

Nano/MEMS 기술에 기반한 고기능 관성 센서

조동일, 고희호, 박상준, 곽동훈, 송태용, 박용화, 이상철 (서울대학교)

1. 서론

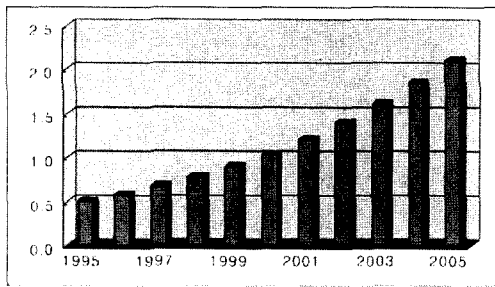
Nano/MEMS (Microelectromechanical Systems) 기술에 기반한 마이크로 센서는 기계, 전자, 반도체 재료, 반도체 공정, 패키징 등 다양한 기술의 복합체이다. 관성 센서는 압력 센서와 더불어 Nano/MEMS 기술의 가장 기본이 되는 분야이며, 지난 10여년 간 가장 활발한 연구가 지속적으로 진행되고 있는 분야 중 하나이다. 관성 센서의 핵심 기술로는 미세 구조물의 설계 기술, 마이크로머시닝 공정 기술, 미소 신호 처리용 ASIC 기술, 패키징 기술 등이 포함된다.

관성 센서의 응용 분야가 초기 에어백 센서에서 최근 캠코더·핸드폰 등의 일반 가전, 차량의 항법 및 제어, 나아가 군수 시장까지 확대되면서, 최근의 관성 센서는 mm 크기에서 나노급의 정밀한 공정 기술과 1 nm 이하의 미소 변위를 감지할 수 있는 신호 처리 기술 등 복합적인 고도의 Nano/MEMS 기술을 요구하고 있다. 또한 관성 센서의 시장이 확대되고 응용 분야가 특화됨에 따라 여러 기술들이 복합적으로 필요하게 되어, 지속적인 연구 개발이 진행되고 있다. 따라서 관성 센서 분야는 차세대 비메모리

반도체 산업의 핵심 기술 중 하나로 인식되고 있으며, 미국·일본·독일 등의 선진국에서는 약 10여년 전부터 정부 주도로 Nano/MEMS 기술에 기반한 관성 센서에 관한 연구가 시작되었고, 현재 다수의 기업에서 연구 개발이 진행되고 있다. 특히 미국의 경우 상용화를 위한 정부 지원은 최근 들어 점점 더 증가하는 추세로, 현재 진행중인 3개년 ARDEC IMU 프로그램은 정부 지원금만 1억 5천만 달러 규모이다.

관성 센서는 크게 가속도 센서와 자이로 센서로 나뉘며, 관련 시장 및 응용 분야는 매우 광범위하다. 그림 1에서 알 수 있듯, 관성 센서 시장은 연간 15% 이상의 성장률을 보이고 있으며, 전체 시장 규모가 2005년에는 20억 달러 이상일 것으로 예상하고 있다.

그림 2는 관성 센서의 광범위한 응용 분야를 보여주고 있다. 현재 관성 센서는 차량의 현가장치 및 브레이크 통합제어, 에어백, 사고 전후 차량의 상태를 감지·저장하는 사고 기록시스템(Black Box), 차량위치인식시스템(CNS: Car Navigation System) 등의 자동차 관련 응용 분야에서 특히 각광 받고 있다. 그리고 이동통신 복합단말기에 적용될 휴대용 위치 인식 시스템



(출처 : Frost & Sullivan, 2001)

〈그림 1〉 관성 센서의 전체 시장 성장 추이

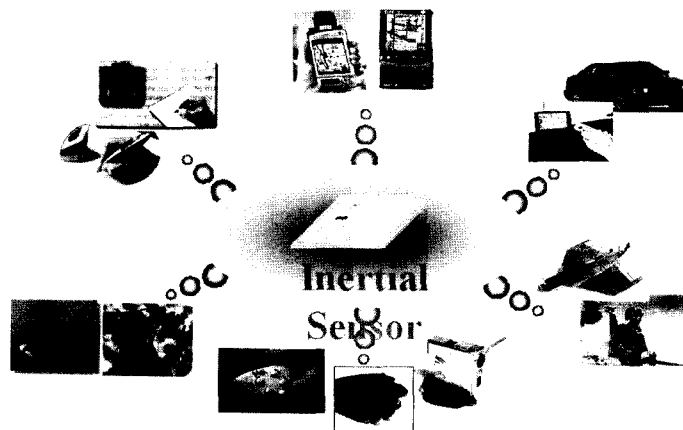
(PNS: Portable Navigation System), wearable computer 와 PDA 등 휴대용 정보기기의 data 입력장치, 가상현실 게임시스템의 감지장치, 그리고 3차원 마우스, 캠코더의 화질 보정 등의 정보통신 분야에의 응용 또한 활발히 연구되고 있다. 항공 우주 분야에서는 일반 항공기의 항법 시스템 뿐 아니라, 초소형 항공기 (MAV: Micro Air Vehicle), 미사일 등의 자세 제어 시스템, 또는 군사용 개인 항법 시스템 등에 적용되고 있으며, MEMS 관련 응용 분야는 더 크게 증가하고 있는 추세이다. 한편 차세대 성장 동력 기술로 주목 받고 있는 지능형 로봇 분야의 경

우, 로봇의 정밀한 동작 및 자세 제어와 위치 파악에 고성능의 관성 센서 기술이 요구된다. 향후 Nano/MEMS 기술에 기반한 관성 센서의 응용 분야 및 관련 시장은 더욱 확대되어, 자동차, 정보통신, 의료, 항공·우주 등 전 산업분야로 파급될 것으로 예상된다. 또한 관성 센서 제작에 필요한 나노 급의 정밀 미세 가공 기술과 미소 신호의 검지 기술 등 고도의 Nano/MEMS 기술은 그 자체로도 부가 가치 및 고용 창출 효과가 매우 클 것으로 전망된다.

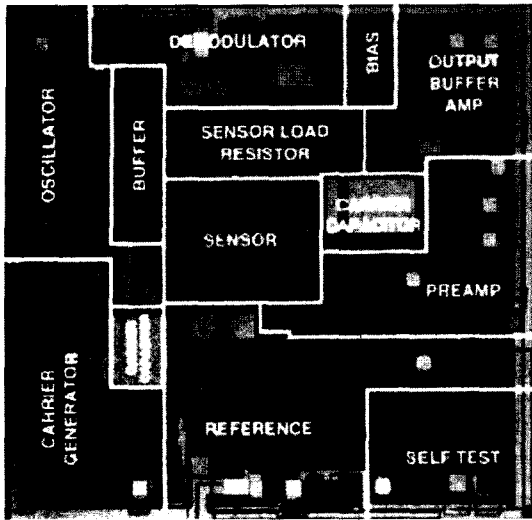
II. 관성 센서의 상용화 현황

1. 가속도 센서

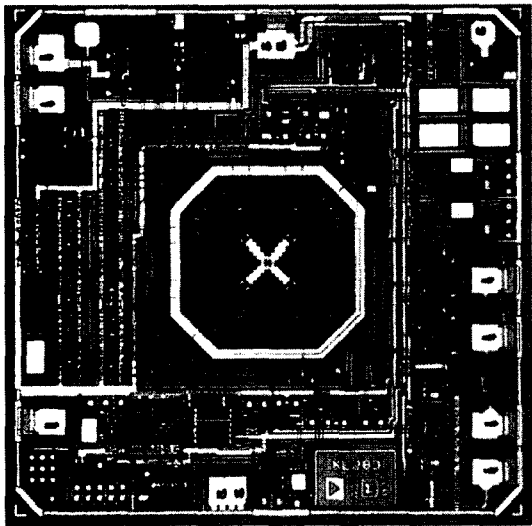
가속도 센서는 압력 센서와 더불어 반도체 공정 기술과 마이크로머시닝 기술의 발달에 힘입어 상용화가 상당부분 진행된 분야이다. 가속도 센서의 상용화는 에어백용 충돌 센서에서 먼저 시작되어, 현재는 ABS 시스템, 후륜 제어 시스템 등 자동차 분야에서 활발히 진행되고 있다.



〈그림 2〉 관성 센서의 다양한 응용 분야



(a) 2축 가속도 센서 ADXL50



(b) 2축 가속도 센서 ADXL202

〈그림 3〉 ADI 사의 단일칩상에 집적화된 가속도 센서

또한 추후 자동차 외에 생체 전자 기반의 PAN (Personal Area Network), 공장 자동화 및 계측기기, 휴대폰, 가전제품 등으로 그 응용 분야가 넓어질 것으로 예상하고 있다.

주요 기업들의 동향을 살펴보면 다음과 같다. 우선 ADI 사(Analog Devices, Inc.)의 경우 $\pm 50g$ 의 입력 범위를 갖는 에어백용 가속도 센서로

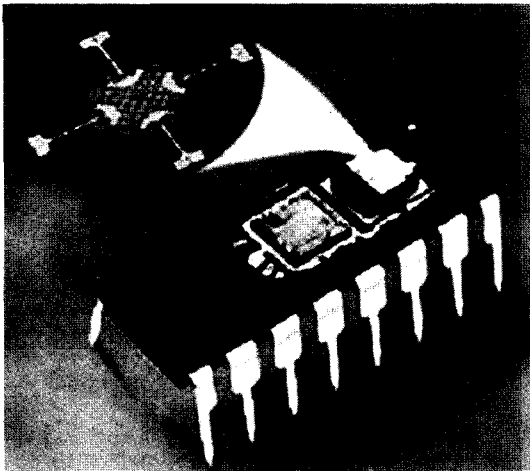
ADXL 시리즈를 개발하였다. 그림 3은 질량체 및 스프링 등의 기계구조물과 신호처리 및 자체 진단 기능 등의 주변 회로를 집적화 시킨 ADI 사의 대표적인 1축 가속도 센서인 ADXL50 과 및 2축 가속도 센서인 ADXL202 를 보여주고 있다. 이 센서는 폴리실리콘을 이용한 표면 마이크로머시닝 기술로 기계 구조물을 제작하고 BiCMOS 공정을 이용하여 신호 처리 회로부를 집적하였다.

또한 Motorola 역시 표면 마이크로머시닝을 이용한 $\pm 50g$ 의 입력 범위를 갖는 차량용 가속도 센서로 MMA 시리즈를 개발하였다. 이 소자는 $1.75\mu m$ CMOS 기술을 사용하여 신호처리 회로를 제작하고, EPROM trim, 필터링과 자기진단기능을 구현하였다. 그림 4는 Motorola 의 MMA2202 모델의 사진이다. ADI 사의 ADXL 시리즈와 Motorola 의 MMA 시리즈 모두 개당 5달러 미만의 가격으로 시판되고 있으며, 높은 가격대 성능비를 보여주며 시장을 선도하고 있다.

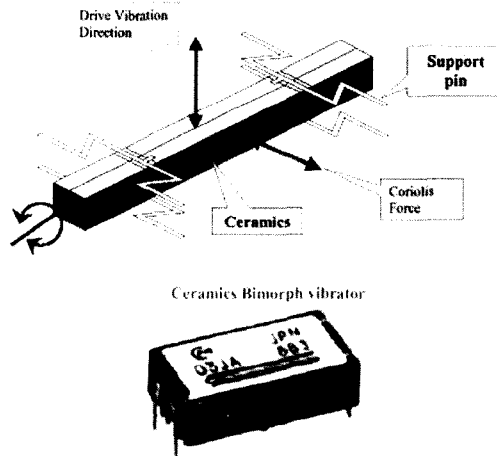
한편 Crossbow, Endevco, IC Sensors 등의 업체들이 압저항형 및 용량형 초소형 가속도 센서를 공급하고 있으나, 현재 이들 업체에서 생산되는 가속도 센서는 대부분 자동차 에어백용으로 국한되어 있다. 한편 Honeywell은 quartz 정밀 가공 기술을 이용하여 고성능 가속도 센서를 생산하고 있으며, 여타 상용화된 가속도 센서 중 $1\mu g$ 급 해상도의 가장 높은 성능을 보여주고 있다. 표 1에 주요 업체별 성능 지수를 비교하였다.

2. 자이로 센서

자이로 센서의 경우 가속도 센서와는 달리 최근야 상용화가 이루어졌으며, 가속도 센서에 비해 그 생산 업체도 적은 편이다. 처음 상용화



〈그림 4〉 Motorola 의 2 chip 가속도 센서 (MMA2202)



〈그림 5〉 Murata 의 압전형 자이로 센서 Gyrostar ENC-03J (1999)

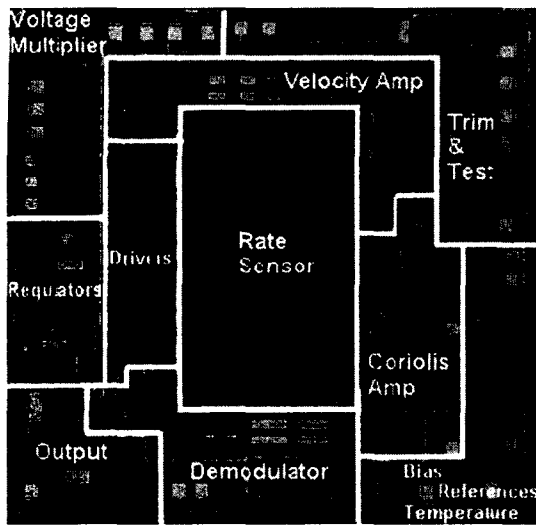
된 자이로 센서는 대부분 압전형 방식을 채택하고 있다. 현재 Murata에서는 세라믹 압전형 자이로 센서인 Gyrostar 시리즈를 캠코더 용으로 개당 약 5 달러 대에서 판매하고 있으며, 상용 자이로 센서 시장의 우위를 점하고 있다. 그림 6에 Murata 자이로 센서의 개략도를 도시하였다. 또한 Matsushida의 경우 온도 특성이 우수한 crystal 압전형 자이로 센서를 개발하여, 연간 약 5~6백만개를 자동차용으로 약 40 달러 대에서 판매하고 있다.

Nano/MEMS 기술로 제작된 용량형 자이로 센서가 상용화된 것은 극히 최근의 일이다. 이는 용량형 센서의 특성상 수십 fm (femto meter, 10^{-15} m) 수준의 변위와 수십 zF (zepto Farad, 10^{-21} F) 수준의 용량을 검지할 수 있는 고난이도의 기술이 필요하기 때문이다. 현재 자이로 센서의 기술적 난제는 개별 소자의 주파수 튜닝, 웨이퍼 레벨 진공 패키징, 신호 처리 회로의 집적 등을 들 수 있다.

ADI 사는 2002년 세계 최초로 신호처리 회로가 집적화된 0.05 %/sec 해상도의 비진공형 자이로 센서를 출시하였다. 그림 7은 ADI 사의 자이로 센서인 ADXRS의 내부 구조를 보여준다. 또한 삼성종합기술원에서는 용량형 자이로 센서의 연구가 양산단계에 접어든 것으로 알려지

〈표 1〉 주요 업체별 가속도 센서 성능 비교

Model	ADI	Motorola	Crossbow	Honeywell
	ADXL150	MMA2202D	CXL10HF3	QA650
Input range	50 g	50 g	10 g	30 g
Scale factor	38 mV/g	40 mV/g	100 mV/g	1.33 mA/g
Non-linearity	0.2 %	1 %	1 %	
Noise level	1 mg	2.5 mg		<10 μ g
Bandwidth	1 kHz	400 Hz	1 ~ 10 kHz	> 300 Hz



〈그림 6〉 ADI 사의 집적화된 MEMS 자이로 센서 ADXRS150 (2002)

고 있으며, SensorNor, Honeywell, Panasonic 등에서 자이로 센서의 시제품을 출시하고 있다. 한편 BEI의 경우 quartz 마이크로머시닝을 이용한 자이로 센서를 출시하고, Silicon Sensing System의 경우 전자력 검출 방식의 자이로 센서를 출시하여 차량 항법용 등 고성능 자이로 센서 시장을 공략하고 있다. 표 2에 주요 업체의 자이로 센서의 성능을 비교하였다.

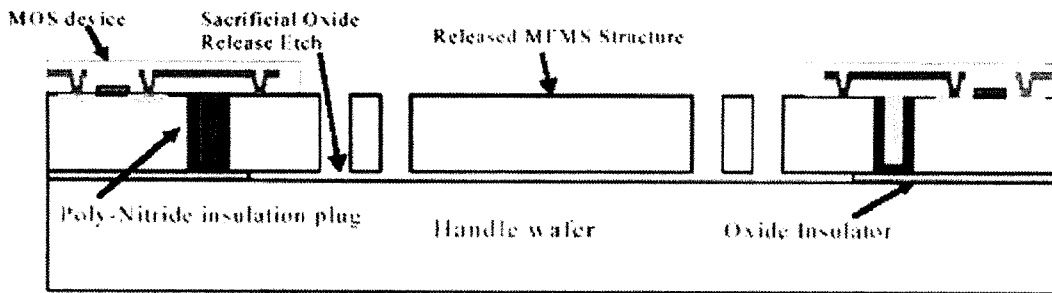
〈표 2〉 주요 업체별 자이로 센서 성능 비교

Model	Murata	ADI	BEI	Silicon Sen.
	ENC03-J	ADXRS300	QDARS	CRS04
Input range	300 °/sec	300 °/sec	700 °/sec	150 °/sec
Scale factor	0.67 mV°/sec	12.5 mV°/sec	12.75 mV°/sec	
Bandwidth	50 Hz		20 Hz	18 Hz
Resolution	0.0112 °/sec	0.05 °/sec	0.0015 °/sec	0.005 °/sec
비고	압전형 방식으로 온도 변화에 민감	표면 마이크로머시닝으로 제작되어 성능 제한	고가의 Quartz 마이크로머시닝	전자력 검출 방식으로 소모전력 큼

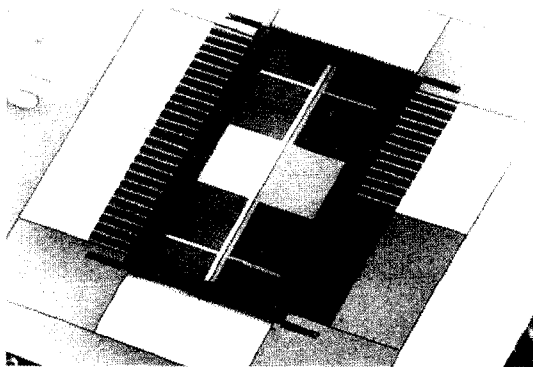
III. 관성 센서의 최근 연구 동향

최근 기업들의 연구 동향을 살펴보면 일부 관성 측정 장치가 양산 단계에 접어들었으며, 그 응용 범위가 빠르게 확대되고 있음을 알 수 있다. BAE는 2002년 Raytheon의 유도비행 시험에 자사의 관성 측정 장치인 SIMUTM를 탑재하여 시연에 성공하였다. 이는 최근 Nano/MEMS 기술로 제작된 관성 센서의 적용 범위가 군사용 및 항법 보조용 등의 분야까지 확대되고 있음을 시사한다.

주요 대학 및 연구소의 최근 연구 동향을 살펴보면, 크게 기존 센서의 성능 및 수율 향상과 관련된 연구와 다축 관성 센서의 집적화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있음을 알 수 있다. ADI사를 비롯한 많은 연구진에서는 기존의 표면 마이크로머시닝 기술의 한계를 극복하기 위해 최근 SOI (Silicon On Insulator)를 이용한 벌크 마이크로머시닝 기술을 많이 활용하고 있다. 벌크 마이크로머시닝 기술은 고종횡비 구조물(HARS, High Aspect Ratio Structure)의 제작이 가능해, 관성 센서의 검지 용량을 크게 높여 고



〈그림 7〉 ADI 사의 SOIMEMS 공정으로 제작된 구조물의 단면도 (2003)



〈그림 8〉 본 연구실에서 제작한 전략급 자이로 센서 (2003)

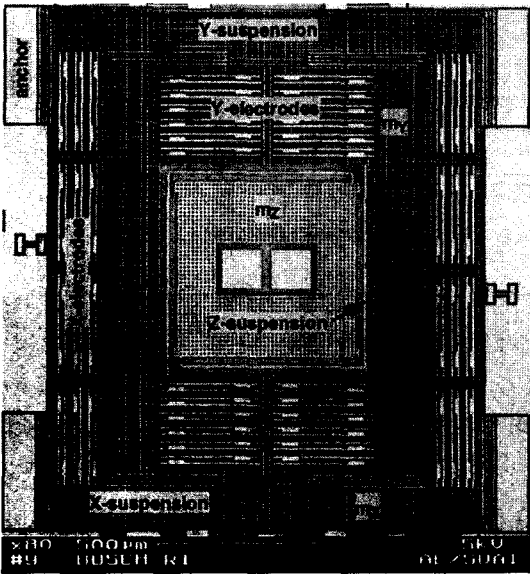
성능의 센서 제작이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 기존 표면 마이크로머시닝에 비해 상대적으로 회로와의 집적이 어려워 현재까지 많은 연구가 진행중인 분야이다. 그림 7은 최근 ADI사에서 개발한 SOIMEMS 공정으로 제작된 구조물의 단면도이다 [1].

그러나 SOI 기술의 경우 고종횡비 구조물을 식각할 때 실리콘과 매몰 산화막의 계면에서 발생하는 푸팅(footing) 현상이 센서의 성능 및 수율 면에서 심각한 문제가 되는 것으로 알려지고 있다. 푸팅 현상은 SOI 기술을 이용하여 고성능의 센서를 양산하는 데 있어 주된 기술적 난제 중 하나로 꼽히고 있으며, 때문에 SOI 기판을 이용한 제품의 상용화에 어려움을 겪고 있는 것으로 알려지고 있다. 특히 ADI의 경우

이러한 수율 상의 문제 때문에 SOIMEMS 공정은 양산 계획이 없다고 발표하였다.

본 연구실에서도 이를 해결하기 위해 SOI SBM (Sacrificial/Bulk Micromachining) 기술 및 Selective SOI 기술을 개발하고, 이를 이용하여 미해군의 지원 하에 고성능, 고수율의 관성 센서를 제작하고 있다 [2, 3]. 본 연구실에서는 이미 2000년 세계 최초로 0.01 %/sec 해상도의 전략급 자이로 센서를 개발한 바 있으며, 2003년 그림 8과 같은 0.0017 %/sec의 해상도를 갖는 고성능 자이로 센서를 발표한 바 있다 [4].

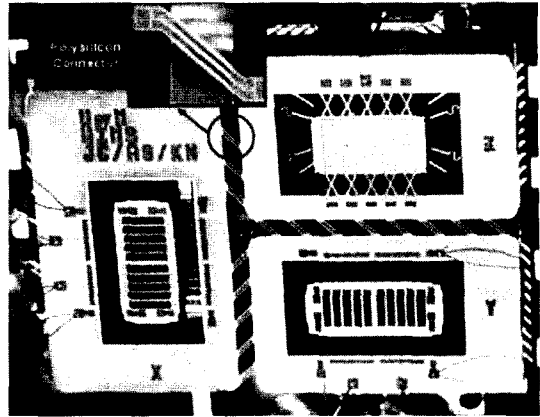
최근 관성 센서 연구의 또 다른 주된 흐름은 6자유도의 관성 측정 장치의 집적화에 관한 연구이다. 6자유도의 관성 측정 장치는 x, y, z 축 방향의 직선 운동을 감지하는 3축의 가속도 센서와 pitch, yaw, roll 축 방향의 회전 운동을 감지하는 3축의 자이로 센서로 구성되며, 이를 이용하여 공간상의 임의의 움직임을 측정할 수 있다. 기존 다축 관성 측정 장치는 완제품 수준의 단일 축 센서를 수작업으로 각 축에 정렬·조립하여 제작하였으나, 이는 휴대폰 등 소형 기기의 요구 사항을 충족시킬 수 없다. 또한 조립 과정에서 각 센서간의 정렬 오차가 필연적으로 발생하게 되어 센서의 성능 저하 및 측정 오차를 초래한다. 따라서 다축 관성 센서가 단일 기



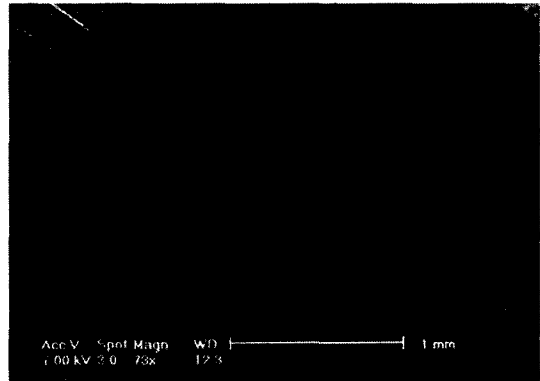
〈그림 9〉 Bosch에서 제작된 단일 센서 방식의 3축 가속도 센서 (2003)

판에 집적화될 경우 이러한 문제점을 해결하고, 크기와 가격 면에서 기존 시장의 요구를 충족시킬 수 있을 뿐 아니라 나아가 새로운 시장을 창출할 것으로 기대되고 있다. 그러나 다축 관성 센서를 단일 기판에 집적화하기 위해서는 기존의 수평 검지 및 수평 구동형 구조물을 제작하는 기술 이외에, 보다 복잡한 수직 검지 및 수직 구동형 구조물을 제작하는 고도의 공정 기술이 추가로 확보되어야 한다. 현재 주요 대학 및 연구 기관에서는 이를 위한 기반 기술 연구가 활발하게 진행 중이다.

다축 가속도 센서의 경우 최근 여러 제작 방식들이 시도되고 있다. 그림 9는 2003년 Bosch Inc. 에서 발표한 단일 센서 방식의 3축 가속도 센서이다 [5]. 이 방식은 센서의 전체적인 크기를 줄일 수 있다는 장점이 있으나 타축 감도의 문제가 있다. 한편 그림 10은 2003년 Michigan 대학에서 발표한 개별 x, y, z 축 센서 방식의 집적화된 3축 가속도 센서의 모습이다 [6]. 그러나



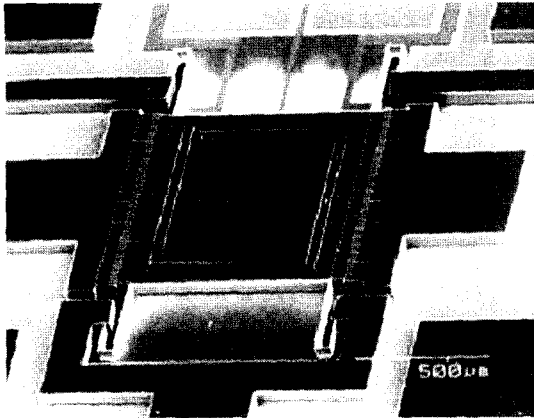
〈그림 10〉 Michigan에서 제작된 개별 센서 방식의 3축 가속도 센서 (2003)



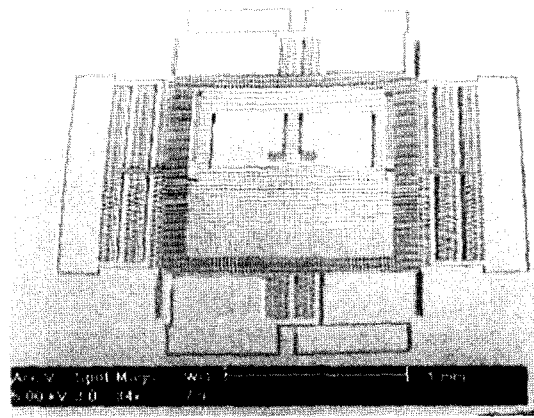
〈그림 11〉 본 연구실에서 제작한 세계 최초의 단결정 실리콘 z 축 가속도 센서 (2003)

이러한 다축 센서의 경우 웨이퍼 접합 등 복잡한 공정을 이용하여, 상하부 전극간의 정렬 오차 등 기술상의 난제들이 존재하고 있다. 때문에 본 연구실에서도 이러한 문제점들을 해결하기 위해, 한 장의 단결정 실리콘 기판 상에 완전 정렬된 수직 구조물을 제작할 수 있는 Extended SBM 공정을 개발하였다. 또한 이를 이용하여 2003년 세계 최초로 단결정 실리콘으로 제작된 z 축 가속도 센서를 발표하였다. 그림 11은 본 연구실에서 개발한 z 축 가속도계의 사진이다.

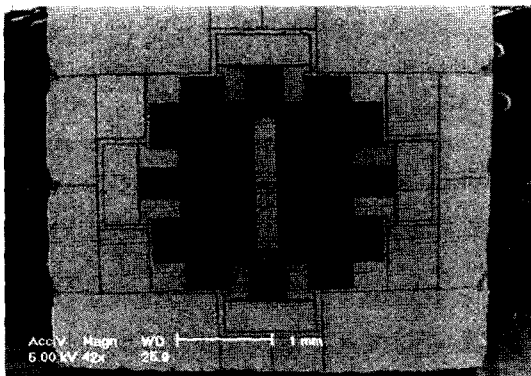
한편 다축 자이로 센서의 경우, z 축 입력 각속



〈그림 12〉 Murata에서 발표된 x 축 자이로 센서 (1999)



〈그림 13〉 삼성종합기술원에서 발표된 x 축 자이로 센서 (2001)



〈그림 12〉 본 연구실에서 제작한 세계 최초의 단결정 실리콘 x 축 자이로 센서 (2003)

도를 측정하는 자이로 센서와는 달리 x 축 혹은 y 축 입력 각속도를 측정하는 자이로 센서는 내부에 수평 및 수직 구조물을 모두 구현해야 한다는 어려움이 있다. 그림 12는 Murata 에서 1999년 실리콘과 유리 기판을 접합하여 제작한 x 축 자이로 센서이다 [8]. 또한 그림 13은 삼성 종합기술원에서 2001년 RSM (Reverse Surface Micromachining) 공정으로 제작한 발표한 x축 자이로 센서를 보여주고 있다 [9]. 이들 모두 웨이퍼 접합 및 바닥전극 방식을 사용하므로 상하

부 전극간의 정렬 오차가 발생하게 된다. 그림 14는 본 연구실에서 Extended SBM 공정을 이용하여 2003년 발표한 세계 최초의 단결정 실리콘으로 제작된 x축 자이로 센서이다 [10]. 본 연구실에서는 단일 웨이퍼 상에서 개별 x/y 축 가속도계, z 축 가속도계, x/y 축 각속도계, z 축 각속도계의 제작에 관한 연구를 완료하였으며, 현재 이 결과들을 통합한 집적화된 6축 관성 측정 장치의 연구가 진행중이다.

IV. 결론

관성 센서는 Nano/MEMS 분야에서 가장 활발한 연구가 진행되고 있는 분야 중의 하나이며, 잠재 시장 및 성장 가능성이 매우 높은 분야로 평가되고 있다. 또한 적용 분야에 따라 필요한 센서의 성능 지수의 범위가 매우 넓어, 일반용, 항법용, 차량용, 군사용 등 응용 분야에 맞는 특화된 제품의 개발이 절실히 요구되는 상황이다. 또한 제품 개발 과정에서 부수적으로 획득하게 되는 나노미터 (nm) 급의 공정 기술 및 미소 신호 처리 회로 기술은 산업 전반에 큰 파급

효과를 가져올 것이다.

아직까지 우리나라의 경우 군사용이나 항법용 관성 센서 등 높은 성능 지수를 요구하는 제품에 대한 연구 및 개발이 미진한 실정이다. 현재까지 관성 측정 장치를 양산하는 업체가 그리 많지 않아, 성공할 경우 세계 시장으로의 진입 가능성과 시장 선점 효과가 매우 클 것으로 예상된다. 마이크로 관성 센서는 향후 차세대 성장을 위한 기반 기술이며, 국내의 높은 반도체 및 Nano/MEMS 기술 수준과 인프라, 그리고 풍부한 원천 기술은 관성 센서를 비롯한 마이크로 센서 산업의 성공 가능성을 높게 하여 줄 것이다.

참고문헌

- [1] S. Lewis, S. Alie, Dr. T. Brosnihan, C. Core, T. Core, Dr. R. Howe, J. Geen, D. Hollocher, Dr. M. Judy, J. Memishian, K. Nunan, Dr. R. Payne, S. Sherman, B. Tsang, B. Wachtmann, "Integrated Sensor and Electronics Processing for $>10^8$ "iMEMS" Inertial Measurement Unit Components," International Electron Device Meeting, pp. 949-952, 2003
- [2] Lee, S., Park, S., Kim, J., Yi, S., and Cho, D., "Surface/Bulk micromachined single-crystalline silicon micro-gyroscope," IEEE/ASME Journal of Microelectromechanical Systems, vol. 9, no. 4, pp. 557-567, 2000.
- [3] J. Kim, S. Park, D. Kwak, H. Ko, and D. Cho, Carr, W., Buss, J., and Cho, D., "Robust SOI Process without Footing for Ultra High-Performance Microgyroscopes," Proceedings of Transducers 2003: 12th International Conference on Solid State Sensors and Actuators, pp. 1691-1694, 2003.
- [4] T. Song, S. Park, D. Kwak, H. Ko, and D. Cho, "Sacrificial Bulk Micromachined high performance z-axis micro-gyroscope," 제 11회 한국반도체학술대회, 2003
- [5] Ralf Reichenbach, Dietrich Schubert, Gerald Gerlach, "Micromechanical Triaxial Acceleration Sensor for Automotive Applications," Proceedings of Transducers 2003: 12th International Conference on Solid State Sensors and Actuators, pp. 77-80, 2003.
- [6] J. Chae, H. Kulah, and K. Najafi, "A Monolithic Three-axis Silicon Capacitive Accelerometer with micro-g Resolution," Proceedings of Transducers 2003: 12th International Conference on Solid State Sensors and Actuators, pp. 81-84, 2003.
- [7] H. Ko, J. Kim, S. Park, D. Kwak, and D. Cho, "A Novel Z-axis Accelerometer with Perfectly Aligned Vertical Combs Fabricated Using the Extended Sacrificial Bulk Micromachining Process," International Conference on Materials for Advanced Technologies, pp. 325-326, 2003
- [8] Y. Mochida, M. Tamura, and K. Ohwada, "A micromachined vibrating rate gyroscope with independent beams for the drive and detection modes," Tech. Dig. 12th IEEE International Conference on Microelectromechanical Systems, pp. 618-623, 1999.
- [9] B. Lee, S. Lee, K. Jung, J. Choi, T. Chung, and Y. Cho, "A de-coupled vibratory gyroscope using a mixed micro-machining technology," Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on robotics & Automation, pp.3412-3416, 2001.
- [10] J. Kim, S. Park, D. Kwak, H. Ko, and D. Cho, "Extended Sacrificial Bulk Micromachining Process and Its Application to the Fabrication of X-axis Single-crystalline Silicon Micro-gyroscope," IEEE International Conference on Microelectromechanical Systems, 2004, accepted

저자소개



조 동 일

1987년 미국 Massachusetts Institute of Technology, 공학박사
 1993년 - 현재 서울대학교 공과대학 전기컴퓨터공학부 조교수/부교수/교수
 1996년 - 현재 서울대학교 공과대학 기술정책과정 겸임교수
 2002년 - 현재 서울대학교 나노과학기술협동과정 겸임교수
 2003년 - 현재 서울대학교 마이크로시스템기술센터 센터장
 2003년 - 현재 (사단법인)MEMS기술연구조합 이사장
 주관심분야 실리온 나노/마이크로 공정, 고성능 가속도 및 각속도 센서, 실리온 나노 팁, 생체 전자, 고주파 MEMS

고 형 호

현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사과정
 주관심분야 실리온 마이크로머시닝, 초소형 관성 센서의 인터페이스 회로

박 상 준

현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 공학박사
 주관심분야 실리온 마이크로머시닝, 초소형 관성 센서의 설계, 제작, 검증, GaAs 마이크로 머시닝

곽 동 훈

현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사과정
 주관심분야 마이크로 센서의 구조 설계 및 시뮬레이션

송 태 용

현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사과정
 주관심분야 글래스 마이크로머시닝, 마이크로 센서의 진공 실장

박 용 화

현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사과정
 주관심분야 마이크로 관성 센서의 인터페이스 설계 및 페루프 제어

이 상 철

현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사과정
 주관심분야 실리온 마이크로머시닝, 광통신용 마이크로 모듈의 설계 및 제작, 측정

용 어 해 설

주문형 PC (Build To Order PC ; BTO PC)

고객 주문에 맞춰 생산하는 PC. 일단 기본 골격이 되는 제품과 부속품들을 생산한 뒤 주문자가 요구하는 사양대로 추가하거나 변경하여 제품을 개별 생산한다. 생산자들은 컴퓨터 제조원가는 물론 유통재고를 획기적으로 줄일 수 있고, 소비자들은 다양한 주변 기기 옵션들을 직접 선택하거나 주문하여 성능 향상을 기할 수 있다.

객체 관계형 데이터베이스 (Object Relational Database ; ORDB)

관계형 데이터베이스(RDB)를 객체 지향 모델링과 데이터 관리 기능을 갖도록 확장한 데이터베이스 기술. 기존의 RDB는 다양한 데이터 형식의 지원, 복잡한 데이터 처리를 위한 지원 등이 부족해 멀티미디어 데이터 관리 및 처리, 포인터 향해, 데이터의 다중 관리 등에 문제점이 있었다. 그러한 문제점을 해결하고 객체 지향 데이터베이스(OODB)의 문제점인 백업, 유지 보수, 복구 등을 해결하기 위해 기존 네트워크 데이터베이스(NDB), RDB, OODB의 장점을 모두 취한 것이다. NDB의 포인터 및 향해 특성, RDB의 유연성, 데이터 독립성, 표준 질의어 지원 특성, OODB의 상속(inheritance) 및 캡슐화 특성이 그것이다. ORDB는 객체 데이터 모델의 특수한 하나의 경우로서 관계형 데이터 모델과 RDB에서 지원하는 수준의 질의어 제공, 질의 최적화, 동시성 제어, 트랜잭션 관리 기능을 제공한다.