

MEMS 신뢰성 평가 기술의 현황과 필요성

글 ◦ 박 준 협 / 동명정보대학교, 교수

e-mail ◦ jhyubpark@korea.com

이 글에서는 MEMS 신뢰성 평가 기술의 필요성에 대해서 알아보고, MEMS 신뢰성 평가 기술의 국·내외의 연구 동향에 대해 살펴보았다.

공학 기술의 발전은 삶의 질 향상을 위해 서 끊임없이 발전되어 왔다. 이러한 삶의 질 향상이라는 요구에 부응하기 위해서는, 21세기에서 요구되는 첨단제품의 특성은 극소형(고밀, 대용량), 고성능(고속, 다기능), 저전력(휴대의 편의성) 등을 갖추어야 한다.

이러한 요구에 따라 1980년대 중반 초소형정밀기계(MEMS : Micro Electro Mechanical Systems)기술이 탄생했다. MEMS는 반도체 일괄공정으로 제작된 기계/전자 요소를(그림 1 참조) 하나의 Chip에 집적시킨 복합융합 기술의 산물이다.

최근 MEMS 기술에 관심이 고조되고 있는 이유 중의 하나는 20세기 전자 소자의 집적화 및 경박 단소화를 통한 전자제품의 발전과정과 동일한 관점에서 21세기 기계-전자 복합 시스템의 발전 과정에서 유추할

수 있기 때문이다. 즉 전자 시스템이 후막 접속 형태에서 박막 접속 형태를 거쳐 집적 형태로 발전하였듯이, 기계-전자 복합시스템도 기존의 기전접속 형태에서 기전집적 형태로 발전할 것이라 전망하고 있다. 또한 MEMS 기술은 기존의 정밀 메카트로닉스 기술을 기반으로 한 기계-전자 복합 시스템의 개념 전환을 통해 한 단계 더 발전한 소형화, 경량화, 다기능화, 고속화, 고신뢰도, 저전력 소모, 가격의 저렴화를 이룸으로써 기전복합 시스템의 경박단소화를 촉진시키는 원동력이 되리라 예상하고 있다. 그러나 여기서 유의해야할 점은 전자요소만으로 구성된 시스템과 기계-전자 복합 시스템과의 차이점이다. 따라서, MEMS 기술은 기존의 기전접속 시스템 중 요소 집적이 유리한 분야, 극미세 광-기계·유체 소자 특유의 동작

원리를 이용한 신제품 창출 기능 분야 등으로의 적용이 일차적 관심이 된다.

MEMS 핵심기술은 정보통신, 컴퓨터, 가전전자, 의료환경, 자동차/항공, 우주/해양 등 차세대 주요 성장산업에 필요한 첨단 핵심기술의 근간을 제공한다. 특

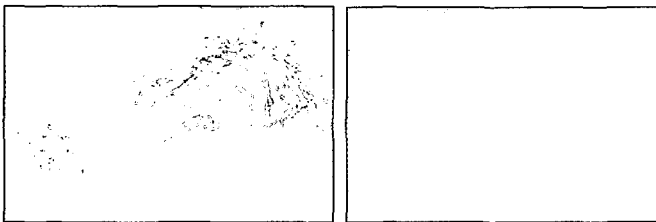


그림 1 미국 Sandia 연구소에서 제작한 MEMS 구동장치 위의 진드기 모습(좌)과 MEMS 구동장치를 확대한 그림(우)



표 1 일반전자제품(IC)과 MEMS 제품의 차이점

구분	전자제품(IC)	MEMS
구조적 특성	2차원	3차원
동작 형태	정적	동적
에칭 깊이	1 μ m 이하	1 μ m 이상
형상비	2:1 이하	수십:1 이상
희생층	없음	있음
주요기술	전기적	기계/광학/유체/전기적

다. 표 1에서 보는 바와 같이 반도체 등 전자제품은 주로 전기공학 기술로써 평면적인 기술인데 비해서 MEMS는 전기, 기계, 광학 등 여러가지 기술의 융합을 필요로 한다. 따라서 이미 확보된 전자제품 또는 기계 부품의 신뢰성 기술 만으로는 MEMS 제품의 신뢰성을 확보할 수 없다. MEMS에서의 신뢰성 문제는 단순히 전자제품과 기

히 전 산업분야에 걸쳐 일어나고 있는 고부가가치 첨단제품의 극소화 발전경향에 비추어 볼 때, 미소부품에 미시적 소프트웨어적인 기능 부여가 가능한 MEMS 기술은 미래 지식집약 신산업 형성과 고부가가치 혁신제품 창출이 가능한 미래 산업의 핵심 기술이라 할 수 있다. 또한 MEMS 기술은 미래 반도체, 가전전자, 정보통신, 컴퓨터, 자동차/항공, 우주/해양, 의료/환경 산업뿐만 아니라 의약, 화학, 소재 등 자본재 산업에까지 파급효과가 확산될

계부품의 산술적인 합보다 훨씬 다양한 문제가 있다.

이에 따라, 미국 등 선진국에서는 1999년 이후를 "The post-euphoria era of MEMS"라 정의하고, 국가 연구소(Sandia National Lab, NASA 등), 대학(Stanford, MIT, Berkley, Illinois 등), 기업체(Motorola, IBM, Texas Instrumrnt 등)들이 유기적이고, 체계적인 연구 및 기술력 축적을 위한 시스템이 구축되어 MEMS의 상업화를 위해서

전망이며, 미래 첨단 분야인 생명/유전자공학, Nanotechnology 분야에서 기반 기술로써 관련 첨단 제품 실현을 가능하게 할 것이다.

그러나 제2의 실리콘 혁명이라는 MEMS의 실용화를 가로막고 있는 가장 큰 요인 중의 하나가 신뢰성 기술이

표 2 각종 MEMS 제품에 나타나는 신뢰성 문제들(Sandia Lab)

Product	Failure Mechanism																				
		Creep	Mechanical Wear	Fracture	Fatigue	Optical Degradation	Charging	Shock	Vibration	Dielectric Breakdown	Charging in Friction	Radiation	Thermal Degradation	Thermal Cycling	Humidity	Stress-corrosion cracking	Creep	Environmental Degradation	Optical Degradation	friction	
DNA Sequencers	I																				
Microfluidics (electrostatic)	I																				
Nozzles	I																				
Chemical Sensor	I																				
Accelerometer	II	M	L	M		H	M	M			L	M			M		L				M
Pressure Sensor	II		L	M					L	L				L	M			M	H		
Gyro	II							H	H	M						M					
Microfluidic Pumps (Flex)	II		L	M					L	L							L	L	H		L
Waveguide Switch	II		L	L	M				M	M						L	L	L	L		M
Thermal Actuator	III	L							L	L					L	L					M
Valves	III	M	L	L					L	L					L	L		L	H		H
Micro relays	III	M	L	M				M	M	M	L	L			L	L		L	L		M
Electrostatic Actuator	IV	L	L	L					M	M					M	L	L	L			M
Optical Shutter	IV	M	L	L					L	L					M	L	L	L			M
Mirror Device	IV	L	L	M	M				H	H					M	L	L	L			M
Microfluidic Pumps (Rubbing)	IV	H	L	L					L	L					L	L	L	L		H	M
Gated Devices	IV	H	L	L					L	L	L				L	L	M	L	L	L	L
Microthruster/Fan	IV	M							L	L					L	L	L	M			M

L = low concern, M = medium concern, H = high concern, m = measured quantity



연구하고 있다.

특히 미국 샌디아 연구소(www.sandia.gov)에서는 MEMS의 신뢰성 연구만을 전문적으로 수행하는 실험실을 두고 집중적으로 연구하고 있다. 흥미로운 것은 기초연구뿐만 아니라 MEMS 제품에서의 고장물리도 연구할 수 있는 SHiMMeR (Sania High Volume Measurement of Micro-machine Reliability)라는 장비를 개발하여 MEMS 상품화를 촉진할 수 있는 실용적인 연구를 수행하고 각종 MEMS 제품을 아래와 같이 네 가지로 분류하고, 각 제품에서 어떤 신뢰성 문제가 있는지를 표 2와 같이 발표하고 있다.

- 1) Class I : No moving parts,
- 2) Class II : Moving parts(No rubbing or impacting surfaces)
- 3) Class III : Moving parts(Impacting surfaces)
- 4) Class IV : Moving parts(Impacting and rubbing surfaces)

표 2에서 세로축은 대표적인 MEMS 제품들이고 가로축은 그 제품들에서 나타난 신뢰성 문제들을 나타낸다. 그 외에 MEMS의 신뢰성에 관한 연구를 수행하고 있는 해외 연구기관은 표 3과 같다.

그림 2에서 보는 바와 같이 국내 대표기업 중의 하나의 경우에도, MEMS 상품화에 있어서 주요 프로세스 중에서 MEMS 상품

표 3 MEMS 신뢰성 관련 국내외 동향

국가	기관명	전문가명	주요실적 & 개발년도
미국	Standford Univ.	W.D. Nix	박막의 기계적 특성평가기술
	Wisconsin Univ.	H. Guckel	박막 잔류응력 평가
	Sandia Nat'l Lab.	W.M. Miller K.A. Peterson	MEMS Reliability
	Havard Univ.	A.G. Evans	이종계면 파괴인성 평가기술
	NASA	R. Lawton	
	Jet Propulsion Lab.	S. Kayali	MEMS 파손현상규명 및 Reliability 평가
	MIT	S.B. Brown	마이크로 소재 피로특성평가
	Berkeley Univ.	G. C. Johnson	다층박막의 물성 평가
	Case Western Univ.	M. A. Huff	열응력 영향을 고려한 물성 해석
	California Univ.	C. J. Kim	MEMS 기계적 특성 평가
	Colorado Univ.	S. J. Cunningham	마이크로 소재 및 구조물의 기계적 특성평가
	Cornell Univ.	N. C. Macdonald	미소파괴특성해석
	Johns Hopkins Univ.	W. N. Sharpe	축하중 시험기를 이용한 인장특성평가
유럽	Max Planck Inst.(독일)	E. Arzt	미세파손해석 및 제어
	Dresden Univ.(독일)	B. Nowak C. Wenzel	계면접합력 평가
	Aktiv sensor(독일)	K. Baumann	마이크로 시스템 계면특성 평가
	Freiburg Univ.(독일)	W. Menz	미소변형특성 측정 시스템
	Twente Univ.(네덜란드)	M. Elwenspoek	MEMS 박막소재물성
	Uppsala Univ.(스웨덴)	F. Ericson S. Greek	탄성계수 및 파괴강도 평가
	Paris Univ.(프랑스)	P. Hesto P. Allia	공명진동수 해석을 통한 기계적 물성 평가
일본	동경대학	H. Fujita	마이크로시스템의 구조특성 분석
	나고야 대학	S. Okuma K. Sato	미세구조물의 접합력 평가 박막물성 분석 및 평가
	Hitachi	S. Imai	마모특성평가

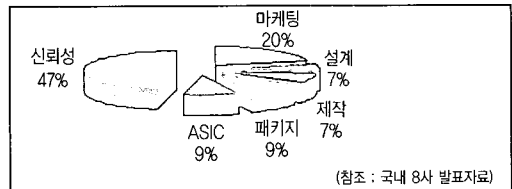


그림 2 현재 MEMS 제품 상품화 과정에서 결림돌의 상대적 비중

화 선진 기업에 뒤떨어진 분야가 신뢰성 분야라고 자체 분석을 하고, 신뢰성 기술 향상에 박차를 가하고 있다.

따라서 우리나라의 주력사업(반도체, 가전, 자동차, 조선, 섬유 등)의 국제 경쟁력이 갈수록 저하하고 있는 시점에서 신뢰성 기술 확보로 새로운 산업인 MEMS 제품의 상품화를 통해서 21C 국가 경쟁력을 제고시킬 수 있을 것으로 생각된다.