

2013년도

## 제15회 한국 MEMS 학술대회 논문집

Proceedings of The 15th Korean MEMS Conference

2013. 4. 4(목) ~ 6(토), 제주 KAL호텔

- | 주 최 | 마이크로나노시스템학회(Society of Micro and Nano Systems)  
 | 후 원 | 대한전기학회(KIEE) MEMS 연구회, 한국센서학회(KSS) MEMS 연구회, 대한기계학회(KSME)  
 마이크로/나노공학부문, 한국정밀공학회(KSPE) 나노마이크로부문, MEMS 기술연구조합  
 | 협 찬 | 33개 기관단체

나노종합기술원, 나노코리아, 디에스세미콘, 멤스기술연구조합, 비에스이, 서울대학교 한국 Bio-IT 파운드리  
 서울센터, 성균관대학교 스마트부품 도금 RIS 사업단, (주)센플러스, 셀로코 주식회사, 썬소닉, (주)알트소프트,  
 에이씨티테크놀로지(주), 에이엔엠티, 엑사테크, 연세대학교 인체에너지변환 융합파이오니어 연구단, 우원테크놀  
 러지, 주식회사 나우, (주)에스이테크, (주)이디앤씨, 지멤스, 지앤피테크놀로지(주), (주)케이원솔루션, (주)팜토사이언스,  
 프리엠텍, (주)플리어시스템코리아, 한국과학기술연구원 마이크로나노팹센터, 한국기계연구원 자원절약형 고종횡비  
 형상 공정기술 기반구축센터 한국이브이그룹 유한회사, 한국전자통신연구원, (주)항소, 현대건설(주), IntelliSense,  
 (주)TUV-SUD KOREA



## 2013년도 제15회 한국 MEMS 학술 대회 일정

날짜	시간	내용	장소
4월 4일 목요일	16:00~18:00	등록	로비(그랜드볼룸앞)
	17:30~19:00	리셉션	로비(그랜드볼룸앞)
4월 5일 금요일	07:30~18:00	등록	로비(그랜드볼룸앞)
	08:00~09:20	구두 발표 FO-1 (Bio/Biomimetic MEMS)	그랜드볼룸 좌장: 김상호, 박재성
	09:20~09:30	휴식	
	09:30~09:50	개회식	그랜드볼룸
	09:50~10:20	초청강연 (Invited talk) 이상훈 (고려대학교)	그랜드볼룸 좌장: 이대식, 최낙원
	10:20~11:30	포스터 발표 FP-1	무궁화룸, 로즈룸, 동백룸 좌장: 임시형, 이정철
	11:30~12:00	특별강연(강관형 교수 추모) 김성재 (서울대학교)	그랜드볼룸 좌장: 서갑양
	12:00~13:20	중식	
	13:20~14:40	구두 발표 FO-2 (Micro Sensors)	그랜드볼룸 좌장: 윤준보, 백창욱
	14:40~15:00	휴식	
	15:00~15:30	초청강연 (Invited talk) 홍병희 (서울대학교)	그랜드볼룸 좌장: 김종백, 박재형
	15:30~16:50	구두발표 FO-3 (Nano/Micro Materials and Fabrication Technology)	그랜드볼룸 좌장: 김준원, 이성호
	16:50~18:00	포스터 발표 FP-2	무궁화룸, 로즈룸, 동백룸 좌장: 정기훈, 지창현
	18:30~20:30	만찬	그랜드볼룸
4월 6일 토요일	07:30~12:00	등록	로비 (그랜드볼룸앞)
	08:00~09:20	구두발표 SO-4 (Optical MEMS, RF MEMS, Power MEMS and Miscellaneous)	그랜드볼룸 좌장: 박재영, 조일주
	09:20~10:30	포스터 SP-3	무궁화룸, 로즈룸, 동백룸 좌장: 박정열, 정석
	10:30~11:50	구두발표 SO-5 (Microfluidics)	그랜드볼룸 좌장: 서태석, 한기호
	11:50~12:00	우수논문 시상 및 폐회	그랜드볼룸

**Micro Sensors**

<b>FP-1-53</b>	<b>금속 나노입자 박막을 이용한 신축성 스트레인 센서 및 인체동작 감지에의 응용</b> 이재환, 양대중, 김상혁, 박인규* 한국과학기술원 기계항공시스템학부 기계공학전공	<b>145</b>
<b>FP-1-54</b>	<b>인체에 삽입 가능한 무선 압력 센서</b> <sup>1</sup> 장철인, <sup>2</sup> 강병주, <sup>2</sup> 박창근 <sup>1</sup> 강지윤, <sup>1</sup> 이수현* <sup>1</sup> 한국과학기술연구원 바이오 마이크로 시스템 연구단, <sup>2</sup> 송실대학교 정보통신전자공학부 지능형 마이크로웨이브 시스템 연구실	<b>147</b>
<b>FP-1-55</b>	<b>국소적 열수 화학 작용을 이용한 산화구리 나노구조물 합성 및 독성 가스 측정</b> <sup>1</sup> Kasyful Fuadi, <sup>1</sup> 양대중, <sup>2</sup> 박종욱, <sup>1</sup> 박인규* <sup>1</sup> 한국과학기술원(KAIST) 기계공학과, <sup>2</sup> 한국과학기술원(KAIST) 신소재공학과	<b>149</b>
<b>FP-1-56</b>	<b>공중부유형 탄소 멤브레인을 포함한 중첩형 전극쌍으로 구성된 고민감도 전기화학 센서 개발</b> 임영진, 허정일, 신흥주* 울산과학기술대학교	<b>151</b>
<b>FP-1-57</b>	<b>전기화학 임피던스 센서 응용을 위한 선택적 산화아연 나노선 성장방법</b> <sup>1</sup> 윤석일, <sup>2</sup> 김진희, <sup>1</sup> 이승기, <sup>2</sup> 배성재, <sup>1</sup> 박재형* <sup>1</sup> 단국대학교 전자전기공학부, <sup>2</sup> 단국대학교 기계공학과	<b>153</b>
<b>FP-1-58</b>	<b>단일세포분석을 위한 이산임피던스분광 세포분석기</b> 한송이, 한기호* 인제대학교 나노공학부	<b>155</b>
<b>FP-1-59</b>	<b>러브파 기반 무선 뉴런 프로브의 전기적 신호 검출 특성 연구</b> 정인기, Chen Fu, 이기근* 아주대학교 전자공학과	<b>157</b>
<b>FP-1-60</b>	<b>충격 시험용 압저항식 High-g 3 축 가속도 센서 개발</b> 정한일, 권대성, 나형주, 이재익, 김종백* 연세대학교 기계공학과	<b>159</b>
<b>FP-1-61</b>	<b>접촉저항 변화를 이용한 스위치타입 마이크로 압력센서 제작 및 특성 평가</b> <sup>1</sup> 정윤진, <sup>2</sup> 박중호, <sup>3</sup> 한윤중 <sup>1</sup> 이동원* <sup>1</sup> 전남대학교 대학원, <sup>2</sup> 한국기계연구원, <sup>3</sup> JCA 몬트룰(주), <sup>1</sup> 전남대학교 기계시스템공학부*	<b>161</b>
<b>FP-1-62</b>	<b>무인 전투기의 실시간 유동 박리측정을 위한 전단 응력 센서의 제작 및 성능평가</b> <sup>1</sup> 서대반, <sup>2</sup> 김용대, <sup>3</sup> 배남호, <sup>1</sup> 권세진* <sup>1</sup> 한국과학기술원 항공우주공학과, <sup>2</sup> 국방과학연구소, <sup>3</sup> 나노종합팹센터	<b>163</b>
<b>FP-1-63</b>	<b>연속적인 용적을 측정에 영향을 미치는 다양한 인자들에 관련된 연구</b> <sup>1</sup> 김명곤, <sup>2</sup> 조혜정 <sup>1,2,3</sup> 양성* <sup>1</sup> 기전공학부, <sup>2</sup> 의료시스템학과, <sup>3</sup> 나노바이오재료전자공학과	<b>165</b>
<b>FP-1-64</b>	<b>전도성 PDMS 를 기반으로 한 유연한 촉각센서 어레이의 제작 및 평가</b> <sup>1</sup> 우수정, <sup>2</sup> 김대곤, <sup>2</sup> 강태준*, <sup>2</sup> 김종만* <sup>1</sup> 부산대학교 나노융합기술학과, <sup>2</sup> 부산대학교 나노메카트로닉스공학과	<b>167</b>
<b>FP-1-65</b>	<b>Anthrax protective antigen 을 측정하는 형광 방법 개발</b> <sup>1</sup> 홍성아, <sup>5</sup> Blake Farrow, <sup>4,5</sup> James R. Heath, <sup>1,2,3</sup> 양성*, <sup>1</sup> 의료시스템공학과, <sup>2</sup> 기전공학부, <sup>3</sup> 나노바이오재료전자공학과, 광주과학기술원, <sup>4</sup> Nanosystem Biology Cancer Center, and <sup>5</sup> Division of Chemistry and Chemical Engineering, California Institute of Technology(Caltech)	<b>169</b>
<b>FP-1-66</b>	<b>공중부유형 카본 나노와이어 기반의 수소센서 개발</b> 허정일, 임영진, 신흥주* 울산과학기술대학교	<b>171</b>
<b>FP-1-67</b>	<b>탄소나노튜브 템플릿을 이용한 C-doped WOx 나노구조물 제작 및 NO<sub>2</sub> 가스 센서로의 응용</b> 백대현, 이경훈, 나형주, 김민욱, 김종백* 연세대학교 기계공학부	<b>173</b>

## 접촉저항 변화를 이용한 스위치타입 마이크로 압력센서 제작 및 특성 평가

<sup>1</sup>정윤진, <sup>2</sup>박중호, <sup>3</sup>한윤중 <sup>1</sup>이동원\*,  
<sup>1</sup>전남대학교 대학원, <sup>2</sup>한국기계연구원, <sup>3</sup>JCA 몬트롤㈜, <sup>1</sup>전남대학교 기계시스템공학부\*,  
 E-mail: mems@jnu.ac.kr

### Fabrication of switch type micro pressure sensor using contact resistance change

<sup>1</sup>Yun-Jin Jeong, <sup>2</sup>Jung-Ho Park, <sup>3</sup>Yun-Jong Han <sup>1</sup>Dong-Weon Lee \*

<sup>1</sup>Graduate of Mechanical Engineering, Chonnam National University,

<sup>2</sup>Korea institute of machinery & materials, <sup>3</sup>JCAMONTROL CO., Ltd,

<sup>1</sup>School of Mechanical System Engineering, Chonnam National University\*

#### Abstract

This paper describes a novel MEMS pressure sensor using resistance change of pressure switch array. It consists of a silicon substrate that has a thin metal-deposited diaphragm and a pressure switch array patterned on Pyrex glass. The microswitch array to measure the change of a pressure is formed by connecting serially a few of electrodes and resistances on a resistor made by indium tin oxide (ITO). The distance between microswitch could be adjusted by simulation, Which makes the sensor output value linear. When the pressure is applied, the change of the contact area due to the diaphragm deformation is converted to sensor output through an electric signal circuit. The change of the electrical resistance between both ends of the ITO resistor is measured using a very simple electrical circuit. The fabricated pressure sensor has high sensitivity of 1680.5mV/V · MPa and dynamic range of 50kPa~350kPa.

Keyword - *Pressure sensor(압력센서), Diaphragm(다이어프램), Switch type(스위치 타입), Indium tin oxide (ITO)*

#### 1. 서론

기체나 액체의 압력을 측정하는 압력센서는 압력에 의해서 탄성 변형되는 다이어프램을 응용한 것이 많고, 이러한 압력센서의 측정 원리로는 금속 다이어프램 표면에 스트레인 게이지를 부착시켜 저항치의 변화를 검출하는 방법, 다이어프램과 다른 전극 사이의 정전용량 변화를 검출하는 방법, 다이어프램과 압저항 게이지를 실리콘으로 일괄 성형하는 방법 등이 있으며, 크게 정전용량형 압력센서와 압저항형 압력센서로 나누어진다.

정전용량형 압력 센서는 온도 특성이 우수하고 소형 및 고감도인 관계로 생체 또는 미압의 영역에서 사용이 적합하다. 또한 압저항형에 비해 고감도이나 전극의 형성 및 외부 회로와의 연결이 복잡하며 응답성이 좋지

못하여 수요가 적다

압저항형 압력센서는 가격대비 성능이 우수하고 소형화, 고성능화 및 대량생산이 가능하다는 장점이 있지만, 인가 압력에 따른 압력감도(32.2~337.5mV/V · MPa)가 낮고, 온도 드리프트의 영향을 크게 받는다.

본 연구는 반도체형 압력센서가 가지는 장점을 활용하면서 기존의 문제점을 극복하기 위한 새로운 방식의 마이크로 압력센서를 제안한다. 압력센서의 구조는 금속박막과 저항체로 구성된 압력스위치 어레이와 압력에 의해 탄성 변형되는 전도성을 갖는 다이어프램으로 구성되며, 압력스위치 어레이와 다이어프램의 접촉에 의한 전기저항 변화를 이용하여 압력을 검출하는 새로운 측정원리를 제안한다. 또한 제작 및 시뮬레이션에 기초한 특성파악을 통해 기존의 반도체형 압력센서를 대체하여 원천기술을 확보할 수 있는 마이크로 압력센서에 관한 것이다

#### 2. 본론

##### 2.1 설계 및 제작

본 연구에서 제안한 접촉저항 변화를 이용한 압력센서의 구조는 그림 1 과 같다. Pyrex glass 는 전도성 박막(ITO) 위에 전극(Au/Cr)들이 직렬로 배열되고 실리콘 웨이퍼는 인가압력에 의해 탄성 변형되는 35 $\mu$ m 두께와 4.2mm x 4.2mm 의 넓이를 갖는 다이어프램이 형성 된다

제작한 압력센서는 스위치 타입의 압력센서로써 이전 등간격으로 배치된 [1] 마이크로 어레이의 간격을 측정하고자 하는 각각의 압력(1.5bar, 2.5bar, 3.5bar)에서 저항 변화가 발생하도록 비등간격으로 조절하여 설계하였다. 측정하고자 하는 압력에서 다이어프램과 마이크로 어레이가 접촉하기 위해 상용유한해석 프로그램인 ANSYS 를 사용하여 각각의 압력에서 다이어프램과 ITO 의 접촉길이를 해석 한 후 마이크로 어레이의 간격을 조절하였다.

압력센서의 제작 공정은 크게 Pyrex glass 부분과 실리콘 웨이퍼 부분으로 나누어진다. Pyrex glass 부분은 두께 525 $\mu$ m 의 Pyrex glass 에 ITO 100nm 를 증착하고 PR 패터닝 후에 ITO etchant 를 이용하여 ITO 패턴을

형성한다. ITO 패턴 위에 Au/Cu Lift-off 를 실시하여 Metal 패터닝을 실시하여 제작을 완료한다.

실리콘 웨이퍼 부분은 두께 300 $\mu\text{m}$  의 실리콘 웨이퍼에 산화막을 형성하고 앞면 PR(Photo resister) 코팅 및 패터닝 처리를 한 후에 BHF 에서 산화막을 패터닝 한다. 이후 웨이퍼 클리닝을 통해서 PR 을 제거한 후 TMAH 에서 실리콘 식각을 실시하여 Pyrex glass 와 다이어프램과의 gap(30 $\mu\text{m}$ )을 형성한다. 실리콘 앞면에 금속박막(Au/Cu)를 증착 한 후 Lift-off 를 실시하여 전도성을 갖는 다이어프램을 형성한다. 이후 실리콘 웨이퍼 뒷면에 같은 공정을 실시하여 다이어프램의 두께가 35 $\mu\text{m}$  가 되도록 뒷면 실리콘을 식각한다 제작된 Pyrex glass 와 실리콘 웨이퍼는 양극접합을 통해서 결합시켰다. 그림 2 는 제작된 압력센서의 Pyrex glass 와 Si wafer 이미지 이다.

## 2.2 특성 평가

인가압력에 따른 저항 변화를 측정하기 위해 소스미터(Keithely, Model 2400)를 이용하여 일정한 전류(0.1mA)를 인가한 후 인가압력에 따른 압력센서의 저항 변화를 측정하였다. 그림 3 는 인가 압력에 따른 저항변화를 측정한 결과이다. 저항 변화를 측정한 결과 인가압력 0.5bar 미만에서는 압력을 인가하여도 다이어프램과 마이크로 어레이가 접촉하지 않으므로 저항의 변화는 발생하지 않았으며, 1.3bar, 2.2bar, 3.5bar 에서 각각의 마이크로 어레이가 접촉하여 저항 변화가 발생한다. 그림 4 는 인가 압력에 따른 다이어프램의 접촉 이미지를 나타낸다. 압력에 따른 저항변화 측정 결과 마이크로 어레이를 이용한 스위치타입 압력센서의 감도는 1680.5mV/V·MPa 로써 실리콘 나노와이어를 이용한 압저항형 압력센서의 감도인 337.5mV/V·MPa [2] 보다 약 4.9 배 높음을 확인하였다.

## 3. 결론

본 논문에서는 탄성 변형되는 전도성 다이어프램과 마이크로 스위치 어레이를 구성하는 금속 박막과의 접촉에 의한 저항 변화를 이용하여 압력을 검출하는 압력센서의 새로운 측정 원리를 제안한다. 탄성 변형되는 전도성 다이어프램은 유한요소프로그램인 ANSYS 를 사용하여 구조를 최적화 하였으며 micromachining process 를 통해서 제작하였다. 마이크로 어레이를 이용한 스위치타입 압력센서는 구조가 간단하고 반도체 공정을 이용하기 때문에 소형화 및 대량생산과 저소비 전력으로 측정이 가능하다. 또한 기존의 압력센서에 비하여 감도(1680.5mV/V·MPa)가 우수하며, 높은 저항값을 가지므로 신호증폭 및 노이즈 제거를 위한 별도의 회로기술이 불필요하다는 장점이있어 반도체형 압력센서로써 이용 가능할 수 있을 것으로 기대된다.

## Acknowledgment

This work supported by the Ministry of Knowledge Economy of Korea(No. 10033377)

## 참고문헌

1. J.H. Park, D.W. Youn, D.W. LEE, S.Y. HAM, and J.D. Jo, "A Study on Micro Pressure Sensor Using Pressure Sensor Using Pressure Switch Array", 대한기계학회 추계학술대회 논문집, 2006
2. J.H. Kim et al., Fabrication of a piezoresistive pressure sensor for enhancing sensitivity using silicon nanowire" Transducers 2009

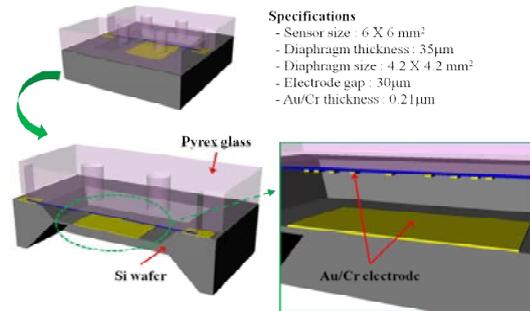


그림. 1 접촉저항 변화를 이용한 압력센서의 계략도.

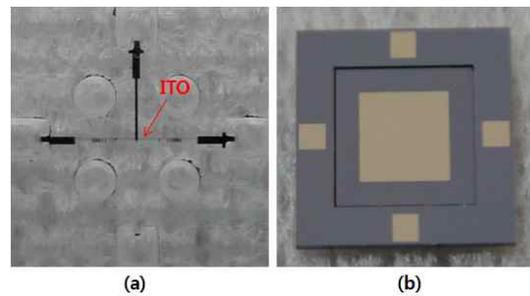


그림. 2 (a)Pyrex glass 이미지 (b)Si wafer 이미지

Pressure (Bar)	Resistance ( $\Omega$ )	Contact length ( $\mu\text{m}$ )
0.4	4800	0
1.3	3146	1160
2.2	2598	1560
3.5	2381	1660

(Original resistance : 4800 $\Omega$ )

그림. 3 압력센서의 인가압력에 따른 저항변화

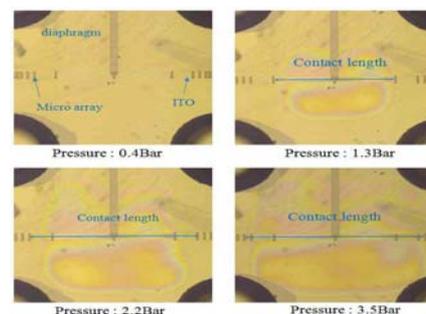


그림. 4 압력센서의 다이어프램 접촉 이미지