

# 압력센서의 기술동향과 최신제품

## The Technology Trend and Newest Product of Pressure Sensor

허정규 · 양경욱  
J. G. Hur and K. U. Yang

### 1. 서 언

센서는 일반적으로 측정 대상물을 감지 또는 측정하여 그 측정량을 전기적인 신호로 변환하는 장치로 물리량이나 화학량의 절대치나 변화, 소리, 빛 전파의 강도를 감지하여 유용한 신호로 변화하는 소자 등을 말한다. 즉 물리량의 변화나 상태를 정확히 검출하여 그 변화량을 알기 위하여 인간이나 기타 장치에 정보를 제공해주는 기구라고 할 수 있다. 센서의 품목범위에는 온도, 이미지, 포토, 압력, 가스, 유량, 거리, 속도, 레벨, 하중, 등 20여 가지이상의 범위가 있지만 그 중에서 압력센서는 세계센서 시장에서 가장 큰 시장을 형성하는 품목이며, 각종 시스템의 압력을 측정하는 센서로써 공업계측, 각종 제어, 의료, 자동차, 전기제품 등 그 용도가 가장 폭 넓게 사용되고 있다.

압력센서는 크게 기계식, 전자식, 반도체식으로 분류되어진다. 기계식의 경우에는 이미 전공정이 양산화되어 어느 정도의 기술력을 확보하고 있지만, 전자식과 반도체식의 경우에는 선진국의 기술이전이나 규제에 인하여 진입이 어려운 현실이다. 이러한 현실에도 불구하고 선진국의 기술동향은 이미 기계식이나 전자식보다 소형, 저가, 고신뢰성, 고감도를 가진 반도체 압력센서에 비중을 두고 개발과 연구를 하고 있으며, 최신 제품을 양산하고 있다.

시장은 이미 기존에 사용하던 기계식, 전자식이 가졌던 가격적인 문제조차도 해결된 소형 크기에 고신뢰성과 고감도를 가진 저가형 반도체 압력센서의 개발이 갈수록 높은 비중을 차지하고 있다. 반도체 집적회로 기술과 마이크로머시닝 공정기술의 눈부신 발전에 힘입어 종래의 크고 비싼 기계식 센서에서 작고 싸면서도 성능이 우수한 실리콘 마이크로 센서로 급속히 대체되고 있다.

마이크로 압력센서는 마이크로머시닝 기술 중 실리콘 미세가공기술을 이용하여 제작된 최초의 마이크로 센서로 선진국에서 1980년대부터 상품화되어 자동차의 MAP(Manifold Absolute Pressure)센서로

서 응용되기 시작하였다. MAP 센서는 현재도 전체 실리콘센서 시장에서 가장 큰 점유율을 보이며, 1990년대부터는 신호처리회로와 센서가 동일 칩 상에 집적되어 저가격화 및 고성능화된 압력센서가 자동차에 적용되고 있다. 향후, 실리콘 마이크로 압력센서에 대한 자동차에서의 수요는 MAP센서 이외에도 타이어압, 브레이크압, 오일압, 에어컨압 등으로 계속 확대 적용될 전망이고 이렇게 되면 자동차 한대 당 적어도 5~8개의 실리콘 압력센서가 필요하게 되므로 막대한 수요가 예상된다.

또한, 압력센서 시장은 의료용 수요로 일회용 혈압계가 가장 큰 시장을 형성하고 있고 환자감시장치, 안과수술, 병원용 침대, 혈액분석, 호흡기류, 신장투석장치, 주입펌프와 약물주입기기, 의료용 드릴장치, 내시경 등에 일부 적용되고 있으며 향후, 그 시장은 더욱 커질 전망이다.

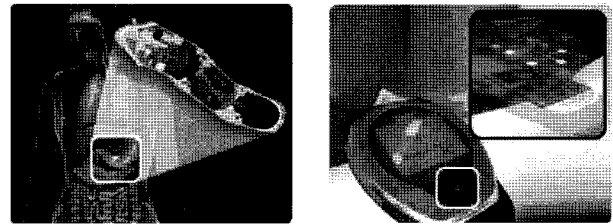


그림 1 캡슐형 내시경 및 마이크로로봇단기

또한, 실리콘 압력센서는 종래의 기계식 센서보다 고정밀도 및 우수한 감도 때문에 산업 계측 분야에서 공기, 가스 혹은 액체의 유량, 유속, 수위, 음향강도, 온도, 가속도 측정용으로 응용되고 있는 추세이고 이외에도 가전용, 군수용, 우주·항공용 등 산업 전 분야에 걸쳐 실리콘 압력센서의 적용이 가속화 될 것으로 예측되고 있다.

마이크로센서는 설계 및 해석기술, 재료기술, 공정기술, 평가기술, 패키징 및 조립 기술을 기초로 다양한 센서 시스템에 응용되며 산업전반에 걸쳐 영향력이 크고 선진국의 기술이전이 어렵고 전량 수입에 의존하고 있다. 현재 국내의 센서기술은 낙

후되어 있고 선진국은 첨단 센서기술에 대한 기술 이전을 기피하고 있어 이에 대한 선진국에 대한 기술 종속이 심화되고 있는 상태이다. 이를 방지하기 위해서는 실리콘 센서의 기초가 되는 마이크로 압력센서 기술 확보는 선결요건으로 알려져 있다.

	자동차용	의료용	산업용
Low Pressure (10~20kPa)	Fuel tank	Drug injection	Air flow Gas pressure Fluid level
Medium Pressure (20~700kPa)	DGR Tire pressure MAP Altimeter Boost pressure	Blood pressure Angioplasty Infusion pump Kidney analysis Intra Uterine	Manometer Pneumatic control Process control Portable gauge
High Pressure (700~3500kPa)	Oil pressure Aircon pressure Brake pressure	Medical instrument	Hydraulic Process control

그림 2 압력범위별 압력센서의 응용분야

본 해설에서는 센서시장에서 가장 큰 시장이라고 할 수 있는 압력센서의 최신제품과 기술동향을 중점적으로 살펴보고 향후 연구 방향에 대한 고찰의 기회가 되고자 한다.

## 2. 시장과 기술동향

### 2.1 시장동향

세계의 압력센서 시장은 반도체 압력센서에 의해 주도되고 있으며 이러한 추세는 계속 될 전망이다. 압력센서의 세계 시장규모는 2006년 현재 약 50억 불로 이중 반도체 압력센서가 전체시장의 40%, 부르동관과 전기식이 각각 15%정도 시장을 점유하였다. 향후에도 반도체 압력센서의 지속적인 성장세가 계속되어 2005년에는 전체 시장의 45%, 2010년에는 50%정도의 점유율을 보일 것으로 예상된다.(그림 3)

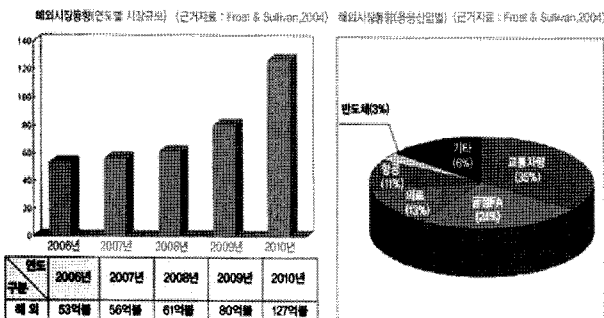


그림 3 해외 압력센서 시장동향

최근에는 마이크로머시닝 기술의 진보로 센서의 가격대비 성능이 크게 향상되었으며 대량생산이 가능하게 되었다. 또한 자동차 분야에는 배기가스나 서스펜션시스템 및 브레이크시스템 등에서 반도체 압력센서가 본격적으로 적용됨에 따라 이 부분의 수요가 크게 증가하고 있다. 의료 기기 분야에 있어서도 약 투여 시스템, 인공심장, 혈압모니터링 시스템 등의 발달로 인하여 마이크로머시닝 기술을 이용한 반도체 압력센서는 다양한 응용 범위를 가질 것으로 기대된다.

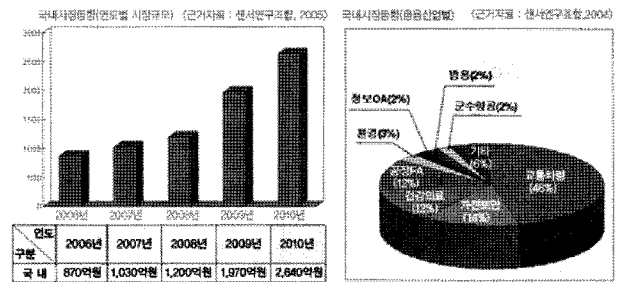


그림 4 국내 압력센서 시장동향

국내의 압력센서 시장은 대부분의 생산업체가 기계식 압력센서에 편중되어 있으며, 2006년에는 약 800억 원 정도의 시장 규모를 보였다. 그러나 전기식은 60%정도, 반도체 압력센서는 거의 전량을 수입에 의존하고 있는 실정이며 일부 업체에서 전기식 및 반도체 압력센서에 대한 국산화를 추진 중에 있다. 압력센서의 국내시장 응용 현황 규모는, 교통 운수 분야가 50%로 가장 많고 공장자동화 27%, 범용 17% 외 예측, 자원, 에너지 분야 등의 순서이다. (그림. 4)

향후의 수요는 자동차, 환경 제어계측 및 의료 기기 분야에서 급격한 수요 증가가 예상되며 주로 반도체 압력센서가 적용될 예정이어서 이 분야의 기술력 확보가 시급한 것으로 판단된다.

### 2.2 기술동향

대부분의 최신 센서는 1마이크론( $\mu$ ) 정도로 매우 소형화 되어 있다.  $1\mu$ 은 백만분의 1m로 인간의 머리카락 굵기가 대략  $80\mu$  정도이므로  $1\mu$ 은 육안으로 식별이 사실상 불가능하다. 이런 초소형화의 마이크론 기술을 적용시킨 것을 일반적으로 MEMS (Micro Electro Mechanical System) 기술로 일컬으며, MEMS 부품이란 수십에서 수백 마이크론 크기의 아주 작은 기계적인 구조물을 마이크론 단위의

정밀도로 가공하고 여기에 전자회로를 결합 또는 집적화시켜 원하는 기능을 수행할 수 있도록 만든 초소형 시스템을 말한다.

MEMS 기술개발의 역사는 불과 20년이 채 안되지만 눈부신 기술 발전이 이루어졌다. 미국의 경우 NSF(National Science Foundation)나 DARPA (Defence Advanced Research Project Agency), NASA, DOE(Department of Energy) 등에서 MEMS 분야의 연구를 지원해 왔다. 이처럼 산학연 간의 긴밀한 공조 하에 체계적인 기술개발이 진행되어 옴에 따라 다양한 MEMS 상품들을 출시하고 있다.

최근 들어 산업계에서 MEMS 분야의 시장성을 높게 평가하여 Intel과 Corning, Honeywell, Xactix, Xerox 등 5개 회사는 MEMS 산업 분야의 교역을 지원할 특별그룹인 'MEMS Industry Group (MEMS-IG)'을 신설하였으며, MEMS 기술의 발달 상황과 시장 정보를 제공하고 있다. 2000년대에 들어서는 바이오, 복지, 광통신, 무선통신용 핵심소자 분야에 집중 투자하고 있다. 한 가지 주목할 만한 점은 캘리포니아주가 MEMS 기술개발의 세계적 클러스터가 되고 있다는 점이다. 캘리포니아주에는 유력 대학이나 대기업도 많지만 풍부한 벤처 캐피탈에 지지를 받은 무수한 벤처 기업이 존재한다. 기술 분야별로 보아도 캘리포니아주는 마이크로 유체, 광스위치, RF 분야 등의 업체 수가 다른 주에 비해 훨씬 많다. 실리콘밸리의 마이크로일렉트로닉스와 바이오테크놀로지, 로스앤젤레스 지구의 국방·항공, 샌디에고의 바이오테크놀로지와 무선통신 관련 기업의 집중이 MEMS의 이노베이션을 견인하고 있다고 할 수 있을 것 같다.

유럽은 미국, 일본에 비해 상대적으로 늦게 출발 하였으나 1994년부터 NEXUS 등과 같은 네트워크를 구축하여 관련 연구 기관과 산업체 간의 정보 교환, 공동 연구 컨소시엄 형성 등을 통해 활발한 연구개발을 진행 중이다. NEXUS 외에도 EC Europractive IST 프로그램의 일환으로 유럽의 8개 MEMS 및 마이크로시스템 R&D 센터를 포함하는 MEMSOI를 형성하고 있다. MEMSOI에서는 유럽 업체들이 새로운 부품을 추진하는 데에 소요되는 개발 시간과 비용을 단축시키기 위해 입증된 마이크로시스템 기술의 네트워크 획득을 촉진시키고 있다.

일본은 1991년 시작된 Micromachine Project (1991~2000년, 10년간 250억 엔 규모)를 계기로 본격적으로 시작하였다. 이 사업은 통상산업성이 주도가 되어 국가적 차원에서 지원이 이루어지고 있으며, 대부분의 연구개발 자금은 MMC(Micro Machine Center)를 통해 주요 기업체의 기술개발 활동에 집중 투자되고 있다. 미국에서의 MEMS 연구를 반도체 공정을 이용한 Lithography-based MEMS로 정의할 수 있다면 일본의 경우는 이것에 더하여 Mechatronics가 가미된 마이크로머신으로 정의하여 MEMS 개발을 추진하고 있다. 또한 미국의 경우 대학과 연구소를 중심으로 기술이 발전하여 수많은 벤처기업으로 발전하는 양상을 보이는 반면, 일본의 경우 기술 발전에 기업이 증추적인 역할을 하고 있다는 점이다.

국내의 경우 기술 선진국에 비해 저변이 낮고 연구 인력도 부족한 상황이었으나 80년대 후반에 대학 중심으로 MEMS 분야의 연구가 시작되었으므로, 시기적으로 큰 격차가 나지 않는다고 볼 수 있

표 1 마이크로 압력센서 현황

국가	대표업체	응용분야
미국	GE Nova Sensor, EG&G IC Sensym, Foxboro/ICT, Endevco, Sentir, Kulite Semiconductor, Motorola, Rosemount, Dressor Industry 등	의료/산업용
	Ford, Delphi, Motorola 등	자동차
	Honeywell 등	우주항공
	Integrated Sensor Solution, MCA Technology 등	신호처리용 ASIC칩 생산
	Atoms Technology, Crossbow 등	센서모듈 및 시스템개발
일본	Fuji Electric, Nippon Denso, Hitachi, Toyota Motor, NEC 등	자동차
	Copal, Fujikura, Toshiba, Yokogawa 등	산업/의료용
유럽	Bosch, Siemens, SensoNor, Philips, Microtel, Xensor Integration Druck, Keller, Vaisala 등	자동차/산업용
한국	삼성전자, LG전자, 올센서, 코닉스, KEC, 맨텍, 오토닉스, 카스 등	자동차/산업용

다. 이후 1995년 정통부의 선도 기술개발 사업을 통해 초소형 정밀기계 기술개발을 체계적으로 수행하기 시작하였고, 과기부의 프론티어 연구개발 사업의 일환으로 2000년부터 10년간 지능형 마이크로시스템 과제를 통해 체내 자율 주행 내시경과 극소형 마이크로 PDA 개발에 약 2,000억 원의 연구비를 투입하는 등 다양한 국책 프로그램을 통해 MEMS 기술개발이 활성화되고 있는 추세이다. 산업계에서는 삼성전자와 LG전자가 주요 연구 개발을 하고 있으며, 여러 중소기업에서도 MEMS 센서류 등을 개발 및 상용화하고 있는 단계에 있다.

우리나라는 세계 최고 수준의 반도체 기술과 통신 기술 및 시장을 확보하고 있다. 또한 국가 핵심 산업 분야인 자동차, 정보통신, 바이오/환경, 가전 등의 육성 전략에 따라 반도체 기반 기술을 Nano/MEMS 기술과 접합 시 우수한 시너지 효과가 나타날 가능성이 매우 높다. 그러나 아직 원천 기술 및 개발 기술의 산업화 연결 체계가 미흡하고, 인프라 부족과 MEMS 분야 산업 구조가 영세한 단점을 극복해야 하는 과제가 있다.

### 3. 압력센서의 종류와 최신제품

최근에는 반도체 기술과 마이크로머시닝 기술의 발전으로 보다 소형화되고 복합화된 다기능의 스마트 센서에 대한 관심이 높아짐에 따라 현재 센서시장에서 개발된 최신 압력센서의 종류 및 특성을 살펴보고자 하자.

#### 3.1 기계식 압력센서

대표적인 기계식 압력센서는 부르동관(bourdon tube), 다이어프램(diaphragm), 벨로우즈(bellows)이다. 그 중에서도 탄성식의 부르동관은 현재 가장 많이 사용되고 있는 것으로 단면이 원상 또는 평면상의 금속 파이프이고 개방된 고정단으로부터 측정압력을 도입하면 다른 밀폐된 관의 선단이 이동하는 원리를 이용하고 있다. 이 관선 이동량은 관내의 압력 크기에 비례하므로, 이동량은 기계적으로 확대된 압력을 지시한다. 다음으로 많이 사용되고 있는 것이 다이어프램과 벨로우즈로 전자는 압력차에 비례한 원판의 휨 정도로, 후자는 원통 내부와 외부의 압력차에 의해 주름상자가 신축하여 그 변위량이 압력차에 비례하는 것으로부터 각각 압력을 측정한다.

#### 3.2 전자식 압력센서

전자식 압력센서의 대부분은 기계적인 변위를 전기신호로 변환하는 부분이 기계식과 다를 뿐 기본적으로는 기계식과 동일하다. 용량형 압력센서는 2개의 물체(전극)간의 정전용량 변화로부터 그 사이의 변위를 측정하는 방법을 기본적으로 이용한다. 그림 5는 국내의 코닉스사가 개발한 전자식 압력센서로써 Stainless Steel Diaphragm을 사용하여 고정도, 고신뢰성을 가지고 있다.

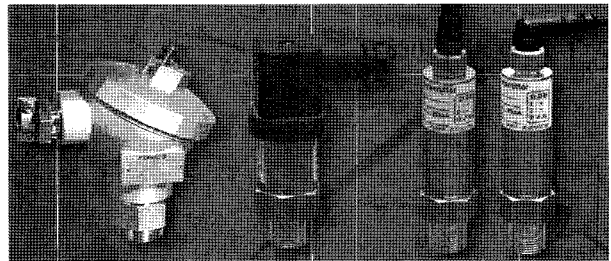


그림 5 전자식 압력센서 TPS Series(코닉스)

이 외에도 스트레인게이지를 이용한 압저항형, 유기 또는 무기압전소자를 이용한 압전형 그리고 LVDT·인덕티브타입의 코일형이 있으며 최근에는 초고온의 환경이나 원격감 등의 목적으로 광섬유나 광격로차를 이용한 광학형 압력센서가 개발되어 사용되고 있다. 이 중에서도 스트레인게이지를 이용한 압저항형 센서가 성능이나 가격 면에서 우위를 점하고 있어 가장 많이 사용되고 있다.

#### 3.3 반도체식 압력센서

반도체 압력센서는 최근에 실용화가 가속되고 있는 센서로 크리프 현상이 없고 직선성이 우수하며 소형·경량으로 진동에도 매우 강한 것이 특징이다. 또한, 기계식보다 고감도, 고신뢰성을 가짐으로써 양산성이 좋다. 이것은 압력을 응력으로 변환하는 다이어프램과 다이어프램에서 발생하는 응력을 전기신호로 변환하는 두 부분으로 구성되어 있다. 다이어프램은 단결정 실리콘을 화학적으로 에칭(etching)하여 형성하며, 다이어프램에서 발생하는 응력을 전기적인 신호로 변환하는 방법으로 진동자의 고유진동수 변화와 표면탄성파를 이용하는 것도 있으나, 주로 압저항식과 정전용량식의 두 종류가 가장 많이 사용되고 있다. 이중 압저항식은 저항 확산식 또는 확산식이라고도 하는데 압저항소자를 형성시킬 때에 반도체의 불순물 확산공정이 이용되기 때문이다. 그림 6은 Bosch사에서 개발한 압저항 방

식을 기초로 한 압력센서 SMD500 센서이다. 이것은 초저전력, 저전압으로 핸드폰, PDA나 GPS에 사용된다. 그림 7은 국내의 맨텍에서 개발한 압저항형 반도체 압력센서이다.

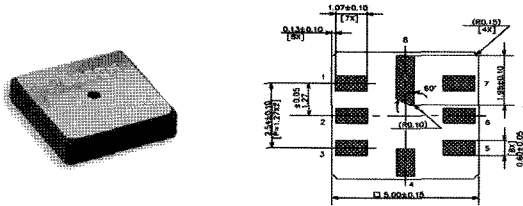


그림 6 압저항형 압력센서 (bosch사)

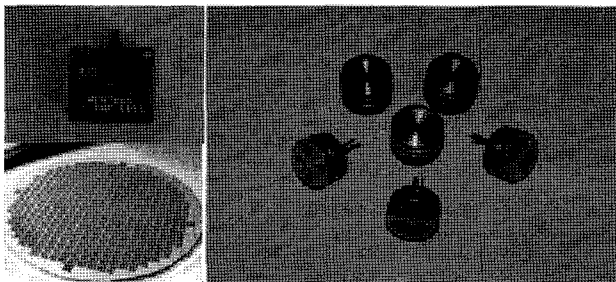


그림 7 압저항형 반도체 압력센서(맨텍)

정전용량식은 서로 마주보고 있는 전극판의 간격을 외부로부터의 응력에 의하여 변화시키면 전극간의 정전용량이 변화한다. 이 정전용량 변화를 전기신호로 변환시키면 응력이 검출된다. 정전용량식은 압저항식에 비해 고감도이나 전극의 형성, 외부회로와의 연결이 복잡한 구조로 되어 있고 응답성이 떨어져 수요는 적다. 그러나 온도 특성이 우수하고 소형이며 고감도인 관계로 생체 등 미압의 영역에서 사용할 때는 이점이 많다.

이 외에도 다결정실리콘 압력센서는 변형 게이지가 다결정 Si박막으로 되어있고 다이어프램이 금속 위에 만들어져 있어서 측정압력의 범위를 확대시킬 수 있다. 또 고온과 부식성 분위기 등의 약환경하에서도 사용할 수 있는 SOS(Silicon On Sapphire) 압력센서가 있다. 이것은 사파이어 기판 위에 실리콘 박막을 에피택셜 성장시켜, 이 SOS막을 검출소자로 이용하는 센서이다. 그림. 8은 정전용량식 압력센서의 일반적인 구조이다.

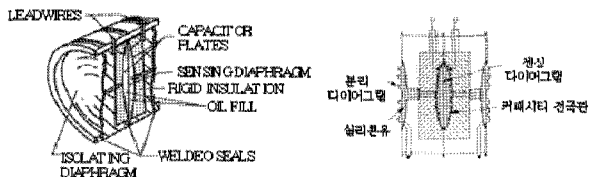


그림 8 정전용량식 압력센서 구조

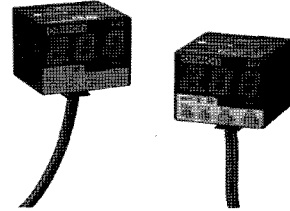


그림 9 정전용량식 압력센서(ORMON)

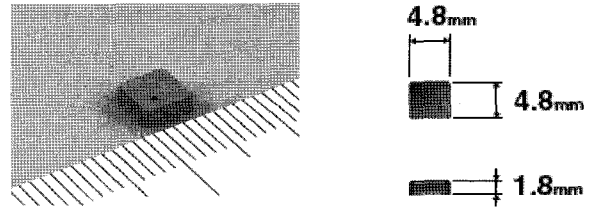


그림 10 절대압 감지용 정전용량타입 압력센서(HSPC)

최근 ORMON은 그림 9와 같이 정전용량형 압력센서로 시인성을 향상시킨 디지털 표시부착 미압용 압력센서를 개발하였다. 또한 일본의 알프스전기는 다년간에 걸쳐 개발한 박막 프로세스 기술과 정밀가공 기술, 패키지 기술 등을 이용함으로써 업계 최소 규격(세로 4.8mm x 가로 4.8mm x 높이 1.8mm)의 박막형 정전용량타입 압력센서를 실현하는데 성공했다. 이것은 절대압 감지용 정전용량타입 압력센서(HSPC)로써 정전용량의 변화를 이용해 공기압과 혈압 외에 기타 압력을 감지한다. 압력에 변화가 생기면 다이어프램인 가동(可動)전극에 부착된 막이 휘어 고정전극 간의 정전용량이 변화하고, 그 변화량을 전기신호로 변환하는 것이 이 제품의 압력감지 방식이다.

### 3.4 반도체식 압력센서

1961년 실리콘 압력센서가 처음 시연된 이후 Honeywell 사에서 센서와 신호처리부가 집적화된 실리콘 압력센서를 1983년에 처음으로 출시하였다. 그 후 1988년에 Nova Sensor 사에서는 웨이퍼 접합 기술을 이용하여 일괄처리공정(batch process)에 의한 압력센서를 처음으로 생산하였다. 우리나라에서는 2002년에 신호처리회로가 집적화된 자동차 흡기압(MAP) 압력센서의 양산체제가 산업체에서 처음으로 구축되었다. 그림 11은 실리콘 압력센서의 단면 사진과 Freescale의 MPXY8000 Series 센서이다. 이 센서 칩의 크기는 0.65×0.65mm로서 150mm

웨이퍼 한 장에 24,000개의 센서 칩을 만들 수 있으며 공기압과 온도를 동시에 측정할 수 있다. 압력 측정용 실리콘 압력센서 혹은 압전형 실리콘 센서로 일컬어지는 이 센서는 계장설비 및 기계제작 그리고 자동화, 생산공정제어와 환경 모니터링에 적합한 센서로서, 진동과 내맥동이 심한 환경에서 높은 특성을 보여준다. 이 센서는  $-40^{\circ} \sim 125^{\circ}$  사이의 온도에서 액체 및 가스 등의 매체들을  $0.1350\text{kg}_f/\text{cm}^2$ 의 압력 범위에서 압력 측정에 사용되며, 이 센서의 특징으로서 높은 직선성과 주파수 범위, 영향을 받지 않는 히스테리시스(hysteresis) 등으로 고정밀 측정에 적합한 센서이다. 실리콘 압력센서는 외부에서 압력이 가해져 생기는 압저항 효과(piezoresistive effect)에 의해 응용 반도체에 압력이 인가되면 저항값이 변하는 현상을 이용한다.

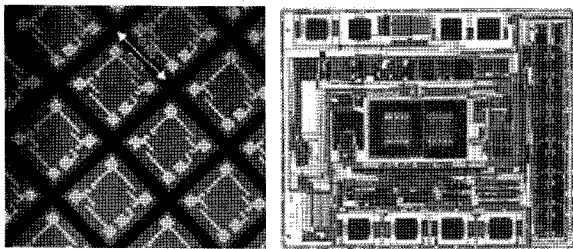


그림 11 실리콘 압력센서 단면과 MPXY8000 Series(Freescale)

압전현상이란 어떤 종류의 결정판에 일정한 방향에서 압력을 가하면 그 외력에 비례해서 양전 또는 음전하기 때문에 나타나는 현상이다. 압전현상은 1880년에 피에르와 폴 자크 퀴리 형제에 의해 발견되었다. 그들은 석영, 전기석, 로셀염과 같은 결정에 어떤 결정축을 따라 압력을 가하면 결정의 표면에 전압이 생기는 것을 관측하였다. 다음해에도 그들은 전류를 가하면 그 결정들의 길이가 늘어나는 역효과도 관측하였다. 일반적으로 한 장의 결정판에 의한 압전기는 극히 미약하지만 금속박을 삽입하여 익서를 여러장 겹치면 그 전기량을 충분히 측정할 수 있게 된다. 이를 압전 효과라 하는데 이를 이용하면 기계적인 변형을 전기적으로 꺼낼 수 있어 마이크로폰이나 전축용 픽업 등에 이용할 수 있게 된다. 여기에는 압전율이 큰 로셀염의 결정을 많이 쓰게 된다. 간단히 말해서 일정한 방향의 압력을 어떤 종류의 결정판에 가하면 그 압력에 비례하여 양전하 또는 음전하가 발생하게 되는 것이다.

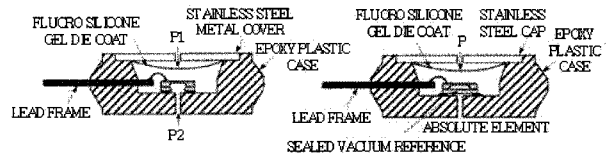


그림 12 실리콘 압력센서

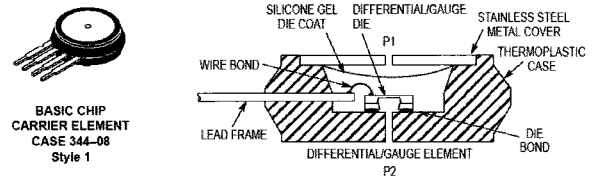


그림 13 실리콘 압력센서 MAX700 Series (Motorola)

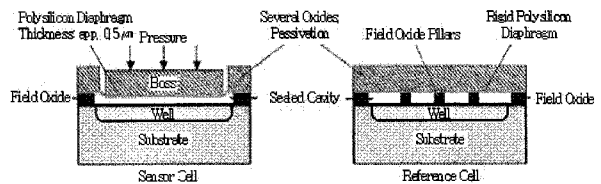


그림 14 정전용량형 실리콘 압력센서

그림 12와 그림 14는 실리콘 압력센서와 정전용량형 실리콘 압력센서에 관한 예이다.

그림 12는 일반적인 실리콘 압력센서의 기본 구조로써 P1부분은 유리 기판에 압력을 도입하는 큰 홀(hole)이 만들어지는 반면, P2부분에서는 실리콘 기판과 유리기판 사이를 진공으로 밀봉한다. 그림 13은 Motorola의 MAX700 Series Model이다.

그림 14는 정전용량형 실리콘 압력센서의 블록 구조이다. 압력을 감지하는 정전용량형 센서는 하부 전극과 폴리실리콘 다이어프램 사이에 형성된다. 압력이 가해지면 탄성체인 폴리실리콘 멤브레인이 휘어져 정전용량이 변하게 되는 원리를 이용한다. 높은 분해능을 갖는 센서를 구현하기 위해 거의 동일한 용량을 갖는 기준 셀(reference cell)을 다수(14개)의 셀에 어레이 구조로 설계하여 센싱 감도와 SNR(Signal to Noise Ratio)을 개선시킬 수 있다.

그림 15와 16은 Infineon사와 Ormon사의 압저항형 실리콘 압력센서로써 특히 Infineon사의 P-DSOF Series는 실리콘 젤 코팅이 되어 있으며 하우징 내에 온도보상 회로를 포함하고 Low Cost Plastic 8-pin SMD 패키지로 되어 있다.



그림 15 압저항형 실리콘 압력센서(Infineon)

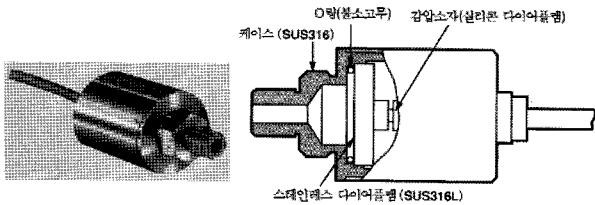


그림 16 실리콘 다이어프램 압력센서 E8AA Series(Ormon)

AST사는 고온상에서 미소가공된 반도체 스트레인 게이지를 무기화합적으로 접착시키기 위해 AST에서 개발한 확산처리 기술인 Krystal Bond Technology를 이용하여 한정된 영역에서 압력 측정 기능을 가진 Model AST4800 초소형 스테인레스 스틸 압력센서를 개발하였다.(그림 17) 2인치 미만의 총길이와 0.7인치의 직경을 가진 AST4800은 수력 시스템, 검사대, HVAC/R, 패널 제조기, 차량, 산업 및 농업용 장비 등 광범위한 용도에 사용할 수 있다. 또한 실리콘 오일, 용접 또는 O링의 영향을 받지 않는 한 조각의 스테인레스 스틸 감지 요소를 갖추고 있어서 외부 매체로부터의 오염 기회가 없고 다양한 범위의 액체와 가스에 고도로 공존할 수 있으며 <1ms의 응답 시간을 가진 고강도 스테인레스 스틸 구조를 특징으로 한다.

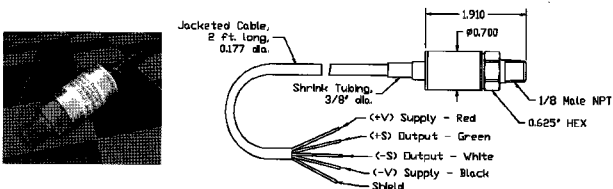


그림 17 Stainless Steel Pressure Sensor (AST)

일본의 나가노계기(長野計器)는 압력을 느끼는 부위에 금속 글래스 재료를 이용하여 소형화 및 고감도화를 실현한 새로운 방식의 압력센서를 개발하여 실용화 한다고 밝혔다. 소형 제작이 가능하기 때문에 이전에는 장착할 수 없었던 소형 유압 시스템이나 로봇, 그 밖의 프로세스 계측 제어 및 유압 계측 제어, 자동차 연료 분사 압력 제어, 브레이크 압력

제어 등의 분야에서 사용 가능할 전망이다. 금속 글래스 재료는 유리와 같은 비정질 구조로 입계가 존재하지 않기 때문에 종전에 사용하던 결정질 금속 합금에 비해 탄성이나 강도, 내식성이 좋은 것이 특징이다. 유리와 마찬가지로 고온에서 용이하게 변형이 가능하여 주조 등에 의해 정밀 가공이 가능하다. 따라서 압력센서의 감압 부분에 적합한 금속 글래스 재료와 그 형성 가공 방법이 새로 개발하여 금속 글래스 재료의 종류로 고감도용과 고내압용을 나누어 각각 지르코늄계와 니켈계 재료를 사용하였다. 이들 재료의 전사 특성을 이용하여 직경이 5mm인 종전 제품보다 작은 소형 압력센서를 제작한 것이다. 또한 가공 방법으로는 금속 글래스 재료에 적합한 박막 스트레인 게이지 증착 방법과 결합 부품용 결합 방법이 새로 개발, 적용됨으로써 종래에 비해 4배의 고감도와 2배 이상의 고내압 특성이 실현되었다. 그림 18은 이번에 나가노계기가 개발한 압력센서이다.

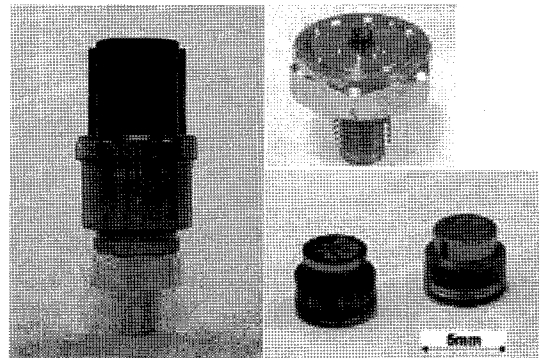


그림 18 금속 글래스 압력센서(長野計器)

의학용으로 사용되는 압력센서는 규정이 매우 까다로워 만들기 어렵다. 크기는 수뇨관에 들어갈 만큼 초소형이어야 하고, 일부 생체의 압력을 측정하는 경우에는 인간의 생명과 직결되는 중요한 것이기 때문에 근처에 있는 수술장비나 진단장비로부터 발생하는 전자기간섭을 받아도 정확한 측정이 가능해야 한다. 이러한 센서들은 사용 후에는 버릴 수 있을 정도로 가격이 저렴해야 한다.

FTI(Fiso Technologies Inc.)는 이러한 요구들을 충족시킬 수 있는 광섬유 압력센서 FOP(Fiber Optic Pressure)시리즈를 개발하였다.(그림 19) FOP이라고 불리는 새로운 압력센서는 자궁내나 두개골이나 혈액의 압력을 모니터링하는 것을 포함, 삽입하여 압력을 측정하는 많은 의학용으로 사용되고 있다. 그 중에 FOP-M 압력센서는 센서와 케이블의

지름두께가 각각 0.55mm와 0.25mm이고 일반적인 얇고 긴관 내에 쉽게 장착할 수 있고, 측정오차도 1mmHg 이내로 매우 정확하지만, 가격은 약 15달러에 불과하다. 기존의 광섬유 센서와 유사하게 백색광 간섭계의 원리를 이용한 것으로, 압력에 따라서 마주보는 두 거울사이의 공간거리가 변하도록 만들어진 Fabry-Perot 간섭계로 만들어진다. 압력에 따라 공간사이의 거리 변화는 두 거울사이를 반사하는 광대역 빛의 고유 파장거리로 변조된다.

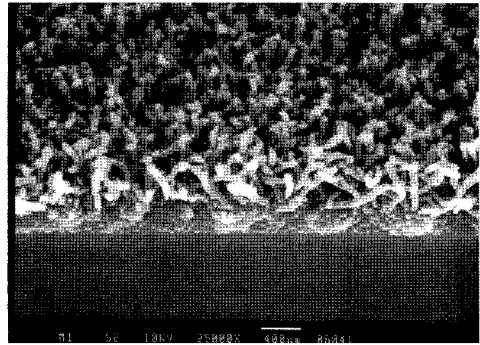


그림 20 탄소나노튜브(CNT)

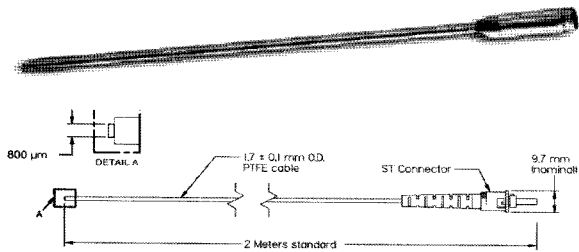


그림 19 광섬유 압력센서 FOP Series(FTI)

FTI는 자사의 특허기술을 사용해서 고유 파장거리와 거울사이 거리의 상호관계를 알아내어 이를 이용해서 압력을 산출한다. 거울사이의 거리와 신호는 선형관계를 가지고 있어 복잡한 보정절차가 불필요하며, 압력신호를 광신호로 전송하기 때문에 주위의 다른 의료장비로부터 생성되는 EMI(Electro-Magnetic Interference)나 RFI(Radio Frequency Interference)로부터 센서를 보호할 수 있다. 또한 케이블의 휘어도 정확도에는 영향을 주지 않는 장점이 있다.

우리나라의 한국표준과학연구소에서는 탄소나노튜브의 전계방출 효과를 이용한 압력센서를 개발하는데 성공했다. 이 장치의 개발로 극고진공 상태에서도 측정이 가능한 장비 개발이 이루어질 전망이다. 이것은 나노기술을 이용한 새로운 첨단센서로 소형이며, 기존의 열방출이 아닌 탄소나노튜브의 전계효과를 이용한 청정 센서이다. 또한 기존의 게이지보다 넓은 범위의 측정 능력을 갖고 있어 향후 새로운 센서로서의 가능성을 제시하였다.

탄소나노튜브 압력센서란 반도체공정에서 발생하는 가스의 상태를 측정하기 위한 필수장치로 전자방출원을 탄소나노튜브로 대체한 것이다. 기존의 필라멘트를 이용한 압력센서의 경우, 가열을 통한 전자방출방식이었기 때문에 과도한 전력소모 및 x-ray, 열, 빛 등이 발생할 뿐만 아니라, 반도체 공정 환경을 변화시켜 문제점으로 지적되어 왔다.

그림 20에서 보는 바와 같이 탄소나노튜브(CNT)는 전기 전도도가 구리와 비슷하고, 열전도율과 강도, 전계방출효과(Field Emission Effect) 등이 뛰어나 다양한 분야에서 활용하고 있다. 최근에는 탄소나노튜브의 전계방출효과를 이용한 차세대 평판 디스플레이(FED)의 응용 연구가 활발히 진행 중이다. 이 원천기술은 현재 국내 특허를 획득하였으며, 미국 특허를 준비 중이다. 이것은 세계 시장에서 경쟁력이 취약했던 국내 압력측정 관련 산업의 세계 시장 선도가 가능하게 만든 것이다.

현재 진공게이지의 연간 시장규모는 국내가 260억이며 해외 시장을 포함 할 경우 1조 3천억 원 이상이다. 이 중 이온게이지가 차지하는 시장규모는 국내외를 포함하여 천억 원 이상으로 추산되며, 필라멘트를 이용한 압력센서가 대부분을 차지하고 있다. 하지만 기존 장치의 문제점을 보완한 탄소나노튜브 압력센서가 상용화 될 경우, 국내 이온게이지 시장뿐만 아니라 해외시장 선점도 가능해 큰 경제적 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

#### 4. 결 언

1960년대 센서라는 용어가 처음 등장한 이후로 해마다 시장규모는 커지고 있고, 가장 규모가 큰 것은 압력센서이다. 센서를 포함한 unit나 module을 포함하면 시장은 더 클 것이다.

최근에는 반도체 기술과 마이크로머시닝 기술의 발전으로부터 소형화되고 복합화된 다기능의 스마트 센서에 대한 관심이 커지고 있다. 또한, MEMS 분야에 있어서도 압력센서는 기본적인 필수적인 센서이다. MEMS 기술의 비약적인 발전에 힘입어 실리콘 마이크로 압력센서는 산업전반에 걸쳐 그 응용분야 및 수요를 끊임없이 확대해왔으며, Digital trimming 기술과 Mixed-CMOS 기술을 적용함으로



써 스마트화가 가속화되고 있다.

따라서 차세대 압력센서는 꾸준히 Digital trimming, Serial Communication, DSP(Digital Signal Processing), Microprocessor 등의 기능을 포함하는 스마트 센서로 발전되고 있고 더욱 가속화 될 것이다.

최근의 반도체 산업의 성장은 압력센서의 스마트화에 있어 급격한 지수 함수적인 집적도의 향상에 영향을 주고 있으며, 그 결과 대형의 고가 시스템들이 점차 작고 더 우수한 성능의 저가 집적회로로 대체되고 있다. 앞으로 반도체 산업은 순수한 집적도 증가보다는 다기능화의 방향으로 발전할 것이 분명하다. 따라서 국산 압력센서가 경쟁력을 확보하기 위해서는 센서 칩의 대량생산 기술의 확보와 더불어 센서의 스마트화에 있어서도 기술개발을 더욱 매진해야 할 것이라 사료된다.

### 참고문헌

- 1) 한국센서연구조합 통계자료, 2003.
- 2) 최시영, 김우정, "센서의 기술동향과 적용사례, 반도체압력센서의 활용", 2003.
- 3) 사인규, "센서산업의 국내외 동향 및 기술전망", 2005.
- 4) 최시영, "압력센서", 센서기술연구소, 2001.
- 5) 임희정, "힘센서가 응용된 압력센서의 적용사례", 센덴코리아, 2006.
- 6) "차세대 마이크로 압력센서 시스템 기술개발 과제보고서-스마트 압력센서 기술개발", 과학기술부, 2005.
- 7) "Brazk's Forcast Commercial MENS Market Sensor", Business News, 1995.
- 8) 문선중, "센서산업의 최신동향 및 기술전망", (주)오토닉스, 2004.

- 9) T. KOHLER, S. MIETKE, J. ILGNER and M. WERNER, "Markets for Microsystems and Electronics in Automotive Applications," Sensors Update, Vol.9(1), pp.357~388, 2001.
- 10) 손종구, 권영일, 구영덕, "자동차용 센서(Sensor for Vehicles)," 기술산업정보 분석, 2003.
- 11) 박효덕, "차량용 MEMS 센서 개발 연구회," 산업자원부, 2005.
- 12) 주병권, "자동차용 센서 기술 분석- MEMS 적용분야를 중심으로," 전자정보센터(EIC), 2001.
- 13) 조용호, "MEMS 2003 상용화 측면 및 최신 연구개발 동향," 전자정보센터(EIC), 2003.

### [저자 소개]



양경욱(책임저자)

E-mail : yangku@chonnam.ac.kr

Tel : 061-659-3134

1968년 3월 26일생

1997년 부경대학교 제어기계공학과 박사과정 졸업, 1998년~현재 전남대학교 수산해양대학 해양기술학부 부교수, 유공압시스템학회, 대한기계학회 회원, 공학박사

### [저자 소개]



허정규

E-mail : gyu72@hanmail.net

Tel : 061-659-3130

1972년 5월 6일생

2007년 전남대학교 대학원 동력시스템공학과 박사과정