	●																																																																
x10	●		y10																																																																	

연구 목표	연구 실적	목표 달성도																			
o 기개발 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 양산화 기술 개발 - MEMS 음향센서 파운드리 확보 및 이를 통한 양산화 기술 개발 · 양산시제품 제작	o 기개발 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩 양산화 기술 개발 - 상용파운드리 확보: 국내D사 확보, 국내S사/국외X사 협의중 - 양산화 기술 개발 · 국내D사 팹(8인치)에서 시제품 양산성 평가용 Run 진행중 · 현재 해당 팹 운영 규정상 기개발 Polyimide 희생층 공정 불허로 SiO₂ 희생층 사용하는 MEMS 음향센서 집적공정 개조 진행 · SiO₂ 희생층 기반 MEMS 음향센서 집적공정(마스크 7장) 개발 1. 절연막 증착 2. 멤브레인 형성 3. 제1 희생층 증착 4. 제2 희생층 증착 5. 백플레이트 형성 6. 전극 형성 7. 실리콘 식각 및 희생층 제거 제1 희생층 제2 희생층 멤브레인 & 백플레이트 전극 <SiO₂ 기반 MEMS 음향센서 집적공정 흐름도> SiO₂-based MEMS sensor Back-plate pad Diaphragm pad Back-plate Etch holes <R&D 팹 이용 제작된 SiO₂ 기반 MEMS 음향센서 SEM 사진> <table><tr><th rowspan="2">MEMS 음향센서 성능 항목</th><th colspan="2">ETRI*비에스이</th><th>Knowles</th></tr><tr><th>Polyimide 희생층 기반</th><th>SiO₂ 희생층 기반</th><th>SiO₂ 희생층 기반</th></tr><tr><td>칩 면적 (mm²)</td><td>1.0</td><td>1.0</td><td>1.0</td></tr><tr><td>노광공정 횟수</td><td>7</td><td>7</td><td>10</td></tr><tr><td>민감도 (dBV/Pa)</td><td>-38</td><td>-41</td><td>-38</td></tr></table> <R&D 팹 이용 제작된 SiO₂ 기반 MEMS 음향센서 주요성능>	MEMS 음향센서 성능 항목	ETRI*비에스이		Knowles	Polyimide 희생층 기반	SiO ₂ 희생층 기반	SiO ₂ 희생층 기반	칩 면적 (mm ²)	1.0	1.0	1.0	노광공정 횟수	7	7	10	민감도 (dBV/Pa)	-38	-41	-38	80%
MEMS 음향센서 성능 항목	ETRI*비에스이		Knowles																		
	Polyimide 희생층 기반	SiO ₂ 희생층 기반	SiO ₂ 희생층 기반																		
칩 면적 (mm ²)	1.0	1.0	1.0																		
노광공정 횟수	7	7	10																		
민감도 (dBV/Pa)	-38	-41	-38																		

연구 목표	연구 실적	목표 달성도																																													
o 기개발 아날로그 High-SNR 아날로그 칩 상용시제품 개발 · 상용시제품 설계/제작 및 수요기업 인증	o 기개발 아날로그 High-SNR 아날로그 칩 상용시제품 개발 · 기개발 연구시제품(ETRI 기술이전)의 가격경쟁력 및 수요기업 요구대응 위한 설계개선 · 칩 제작공정 및 면적 축소 · 센서바이어스전압, 신호이득 다양화를 통한 수요기업 대응 <table border="1"> <thead> <tr> <th>ROIC 칩 성능 항목</th><th>기개발 연구시제품</th><th>본개발 상용시제품</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>칩 면적 [mm²]</td><td>0.72 (1.055 × 0.675)</td><td>0.56 (0.750 × 0.750)</td></tr> <tr> <td>0.35um CMOS 공정</td><td>2-Poly 4-Metal</td><td>2-Poly 3-Metal</td></tr> <tr> <td>센서 바이어스 전압 [V]</td><td>9/10/11</td><td>5/6/7/10</td></tr> <tr> <td>신호이득 [dB]</td><td>0/6/8 (3step)</td><td>0~7 (8step)</td></tr> </tbody> </table> · 0.35um CMOS 상용 파운드리 이용 시제품(Ver.1) 제작  <레이아웃>  <칩 사진> · 수요기업(비에스이센서스) 시제품(Ver.1) 성능평가 · 양산용 테스트환경 구축 · MEMS 음향센서와 모듈 패키징 후 경쟁사 제품과 상대비교 <table border="1"> <thead> <tr> <th>ROIC 칩 성능 항목</th><th>경쟁 I사 상용품</th><th>본개발 상용시제품</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>칩 면적 [mm²]</td><td>0.51 (0.655 × 0.775)</td><td>0.56 (0.750 × 0.750)</td></tr> <tr> <td>소모전류 [uA]</td><td>125</td><td>110</td></tr> <tr> <td>감도 [dBV/Pa]</td><td>-38</td><td>-38.1</td></tr> <tr> <td>노이즈 [dB(A)]</td><td>-103</td><td>-103.3</td></tr> <tr> <td>SNR (dB)</td><td>65</td><td>65.2</td></tr> <tr> <td>PSR (dBV)</td><td>-110</td><td>-96.5 (Not Critical)</td></tr> <tr> <td>THD 1% (Hz)</td><td>110</td><td>108</td></tr> <tr> <td>EMC [dBV]</td><td>≤-85</td><td>≤-72</td></tr> <tr> <td>TDMA Noise [dBV]</td><td>≤-90</td><td>≤-62 (peak 최대치)</td></tr> </tbody> </table> · 추가설계개선 사항 반영 시제품(Ver.2) 제작 진행중 · EMC 및 TDMA 노이즈 특성 향상 위한 RF 필터 구조 개선 · 칩 면적 추가축소	ROIC 칩 성능 항목	기개발 연구시제품	본개발 상용시제품	칩 면적 [mm ²]	0.72 (1.055 × 0.675)	0.56 (0.750 × 0.750)	0.35um CMOS 공정	2-Poly 4-Metal	2-Poly 3-Metal	센서 바이어스 전압 [V]	9/10/11	5/6/7/10	신호이득 [dB]	0/6/8 (3step)	0~7 (8step)	ROIC 칩 성능 항목	경쟁 I사 상용품	본개발 상용시제품	칩 면적 [mm ²]	0.51 (0.655 × 0.775)	0.56 (0.750 × 0.750)	소모전류 [uA]	125	110	감도 [dBV/Pa]	-38	-38.1	노이즈 [dB(A)]	-103	-103.3	SNR (dB)	65	65.2	PSR (dBV)	-110	-96.5 (Not Critical)	THD 1% (Hz)	110	108	EMC [dBV]	≤-85	≤-72	TDMA Noise [dBV]	≤-90	≤-62 (peak 최대치)	80%
ROIC 칩 성능 항목	기개발 연구시제품	본개발 상용시제품																																													
칩 면적 [mm ²]	0.72 (1.055 × 0.675)	0.56 (0.750 × 0.750)																																													
0.35um CMOS 공정	2-Poly 4-Metal	2-Poly 3-Metal																																													
센서 바이어스 전압 [V]	9/10/11	5/6/7/10																																													
신호이득 [dB]	0/6/8 (3step)	0~7 (8step)																																													
ROIC 칩 성능 항목	경쟁 I사 상용품	본개발 상용시제품																																													
칩 면적 [mm ²]	0.51 (0.655 × 0.775)	0.56 (0.750 × 0.750)																																													
소모전류 [uA]	125	110																																													
감도 [dBV/Pa]	-38	-38.1																																													
노이즈 [dB(A)]	-103	-103.3																																													
SNR (dB)	65	65.2																																													
PSR (dBV)	-110	-96.5 (Not Critical)																																													
THD 1% (Hz)	110	108																																													
EMC [dBV]	≤-85	≤-72																																													
TDMA Noise [dBV]	≤-90	≤-62 (peak 최대치)																																													

III. 당해연도(1차년도) 기술개발 정량적 성과

구분	기술이전		특허		논문		S/W 등록 (건)	시제품		수요기업 평가서/ 인증서 (건)
	건수 (건)	기술료 (백만원)	국제	국내	SCI (건)	비SCI		연구용 (건)	상용 (건)	
			출원/등록 (건)	출원/등록 (건)		국제/국내 (건)				
목표	-	-	5/0	4/0	-		-	2	2	1
실적	-	-	2/0	9/0	1	1/0	-	3	1	2

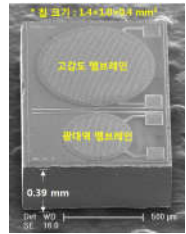
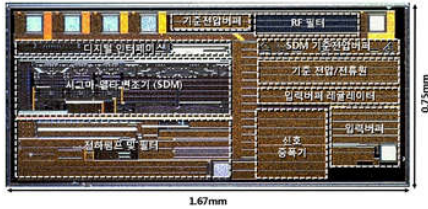
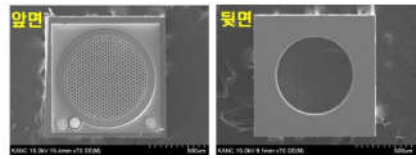
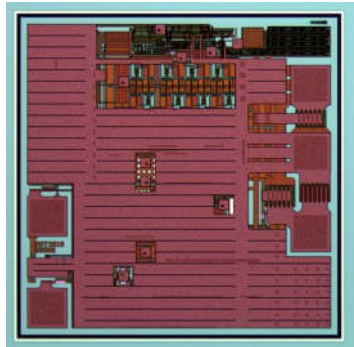
III-1. 특허

번호	발명의 명칭	출원/ 등록 구분	출원/ 등록 대상국	출원/등록 일자	출원/등록 번호	출원/ 등록 기관	기여율 (%)
1	Acoustic sensor and manufacturing method thereof	출원	미국	진행중	PR20150801US (ETRI 특허관리번호)	한국전자 통신연구원	100
2	MEMS sensor with sealed vacuum cavity	출원	미국	진행중	PR20150926US (ETRI 특허관리번호)	한국전자 통신연구원	100
3	음향 센서 및 그 제조 방법	출원	한국	진행중	PR20150801KR (ETRI 특허관리번호)	한국전자 통신연구원	100
4	기판 일체형 진공캐비티를 갖는 멤스 센서	출원	한국	진행중	PR20150926KR (ETRI 특허관리번호)	한국전자 통신연구원	100
5	음향 센서 및 그 제조 방법	출원	한국	진행중	8070-2015-012 55 (ETRI 직무 발명신고서 번호)	한국전자 통신연구원	100
6	이동단말기에서 연장 가능한 마이크로 폰 어레이를 이용한 오디오 주밍 장치 및 방법	출원	한국	진행중	8070-2015-012 98 (ETRI 직무 발명신고서 번호)	한국전자 통신연구원	100
7	멤스 마이크로폰 패키지 및 그 제조방법	출원	한국	2015.08.31	10-2015-0122 844	비에스이 센서스	100
8	확장 백챔버 공간을 갖는 멤스 마이크로폰 패키지 및 그 제조방법	출원	한국	2015.08.31	10-2015-0122 853	비에스이 센서스	100
9	멤스 음향센서 및 그 부속품 제조 방법	출원	한국	진행중	MEMS-151028- 02 (비에스이센서스 내부기안번호)	비에스이 센서스	100
10	정전용량형 멤스 마이크로폰 및 그 제조방법	출원	한국	진행중	MEMS-150716- 01 (비에스이센서스 내부기안번호)	비에스이 센서스	100
11	정전용량형 멤스 마이크로폰 및 그 제조방법	출원	한국	진행중	MEMS-150716- 02 (비에스이센서스 내부기안번호)	비에스이 센서스	100

III-2. 논문

번호	구분 (논문/학회)	논문명	주저자 (총저자명수)	저널/학회명	게재/발표일자	구분 (국내/국외)	SCI 등재여부	기여율 (%)
1	논문	A concave-patterned TiN/PECVD-Si ₃ N ₄ /TiN diaphragm MEMS acoustic sensor based on a polyimide sacrificial layer	이재우 (8)	J. Micromech. Microeng.	2015.11.09	국외	O	100
2	학회	Open-circuit sensitivity model based on empirical parameters for a capacitive-type MEMS acoustic sensor	이재우 (6)	ICMAST 2015	2015.09.29	국외	X	100

III-3. 시제품

순번	구분	제 목	주 요 내 용	비 고
1	HW	(Polyimide 희생층 기반) 이중 멤브레인 MEMS 음향센서 칩	- ETRI Si Fab (6인치) 이용 제작 - 주요성능 · 크기: 1.4×1.0×0.4mm³ · 노광공정 횟수: 7회 · 멤브레인 직경: 770um (고감도 채널용) / 450um (광대역 채널용)	
2	HW	디지털 High-SNR ROIC 칩	- 0.35um CMOS 상용 파운드리 이용 제작 - 주요성능 · 면적: 1.67×0.75mm² · 소모전류: 490uA (STD 성능모드) · SNR: 65.2dB (시뮬레이션 데이터) · PSR: -89.1dBFS(A) · 센서 바이어스전압: 3~11V · 인터페이스: PWM	
3	HW	SiO ₂ 희생층 기반 단일 멤브레인 MEMS 음향센서 칩	- R&D 팹 이용 제작 - 주요성능 · 크기: 1.0×1.0×0.4mm³ · 노광공정 횟수: 7회 · 민감도: -41dBV/Pa	
4	HW	아날로그 High-SNR ROIC 칩 상용시제품	- 0.35um CMOS 상용 파운드리 이용 제작 - 주요성능 · 면적: 750×750um² · SNR: 65.2dB · PSR: -96.5dBV · THD 1%: 108Hz THD 1%: 108Hz · EMC (dBV): ≤-72dBV · TDMA Noise: ≤-62dBV (peak 최대치) · 바이어스전압 다양화: 5/6/7/10V · 신호이득 다양화: 0~7dB (8스텝)	

III-4. 수요기업 평가서

순번	평가기관	발급일자	시편명	시험방법	시험결과
1	비에스이 센서스	2015. 09.28	에이디텍 MEMS 마이크로폰용 ROIC 칩 (Ver.1)	Infineon High-SNR급 MEMS 음향센서와 패 키징 (3.76x2.95x1.1 mm ³ _Bottom Port)하 여 Infineon ROIC 칩 과 성능 비교평가	- 주요성능 비교평가 결과 : 소모전류 우수, SNR 및 THD 특성 대등, PSR 특성(Not Critical) 열등 - 주요 개선사항 도출 : 크로스 와이어 본딩 용 유발 핀맵 개선, Sensitivity 및 PSR 성능 향상(임피던스 조절 및 RF 필터 고려)

