

MEMS 기술을 이용한 감지 및 제어기의 기술동향

박세광*, 김태송**

(*경북대 전자전기공학부 교수, **한국과학기술연구원 마이크로시스템 연구센터 책임연구원)

1. 서론

최근 많은 전자소자 및 진기소자들이 초소형, 경량, 저가, 대량생산, 및 제작이 쉽다는 이유로 MEMS(Micro ElectroMechanical System) 기술을 활용하고 있다. 특히 현재까지 기존의 방식에 의하여 제작하기 어려웠던 고성능 소자 제작 기술을 초소형으로 대량생산 가능한 방법을 제시하고 있기 때문에 많은 각광을 받고 있다. 외국에서는 1960년대 이후로 감지 제어기술분야에서 시작하여 마이크로 스위치, 펌프, 릴레이등 많은 연구가 수행되고 있었으나, 국내에서는 1980년대 이후부터 MEMS 기술분야에 대한 투자가 이루어지고, 1990년대 이후에 많은 관심을 갖게 되었고, MEMS 기술은 현재까지 많이 연구하여 온 감지 및 제어 분야뿐만 아니라 액츄에이터를 포함하여 Bio-MEMS, 정보통신용 MEMS 소자, 항공 및 우주용 MEMS 소자, 군용으로 많은 연구를 기울이고 있어 향후 많은 발전이 있을 것으로 전망된다. 특히 Bi-MEMS 및 정보통신용 MEMS 기술은 뉴프론티어 사업등 정부와 산업체, 연구소 및 대학등 각 분야에서 많은 관심을 갖고 있다. 또한 기존의 기술로 불가능하였던 초소형 비행체와 온도, 습도, 방사능등 외부환경의 영향을 극복하면서 높은 동작 특성이 요구되는 군용/항공 우주용등 특수 목적 분야에 활용할 수 있는 MEMS 기술에 대하여 많은 연구를 하고 있다. MEMS 기술을 이용한 감지 및 제어소자는 압력센서를 비롯하여, 유속/유량센서, 가속도/진동센서, 온도/습도센서, 스트레인 센서 및 적외선센서 등 물리센서 분야와 이온센서, 가스센서, pH센서 등의 화학센서가 있다. 과거의 감지기술은 간단한 기본적인 원리에 따라서 기계적인 구조를 형성하여 제작한 것이 대부분이며, 현재는 소형, 경량, 고성능 및 제작의 용이성을 앞세워 MEMS 기술을 이용한 감지 센서의 제작으로 그 방향이 바뀌고 있다.

이 글에서는 물리센서 분야에 대한 최근 MEMS 기술 개발 동향에 대하여 논하고자 한다.

2. MEMS 기술을 이용한 반도체 센서의 국내외 기술 현황

2.1 압력센서

압력센서는 최근 급속히 발전하고 있는 마이크로머시닝 기술에 힘입어 2~3mm² 이하의 크기로 센서를 대량 생산함으로써 가격이 저렴하고, 소형화를 추구할 수 있어 의공학용, 자동차, 산업용 로봇, 가전제품용등 그 사용 영역이 더욱 확대되고 있다. MEMS 기술을 이용한 반도체 압력센서는 용량형과 압저항형의 두 가지 형태가 주류를 이루고 있다. 용량형 압력센서의 기본은 그림 1과 같이 얇은 단결정 또는 다결정 실리콘 박막으로 구성되어 있으며, 차폐된 구조 내에 2개의 전극이 존재하며 이 전극사이의 정전용량이 박막에 가해진 스트레스에 따라서 변화하는 원리를 이용한 것이다. 용량형 압력센서는 300°C의 온도에서도 hysteresis에 거의 무관하게 동작이 가능하지만, 높은 비직선성과, 센서 출력선의 커패시턴스 성분, 외부 노이즈 등의 영향이 상대적으로 크다는 단점이 있다. 압저항형 압력센서는 재질에 따라 분류하면 단결정 재질에 의한 압력센서는 압력에 대한 감도가 높은 반면 온도 의존성도 커서 온도보상회로가

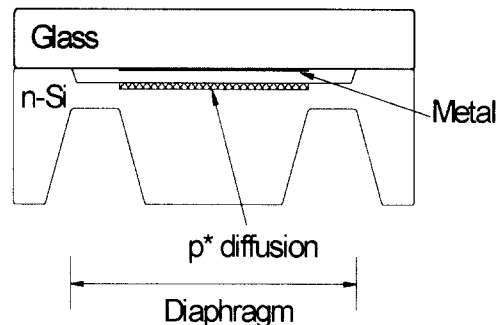


그림 1. 용량형 반도체 압력센서.

필요로 하게 된다. 이에 반해 폴리실리콘 재질을 이용한 반도체 압력센서는 저항의 온도계수가 낮아 넓은 온도 범위에서도 압력을 측정할 수 있다는 장점을 갖기도 한다. 압저항형 압력센서는 그림 2에서 보는바와 같이 실리콘을 박막 형태로 제작하고 박막상에 위치한 압저항체가 인가된 압력에 따라서 저항값이 변화하는 원리를 이용한 것으로 4개의 압저항체를 휘스톤 브릿지 형태로 구성하여 제작한다.

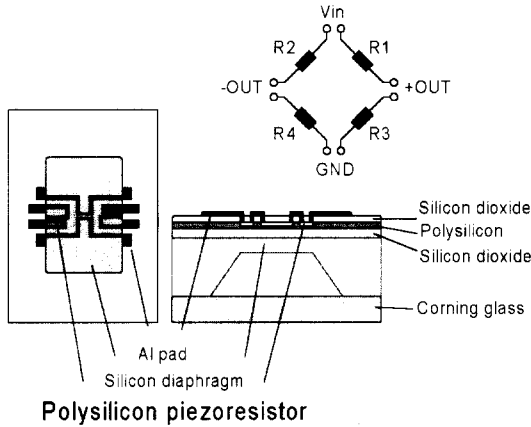


그림 2. MEMS 기술을 이용한 압저항형 압력센서

외국의 경우 마이크로머시닝기술을 이용하여 1개의 칩내에 복수의 압력센서를 집적한 멀티화, 서로 다른 기능의 센서를 집적한 다기능화, 일렉트로닉스를 집적한 인텔리전트화 압력센서개발이 진행되고 있다. 현재, 세계적인 MEMS 압력센서의 maker는 Nova Sensor, Honeywell, Motorola, GM, Philips등이다.

압력센서에 관한 국내의 연구·개발수준은 다른 연구에 비해서 활발하지 못한 실정이며, 국내의 취약한 산업구조로 다품종·소량생산방식에서 벗어나지 못하고 있어 기술집약적인 동 산업의 발전에 장애가 되고 있다. 현재 압력센서 기술개발은 경북대 센서기술연구소, 한국과학기술원, 전자부품종합기술연구소 등에서 이루어지고 있으며 대성전기, 코닉스, 대화계전 등에서 상품화 개발이 진행되어 일부는 양산하고 있다. 또한 케이코, 현대전자 등에서 자동차용 압력센서의 개발을 진행 중에 있고, 한국모토로라는 기존 OEM방식으로 생산하던 반도체 압력센서의 조립부문을 확대하여 전공정생산을 검토중인 것으로 알려지고 있다.

2.2 유속 유량 센서

유량/유속 센서를 주로 사용하는 분야는 매우 큰 용적의 액체로부터 미세한 가스의 흐름까지 측정하는 화학공업, 반도체산업, 환경공업, 식품공업, 에너지, 자동차 산업분야등 매우 다양하다. 자동차용 유량/유속센서의 경우 케이코에서 독일의 Bosch사와 기술제휴로 Air Flow Meter를 국산화하여 자동차메이커에 공급하고 있으며, 반도체라인 Mass Flow

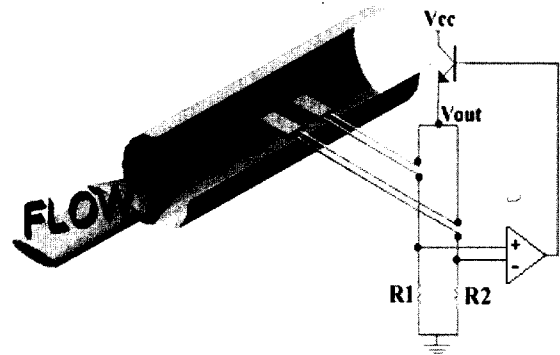


그림 3. 관내에 설치된 열박막 유량센서 및 feedback 회로.

Controller의 경우는 유니트, 성산하이테크 등에서 국산화하여 공급하고 있으나 인지도 및 기술수준의 열세로 아직은 수량이 많지 않다. 지금까지 국산화된 제품의 경우 대부분은 기계식이고 정밀도가 낮은 중저급 수준이며 내부식성, 내충격성에 대한 확실한 보증이 곤란한 상태이다. 그러나 최근들어 코닉스에서 방폭형 차압식 트랜스미터를 개발하여 상품화중이다. 또한 일부 연구기관에서 유량/유속센서에 대한 개발에도 노력을 기울이고 있어 가까운 장래에 국산화된 제품이 생산될 것으로 기대된다.

국내에서는 아직 기계식, 전자식 유속/유량센서를 제작하고 있으며, 최근에 MEMS 기술을 활용한 센서의 개발을 연구하고 있다. 아직까지 MEMS기술을 활용할 수 있는 전문인력이 부족하고, 이에 대한 투자가 활발하지 못하여, MEMS 기술을 이용한 최첨단 의료장비나, 군사용 전자장비, 우주항공용 장비를 제작할 만한 능력은 갖추고 있지 못하고 있다. 그러나, 최근 이 분야의 기술에 대한 필요성을 인지하고 많은 분야에서 여러 연구원들이 마이크로 유속/유량센서, 마이크로 플루오딕 시스템, 마이크로 채널 등 유속/유량을 다루는 MEMS 기술을 의료용, 우주 항공용으로 활용하기 위한 계획이 활발히 진행되고 있으며, 일정 수준의 연구 개발 능력을 인정받고 있다.

선진국에서는 새로운 측정기법의 개발, 고정밀화, 저가격화의 노력으로 각종 유량센서의 상품화가 활발히 진행되고 있으며, 이에 따라 LDV, Coriolis, 초음파 유량센서 등이 개발되어 사용되고 있다. 최근에는 전자, 광학기술 등의 발달에 따라 비접촉, 원격제어, 고정밀도 센서의 개발이 가속화되고 있다. 일본은 자국시장의 수요부진으로 수출을 위한 고기능, 저가격화의 방향으로 업체의 노력이 집중되고 있으며, 새로운 측정원리를 도입한 차세대 센서개발에도 지속적인 투자를 하고 있다. 또한 화학처리 공정라인의 자동화에 따라 디지털 신호처리가 가능한 센서를 개발하여 점차적으로 그 적용범위를 넓혀가고 있다. 특히 반도체라인이나 식품, 약품가공공정에 사용되고 있는 유량/유속센서의 경우는 오염 및 변성의 위험이 없는 물질로 제작되어야하고 이에 대한 소재기술개발이 선행되어야 하므로, 잔류물이 남지 않은 특수한 구조설계기술도 매우 중요하다. 따라서 이 분야



에 대한 생산 및 공급은 일부 전문업체에서 독점하다시피 하고 있다. MEMS 산업 기술이 발전함에 따라 고정밀도의 제어 시스템을 초소형화 함으로써, 기술 개발과 제품화 비용이 급격히 감소하고 있으며, 이에 따라서 간편하게 휴대하면서 지속적인 제어가 가능한 약물 주입 시스템이나, 마이크로 로봇의 연속 유량/유속 제어 시스템 등에 적극 활용하고 있으며, 이에 대한 연구 개발에 집중 투자하고 있다. 0.001ml/hr의 제어가 가능한 정밀도 0.5%이하의 flow 센서를 개발하여 의료용 약물 주입 시스템에 활용할 수 있도록 하는 연구를 하고 있다.

2.3 스트레인 센서

MEMS 공정에 의하여 제조된 스트레인 센서는 기존의 광섬유를 구조물에 매설하여 감지해오던 방식에 비하여 빛의 통과를 위한 연속성이 필요 없는 discrete한 분포로 매설되므로 몇 개의 소자가 동작을 하지 않더라도 다른 소자에 영향을 미치지 않아 경제적이며, 또한 telemetry 소자와 일체화시킬 경우 합정, 장갑차, 항공기 등의 구조물의 원격 측정이 용이하여 인력 손실의 원인이 되고 있는 장비의 노후화를 쉽게 판단할 수 있어 중요시되고 있다. 스트레인 게이지 센서는 구조물에 발생하는 변형에 따라서 재료의 저항이 변하는 성질을 이용하는 것으로 반도체 재료를 이용한 반도체 방식과 고저항 금속이나 합금의 저항변화를 이용하는 금속저항 방식이 있다.

기존에 연구되고 응용되어온 strain gage 센서는 폴리머막 위에 압저항 특성을 갖는 Au, Cu, Mn, Ni, Pt과 같은 단 금속이나 혹은 Nicrome V, Constantan, Advance, Karma, Platinum 1200과 같은 고저항 합금막을 증착하여 스트레인을 측정하고자 하는 부위에 부착하여 물체가 받는 스트레인에 따라 발생하는 저항의 변화를 감지하여 물체에 가해진 스트레인을 측정하는데 사용하고 있다. 또한 최근에는 산화물인 BiO₂-RuO₂와 같은 물질을 이용한 strain gage 센서에 관한 보고도 있지만 감도(gage factor)가 금속 막과 마찬가지로 5이하로 낮다. 이에 반하여 N형 폴리실리컨은 센서 구조에 따라 감도가 10~20으로 훨씬 우수한 것으로 알려져 있지만 온도에 따른 특성이 떨어지는 단점이 있기도 하다. 폴리실리컨은 MEMS 공정에 의하여 정밀 patterning이 가능하며, 실리콘 기판 위에 센서가 형성될 경우 지지대 위에 부착하거나 하는 번거로움을 피할 수 있다. 또한 폴리머와 달리 고온에 안정하기 때문에 센서를 이용한 구조물의 제작에 있어서 고온을 요하는 공정이 있을 경우에도 사용할 수 있는 장점이 있다.

현재 국내에는 스트레인 센서와 관련하여 기존에 상품화된 폴리머 필름위에 증착한 금속박막을 이용한 센서의 연구가 국내 몇몇 대학에서 시도되고 있으나 MEMS 공정을 이용한 일체형 센서의 개발은 시도되지 않고 있다.

일본에서는 strain gage 센서를 이용하여 고감도 load 셀 응용연구로서 Tojo 등이 수행한 바 있으며, Yamamoto가 스트레인 게이지를 이용하여 고압 transducer에 응용하기

위한 연구를 수행한 바 있고, 자기저항 효과를 이용한 고정도 스트레인 센서의 연구가 동북대의 Arai 교수 등이 수행한 바 있다.

미국의 경우 MEMS 공정을 이용한 스트레인 센서의 연구는 미네소타 대학 전기과 Polla 교수 및 Mantell 교수 등에 의하여 시도되고 있으며 fiber glass와 같은 복합재료 내부에 embed 시켜 복합재료를 이용한 구조물의 신뢰성 및 안정성을 증진시킬 목적으로 진행하고 있다. 이 그룹에서는 모노필라멘트 구조와 얇은 membrane 장을 이용한 두 가지 형태의 센서를 연구하고 있다. 또한 캘리포니아 대학 Gossard 교수는 GaAs/AlGaAs를 이용하여 strain을 감지할 수 있는 FET를 제작하는 연구를 수행하였고, 로드 아일랜드의 Amons 교수는 AlN 박막을 고온형 스트레인 게이지 연구를 수행하였다.

유럽은 스트레인 센서의 연구는 일본이나 미국 보다 유럽에서 활발히 연구되어지고 있다. 특히 MEMS 기술을 이용한 마이크로 스트레인 센서의 경우 독일, 영국, 이태리, 프랑스, 스페인 스위스 등에서 많은 연구 결과가 보고되고 있다. 스페인의 Ayerdi 등은 고온에서 작동하는 스트레인 게이지로서 TaN 박막을 이용하여 gage factor가 3.5 정도로 약간 작지만 TCR이 약 130ppm/°C의 온도범위에서 사용을 보장하는 센서를 개발하였다. 독일의 Schellin 등은 piezoresistive polysilicon을 사용하여 스트레인 게이지를 만들고 이들 스트레인 게이지를 이용하여 고감도 submicron 크기의 microphone을 제조하기도 하였다. 이외에도 러시아의 Gridin 등이 폴리실리컨을 이용한 strain gage transducer를 프랑스의 Kayer 등이 고온형 strain gage 센서, 아일랜드의 Arshak 등은 후막공정 기술을 이용한 센서의 연구를 수행하는 등 활발한 연구가 진행되고 있다.

2.4 적외선 센서

마이크로 머시닝 기술의 개발은 초경량화, 초소형화된 기기의 개발을 가능하게 하는 핵심요소 기술이며 초고속·정밀 optical switching 시스템, 밀리미터파 송수신 모듈, free space integrated optics, 초소형 비행체의 개발 등에 응용 가능하다. 기존의 냉각형 적외선 감지기는 제조가 용이하지 못하고 반도체 공정과의 호환성이 없기 때문에 값이 비싸다는 단점이 있는 반면 MEMS 기술을 사용하여 제작된 비냉각형 적외선 감지기는 구동회로 위에 monolithic하게 제작할 수 있기 때문에 저가로 제작이 가능하다. 따라서 높은 탐지도를 가지면서 동시에 저가로 제작이 가능하게 함으로써 기존에 Honeywell사와 Texas Instrument사에 의해 전세계 시장의 80% 이상이 점유되고 있는 적외선 감지기 시장을 대체하고 군사용으로 많이 사용되었던 적외선 감지기를 일반 시장에 상용화시켜 새로운 시장을 개척할 수 있으며 초소형으로 제작된 적외선 영상 센서는 의학용으로 인체 내 또는 인체의 열분포 측정 등에 사용될 수 있으므로 의료기 시장에서 새로운 부가 가치를 창출 할 수 있고 건물의 수명진단, 대기 오염 감시 등 모든 일반 생활에 변

화를 가져올 것이다.

적외선 영상 구현을 위한 노력은 19세기말에 적외선의 발견 이후로 꾸준히 연구되어 왔으며, 세계대전과 수 차례의 국지전 등과 같은 전쟁을 거치면서 군사용 목적으로 발전이 가속되어 왔다. 현재는 군사적 응용 이외에도 민간에서의 산업용, 의료용의 검사, 감시, 진단 등을 목적으로 적외선 영상의 연구가 활발하게 진행되고 있다. 적외선 영상 연구는 현재까지 약 100 여 년 동안 지속적으로 많은 연구비와 인력을 투자하여 진행되어왔다.

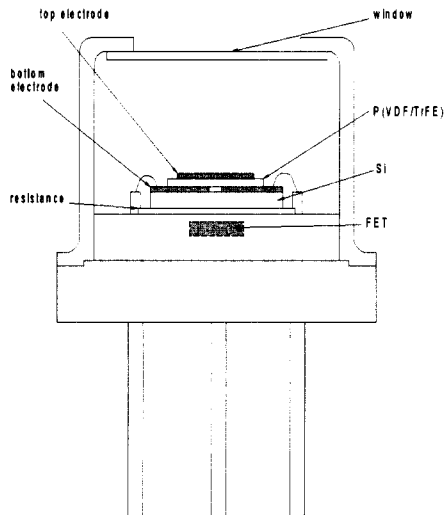


그림 4. P(VDF/TrFE) 박막형 적외선 센서 구조

적외선 영상 시스템에 적용되는 적외선 감지소자는 크게 적외선 감지 방식에 따라서 두 가지 형태로 구분된다. 즉 열형 감지소자(thermal detector)와 양자형 감지소자(photon detector)로 구분되며 전자인 열형 감지소자는 입사되는 적외선의 복사에너지에 따라 감지층 재료의 온도가 변화하고 이에 따른 물리량의 변화를 전기적 신호로 변환하여 감지하는 방식이다. 후자인 양자형 감지소자는 적외선 흡수에 의해 잉여 전자나 정공을 생성하여 전도율 혹은 광전류가 변화하는 현상을 이용하는 방식으로 적외선 영역의 파장에 대응하는 작은 밴드 갭을 가지는 물질을 응용하여 적외선을 감지하는 것이다. MCT(HgCdTe) 등을 이용한 냉각형의 적외선 이미지 센서인 FPA, 마이크로 볼로미터, 썬모파일, 초전도 비냉각형의 IR FPA 미국, 유럽, 러시아, 일본 등에서 연구되고 있다. 이의 생산과 개발에 참여하고 있는 기관으로는 미국의 Rockwell International, Texas Instrument, Lockheed Martin, Hughes와 프랑스의 SOFRADIR, 영국의 RSRE, 이스라엘의 ELOPE, 러시아의 ORION, 일본의 NEC 등이 있다.

국내의 적외선 영상 시스템 관한 연구는 주로 광자형인 MCT 적외선 감지소자를 제작하고, 이를 2차원 어레이로

만드는데 주력하였으나, 현재까지는 상용화에 크게 성공하지는 못하고 있으며, KIST, KAIST, ADD, 한국전자(주) 등이 MCT FPA 개발에 주력하고 있다. 또한 경북대학교에서는 InSb 재료를 이용한 센서를 개발 중이며, 삼성종합기술원에서 GaAs/InAs의 양자우물 구조를 이용한 적외선 감지소자 제작에 관한 연구를 수행하고 있다.

열형 적외선 검출기는 한국전자가 군검용 기술의 일환으로 1998년부터 BST를 적외선 흡수층으로 이용하고 hybridization 방식을 이용한 비냉각 방식의 320×240 적외선 이미지 소자를 개발 중이며 대우전자(주)는 1999년부터 G-7 MEMS 과제에서 VOx 및 Ti을 적외선 흡수층으로 이용한 2차원 배열 방식의 적외선 이미지 시스템을 개발중이다. 또한 KIST에서는 VOx와 YBCO 초전도체를 감지층으로 이용하고 3차원 수신안테나를 일체화시킨 새로운 방식의 마이크로 볼로미터 및 pyroelectric 방식의 검출기를 개발중이다. 서울대의 마이크로 시스템 센터에서는 thermopile 센서를 연구하고 있으며, LG 종합기술원 또한 가전제품과 온도 및 습도 제어장치에 적용되는 thermopile형 적외선 센서를 개발 중이다.

2.5 가속도/진동 센서

가속도/진동 센서는 공업용 산업로봇 시스템의 위치 제어, 자동차의 서스펜션 시스템, 엔진의 녹킹 감지, 기계의 이상 진동 감지, 지진 감지 등의 산업분야 전반에 걸쳐 이용되고 있다. 특히 반도체 진동 센서를 개발하고자 하는 노력은 1970년대 말경부터 시작되었으나 아직 상품화 초기단계이다. 반도체 마이크로 가속도/진동센서 칩은 첨단 기술로 제작되어 정교하고, 신뢰성이 높고, 소형경량이며, 규격화, 양산화가 쉽고 저가적인 장점이 있다. 또한 각종 센서의 fusion 및 제어회로와의 집적화가 가능하기 때문에 로봇과 같은 정밀제어 시스템에 적합하다.

가속도/진동센서가 현재 상품화되고 있는 것은 주로 압전 효과를 이용한 것들이며, 압저항형 센서는 Analog Device사의 ADXL 50 및 ADXL 05와 Kavlico사의 SA20과 같은

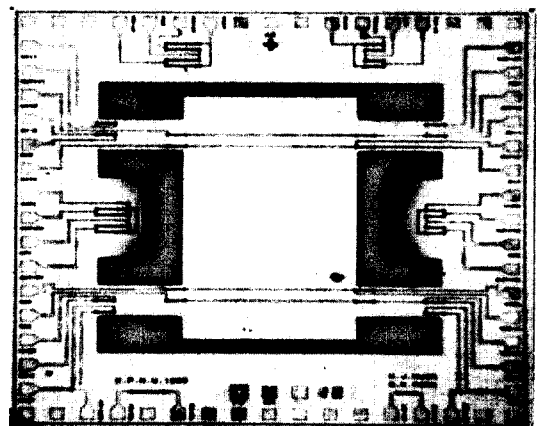


그림 5. 반도체 가속도 센서



자동차 suspension용, traction control용 센서를 비롯하여 Endevco, PCB, Lucas Nova, IC Sensors, Siemens, Honey Well, 나가노 계기 및 도요다공기 등 미국, 일본, 유럽의 몇 개 업체에서 개발한 제품이 판매되고 있다.

선진국에서 최근에 발표한 주목할 만한 연구는 센싱 소자와 검출 회로를 동일 칩에 집적화하는 새로운 방법으로, 진동 센서를 P-MOS 트랜지스터의 압저항 효과를 이용하여 구성하고, 3축(x,y 및 z축)의 벡터량을 효과적으로 검출하기 위하여 응력감응 차동증폭기를 설계하여 표준 CMOS 집적회로 제조기술로 제작한 것이다. 또한 이 센서는 마이크로머시닝에 의해 구성된 실리콘 단결정 구조부와 양극 접합에 의해 일체화된 glass부분인 2층 구조로 되어 있으며, 진동 질량체(mass)는 실리콘으로 형성되고, 중앙 지지부 표면에는 신호처리용 집적회로가, 4개 빔의 양끝 응력 집중 부분에 P-MOS트랜지스터 12개가 형성되어 있다. 현재 제작하여 사용하고 있는 가속도/진동센서는 측정범위가 $\pm 2G$, 정밀도 $\pm 0.5\%FS$ 이하, $-40 \sim 125^{\circ}C$ 의 온도범위에서 사용이 가능하고, 측정 주파수 범위는 DC ~ 2kHz 정도이다.

국내에서는 아직까지 가속도/진동센서에 관한 기술 및 연구/개발 수준은 아직 초기단계에 있다. 그러므로 기업, 연구소 및 대학의 전문가들이 합심하여 기술력을 향상시키고, 선진국 제품들과 경쟁할 수 있는 제품을 생산할 수 있도록 비상한 노력이 시급히 요구되고 있다.

2.6 온습도 센서

SiC박막서미스터는 측정온도범위가 넓고 고정밀도 및 고속인 특징을 갖고 있다. 측정대상물의 표면에서 발생하는 열방사(복사)를 이용한 복사 온도계는 비접촉식이며 단색 파장대복사와 2개 파장대복사를 이용하는 방식이다. 또한 실리콘 IC센서는 온도이외에 광, 압력, 위치, 자장 등을 측정할 수 있는 다기능의 집적화센서로서 개발과 실용화가 진행되고 있다.

습도센서는 금속산화물, 유기재료를 이용한 전기 저항식이 대부분을 차지하고 있으며, 감습특성 및 센서의 신뢰성 향상을 주로 다루었으며, 그밖에 온도의존성의 감소, 센서 제작의 용이성 등을 목적으로 한 것들이 많다. 또한 습도센서는 양극산화법에 의한 Al_2O_3 박막습도센서제조에 관한 연구개발과 금속산화물을 소결한 $MgCr_2O_4$, ZnO 등의 소결형 습도센서의 개발에 대한 연구가 주종을 이루고 있다. 아직까지 고분자식 습도센서 외에 실용화된 것은 없다.

3. MEMS 기술을 이용한 감지/제어기의 기술 발전 방향

마이크로 머시닝 기술이 발전함에 따라, MEMS 기술이 갖는 많은 장점을 심분활용한 센서에 대한 투자를 집중적으로 하고 있다. MEMS 기술을 이용한 센서는 초소형, 저

가, 고신뢰성, 고감도의 센서를 대량으로 생산할 수 있다는 장점 외에 멀티센서, 다기능센서, 인텔리전트형 센서의 개발이 가능하며, 저소비전력의 고기능 센서를 생산함으로써, 지금까지 필요로 하나 사용하지 못한 분야인 의료용, 군사, 항공 우주용으로 많이 활용될 수 있을 것이다.

압력센서는 소형, 저가, 고신뢰성, 고감도를 가진 반도체식 압력센서의 개발에 많은 투자를 하고 있으며, 압력센서의 멀티화, 다기능 압력센서 및 인텔리전트형 압력센서의 개발을 위하여 노력하고 있다. 군사용이나, 인공위성등 우주항공용으로 사용할 수 있는 온도범위의 고정밀도 센서를 개발하기 위한 연구, 신소재 연구, 저소비전력화 센서의 연구에 많은 힘을 기울이고 있으며, 국내에서는 다양한 국책 연구과제로 연구를 하고 있으며, 의료용으로 혈압측정, 인공심장용 혈압센서, 고혈압치료기용 등으로 많은 연구가 많이 이루어지고 있다.

유속 유량 센서의 경우, 외국에서는 MEMS 산업 기술이 발전함에 따라 고정밀도의 제어 시스템을 초소형화 함으로써, 기술 개발과 제품화 비용이 급격히 감소하고 있으며, 이에 따라서 간편하게 휴대하면서 지속적인 제어가 가능한 약물 주입 시스템이나, 마이크로 로봇의 연속 유량/유속 제어 시스템 등에 적극 활용하고 있고, 국내에서는 아직 기계식, 전자식 유속/유량센서를 제작하고 있으나, MEMS 기술을 활용한 센서의 개발은 최근에 와서야 연구를 시작하였다.

스트레인 센서는 유럽의 경우 후막공정의 응용과 같은 저가격화를 추구하여 보다 쉽게 이용가능한 센서의 제작을 추구하고 있는데 반하여, 스피ن-밸브 캔틸레버를 이용하여 IBM의 Mamin 등은 150정도의 높은 gage factor를 얻은 결과를 보고한 적이 있는 것처럼 미국과 일본에서는 MEMS 기술을 이용하여 고정도 일체형 센서의 개발에 주력하고 있다.

적외선 센서는 적외선 영상 장치의 경우 기존의 냉각방식을 이용한 고화질용 양자형과 별도로 MEMS 기술을 이용한 열전대형, 초전형, 볼로미터형등 다양한 방식의 일체형 센서 어레이의 개발이 시도되어지고 있다. 국내의 경우도 최근에 초소형 정밀기계 기술 개발 프로젝트의 하나의 과제로 볼로미터 형태의 어레이를 이용한 적외선 영상처리에 대한 연구가 대우전자를 중심으로 시도되어지고 있고, KIST에서도 뉴프론티어 사업의 내시경에 탑재하기 위한 초소형 열영상 장치로 연구하고 있으나 아직은 초기 단계에 있다.

반도체식 진동센서를 분류하면 크게 압전형, 용광형 및 압저항형으로 대별할 수 있으며 각각의 센서들의 타입이 장단점이 있으며, 기술개발의 방향이 양산 기술 향상이 필요하며, 따라서 신뢰성이 크고 양산성이 높은 Si-glass 양극 접합기술이나 Si-Si 직접접합기술등 마이크로머시닝 요소 기술의 발전이 요구된다.

온도센서의 최근 경향은 비교적 정밀성이 크게 요구되지 않고 다량으로 사용되는 곳에는 접촉식 온도센서들이 사용되고 있으나 비접촉식이고 다기능화된 온도센서들이 개발

됨으로 인해 이들이 점차 시장을 확산해 가고 있는 추세이다. 국내의 기술수준은 일본의 30%, 미국의 40%으로 아직 미약하기 때문에 원료배합 및 합성기술등 기초기술의 확보가 매우 시급하다. 따라서 온도센서를 포함한 센서기술의 효율적인 개발을 위해서는 우선 가급적 핵심기술개발을 위한 종합적인 전략을 수립하여 적극적으로 추진해야 할 것으로 생각되며 센서소재 국산화를 비롯한 센서기반기술을 확립하는 것이 무엇보다도 중요하다.

습도센서의 경우, 5%RH 이하의 저습부분과 95%RH 이상의 고습부분에서의 선형성 개선 및 정밀도 개선, Cr₂O₃, Fe₂O₃, SnO₂, ZnO, Al₂O₃, TiO₂ 등에 성능을 향상시키기 위해서 수종의 금속산화물을 미량 첨가한 재료 및 Cr, Zn, Fe, Mg, Li, Al, Sn, V, Ti의 혼합 산화물계등 습도센서용 재료 개발, 신 개념의 습도센서 연구가 가속을 얻을 것으로 예상된다. 국내의 기술적 수준을 고려할 때 습도센서를 국산화 연구, 신개념의 습도센서 연구로 새로운 수요자의 요구와 산업의 흐름에 적당한 제품을 개발하여야 한다. 이를 위해서는 원재료의 국산화 및 성능평가 설비의 개선이 요구된다.

4. 결 론

국내의 센서의 제작기술은 전체적으로 선진국에 비하여 기술력, 인력등 많은 부분에서 낙후되어 있다. 향후, 센서의 개발은 MEMS의 기술의 장점을 바탕으로 MEMS 기술을 이용한 센서의 연구가 주류를 이루고 있어 이 분야에 대한 집중적인 투자가 요청되고 있다. 또한, MEMS 기술을 이용한 센서제작 기술 등은 기존의 기계식 기술에 비하여 선진국의 기술적 독점이 심해지고 있기 때문에, 선진기술의 기술이진보다는 자체적인 기술개발이 우선된다. 특히, 센서기술에 대한 기초연구가 많이 부족하기 때문에 이 분야에 대한 연구와, 센서의 초소형화, 저가, 고신뢰성, 고감도화를 목적으로한 센서의 연구 개발이 진행되어야 한다. 또한, 멀티센서, 다기능 센서, 인텔리전트형 센서의 개발이 가능하며, 저소비전력의 고기능 센서를 생산함으로써, 지금까지 필요로 하나 사용하지 못한 분야인 의료용, 군사, 항공 우주용으로 고부가가치 센서의 연구가 요청된다.

참고문헌

[1] Sung-June Park and Sekwang Park, "Pressure sensor using shear piezoresistance of polysilicon films", Sensors and Materials, Vol.10, No.3, pp.129-138 (1998)

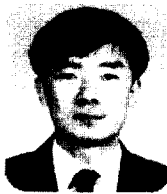
- [2] Kijin Kwon, Sekwang Park, "A bulk-micromachined three-axis accelerometer using silicon direct bonding technology and polysilicon layer", Sensors and Actuators, A, 66, pp.250-255 (1998)
- [3] 박광순, 강정호, 김형표, 박세광, "초기불평형 전압을 이용한 열박막형 유량센서의 온도보상", MEMS 학술대회 논문집, pp.249-254 (1999)
- [4] 권성열, 최시영, 김기완, "P(VDF/TrFE) 박막 적외선 센서 제작 및 특성", 2000년 센서기술학술대회 논문집, Vol.11, No. 1, pp21-25. (2000)

저 자 소개



박세광(朴世光)

1954년 10월 25일생. 1976년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업. 1984년 5월 미국 Case Western Reserve 대학교 전기전자공학 석사. 1988년 5월 동대학 박사. 1986년 10월-1988년 6월 미국 Collaborative Planners Inc. 기술고문. 1994년 1월 한국센서학회 총무이사, 편집이사, 재무이사(현). 1995년 3월-현재 IEC(국제전기기술위원회) 센서분과 의장. 1997년 1월-현재 한국가스안전공사 사고조사위원. 1989년 3월-현재 경북대학교 전자전기공학부 교수. 주요관심분야: Bio-MEMS, 통신용 MEMS, 반도체 압력센서, 유속/유량센서, 가속도/진동센서, 온습도센서, 실리콘/유리 접합 및 패키징, 인공중이용 트랜스듀서, Micro 유세포 분석기.



김태송(金泰松)

1959년 7월 19일생. 1982년 연세대학교 요업공학과 졸업. 1984년 2월 KAIST 재료공학과 석사. 1984-1989년 대우통신 광통신 사업부 대리. 1993년 8월 KAIST 재료공학과 박사. 1997-1998년 미국미네소타대학 전기공학과 Post Doc.. 1994-현재 한국과학기술연구원 마이크로 시스템 연구센터 책임연구원. 주요관심분야: 압전 박, 후막의 MEMS 소자 응용 기술