

'95マイクロマシン訪米調査ミッション

調査報告書

平成8年5月

財団法人マイクロマシンセンター

はじめに

マイクロマシン技術が次世代の基盤技術として注目され、まだその歴史は浅いにも拘わらず、世界の大学、研究機関、あるいは企業において活発な研究開発が行われています。財団法人マイクロマシンセンターは1992年1月に設立以来、マイクロマシン技術の基盤を確立し、マイクロマシンが経済社会において広く普及することを目指して活動しています。

当センターの事業の一つに国際交流事業があり、その中核をなす一つとして海外への調査団の派遣があります。過去調査団の派遣は7回行われており、いずれも国際学会あるいは海外との交流セミナーに参加し、また同時に周辺研究機関を訪問し技術動向を調査すると共に、技術者間の交流を図ることを主たる目的としてきました。今回の調査団は、本年2月11日～15日にアメリカ・カルフォルニア州サンディエゴで開催されたIEEE Workshop MEMS'96に参加すると共に、アメリカ及びカナダの研究機関を訪問しました。特にカナダへの調査団の派遣は今回が初めてであり、今後もより一層の技術交流拡大が期待されます。

IEEE Workshop MEMS'96の参加者は、約400名であり、前回オランダ・アムステルダムで開催された参加人数247名に比べ大幅に増加しました。発表件数については、全発表件数91件中、日本からの発表件数は27件であり、産技プロ関連発表は10件でした。ワークショップ主催国のアメリカ(34件)を除くと日本からの発表件数は群を抜いており、日本のマイクロマシン技術、また当センター関連の研究・開発内容が高く評価されていることが分かりました。また今回、韓国あるいは中国等から多数の参加者があったことが注目されます。

調査団はIEEE Workshop MEMS'96に参加した後、アメリカ・サンフランシスコ市にあるStanford Research Institute (SRI) International とカナダ・バンクーバー市にあるSimon Fraser University を訪問しました。訪問先では当センターの活動を紹介し、また訪問先の活動紹介を受け、更にこれらに関し活発な討論を行い、これを通じて相互の技術交流を図ることができました。

この報告書は調査団のメンバーが分担して上記の調査内容をまとめたものです。この調査結果が参加した調査団員の今後の研究開発活動に生かされるだけでなく、マイクロマシンセンターの各種の事業活動に生かされることを願っています。また調査団員が12日間にわたって行動をとるに、親交を深めたことは今後の研究開発の円滑な推進に大きく貢献することと期待する次第です。

最後に、団員各位のご協力と関係各位のご高配に深く感謝いたします。

平成8年5月

'95 マイクロマシン訪米調査団
団長 須藤 徹也
(財団法人マイクロマシンセンター)

目 次

はじめに

1. 調査団概要	1
1.1 団 員	1
1.2 日 程	2
1.3 訪問研究機関	2
2. 調査結果	3
2.1 調査概要	3
2.1.1 訪問先研究機関について	3
2.1.2 MEMS'96 について	4
2.2 研究機関訪問	5
2.3 MEMS'96 発表内容報告	15
2.3.1 口頭発表	16
(1) Porous Silicon - A New Material for MEMS	16
(2) Single-Crystal Silicon Actuator Arrays for Micro Manipulation Tasks	18
(3) Laminated High-Aspect-Ratio Microstructures in a Conventional CMOS Process	21
(4) A Microactuator System for the Study and Control of Screech in High Speed Jets	23
(5) A 1.5V Supplied, CMOS ASIC for the Actuation of an Electrostatic Micromotor	26
(6) Independent Tuning of the Linear and Nonlinear Stiffness Coefficients of a Micromechanical Device	29
(7) Photolithography in Anisotropically Etched Grooves	31
(8) Integrating SCREAM Micromachined Devices with Integrated Circuits	33
(9) Multi-layered Fabrication of Microstructures and Thin Film Transistors - Application to Polycrystalline Silicon Field Emitters Controlled by TFTs-	35
(10) Elimination of Post-release Adhesion in Microstructures Using Thin Conformal Fluorocarbon Films	37
(11) Anodically Bonded Silicon Membranes for Sealed and Flush Mounted Microsensors	39
(12) Two-Dimensional Micro-Self-Assembly Using the Surface Tension of Water	41
(13) Fine Surface Finishing Method for 3-D Dimensional Structure	43

(14)	Electroplated Thick CoNiMnP Permanent Magnet Array for Micromachined Magnetic Device Applications	46
(15)	Micromachined Polymer Magnets	48
(16)	Nanotribology and Nanomechanics of MEMS Devices	51
(17)	Miniaturised Friction Force Measuring System for Tribological Research on Magnetic Storage Devices	53
(18)	Micro Mechanical Single Crystal Silicon Fracture Studies - Torsion and Bending	57
(19)	A Surface-Micromachined Shear Stress Imager	59
(20)	Scaling of Thermal CMOS Gas Flow Microsensors: Experiment and Simulation	64
(21)	A Virtual Prototype Manufacturing Software System for MEMS	66
(22)	3D Modeling of Contact Problems and Hysteresis in Coupled Electro-Mechanics	68
(23)	Coupled 3D Thermo-electro-mechanical Simulations of Microactuators	70
(24)	Dynamic Observation of Superconducting Vortices Near Pinning Centers Using Electron Waves	73
(25)	α (6H)-SiC Pressure Sensors for High Temperature Applications	74
(26)	Standard CMOS Piezoresistive Sensor to Quantify Heart Cell Contractile Forces	77
(27)	A Coriolis Mass Flow Sensor Structure in Silicon	79
(28)	A Silicon Micromachined Vibrating Gyroscope with Piezoresistive Detection and Electromagnetic Excitation	81
(29)	Single- and Multi-layer Electroplated Microaccelerometers	83
(30)	A Pure CMOS Surface Micromachined Integrated Accelerometer	86
(31)	A Wide Frequency Range, Rugged Silicon Micro Accelerometer with Overrange Stops	88
(32)	Low Power, Wide Range Threshold Acceleration Sensing System	92
(33)	Micromachined Silicon Fuel Atomizers for Gas Turbine Engines	95
(34)	An Improved Valve-Less Pump Fabricated using Deep Reactive Ion Etching	98
(35)	A New Micropump with Bidirectional Fluid Transport and Selfblocking Effect	103
(36)	Monolithic Capillary Gel Electrophoresis Stage with On-Chip Detector	105
(37)	A Modular Micromachined High-Density Connector for Implantable Biomedical Systems	108

(38)	Packaging and Qualification of MEMS-Based Space Systems	110
(39)	Attachment/Detachment Electrostatic Micro Actuators for Pan-tilt Drive of a Micro CCD Camera	113
(40)	A Micromechanical Relay with a Thermally-Driven Mercury Micro-Drop	115
(41)	Heat Transmission Effects of Hetero-Material(Al-PZT) Direct Bonding on an In-Pipe Micro Inspection Machine	117
2.3.2	ポスター発表	119
(1)	Surface-Micromachined Electrostatic-Comb Driven Sanning Micromirrors for Barcode Scanners	119
(2)	Exploring Polysilicon Micromotors for Data Storage Micro Disks	121
(3)	Electrostatic Microactuators with Integrated Gear Linkages for Mechanical Power Transmisson	123
(4)	Response Time Measurement of Electrostatic S-Shape Film Actuator Related to Envirmental Gas Pressure Conditions	124
(5)	Transverse Mode Electrostatic Microactuator for MEMS-based HDD Slider	125
(6)	Development and Characterization of Micro-Mechanical Gratings for Optical Modulation	127
(7)	Fabrication of Packaged Thin Beam Structures by An Improved Drying Method	128
(8)	Polycrystalline Silicon Carbide for Surface Micromachining	130
(9)	Design and Fabrication of a Miniature Pressure Sensor Head Using Direct Bonded Ultra-Thin Silicon Wafers	132
(10)	(Nd, Tb)-Fe-B Thin Film Magnets Prepared by Magnetron Sputtering	133
(11)	Deep Dry Trench Etching in Silicon for MEMS Application	134
(12)	Low-Strain Sputtered Polysilicon for Micromechanical Structures	136
(13)	Sputtered High d ₃₁ Coefficient PZT Thin Film for Micro Actuators	138
(14)	Heavy Ion Induced Etch Anisotropy in Single Crystalline Quartz	139
(15)	Silicon-Silicon Anodic-Bonding with Intermediate Glass Layers Using Spin-on Glasses	140
(16)	Thermally Assisted Ion Beam Etching of Polytetrafluoroethylene a New Technique for High Aspect Ratio Etching of MEMS	142
(17)	A Multi-level, LIGA-Like Process for Three Dimensional Actuators	145
(18)	Active Endoscope with SMA(Shape Memory Alloy) Coil Springs	147
(19)	Electrochemical and Optical Processing of Micro Structures by Scanning Probe Microscopy (SPM)	148

(20)	Development of Mass Productive Micro Stereo Lithography (Mass-IH Process)	150
(21)	A New Fabrication Method for Micro Actuators with Piezoelectric Thin Film Using Precision Cutting Technique	154
(22)	Micro Ultrasonic Machining and Self-Aligned Multilayer Machining/ Assenbly Technologies for 3D Micromachines	158
(23)	Fabrication of 3D Quantum Optical Devices by Pick-and-Place Forming	161
(24)	Coil Winding Process for Radial Gap Type Electromagnetic Devices with Cylindrical Stator	162
(25)	Fabrication of Microcomponents Using Adhesive Bonding Techniques	163
(26)	Status and New Evaluation Method of Interfacial Oxide between Directly-bonded Si Wafer Pairs	164
(27)	Mechanical Properties of Relatively Thick, Surface Micromachined, Polysilicon Films	165
(28)	Friction and Pull-off Force on Silicon Surface Modified by FIB	167
(29)	Adhesion Forces Reduction for Micromanipulation Based on Micro Physics	169
(30)	Micro Tensile-test System Fabricated on a Single Crystal Silicon Chip	170
(31)	Comparison of Wall Attachment and Jet Deflection Microfluidic Amplifiers	172
(32)	Micromachined Diffuser/Nozzle Elements for Valve-Less Pumps	173
(33)	Bistable Microvalve with Pneumatically Coupled Membranes	174
(34)	Modular Concept for Fluid Handling Systems; A Demonstrator Micro Analysis System	176
(35)	Micro Electro Thermo Fluidic(METF) Liquid Microprocessor	177
(36)	Capacitive Sensors Made by Polymer Processing on Silicon	177
(37)	A Monolithic Optical Displacement Measurement Microsystem	178
(38)	Flexible Microgripper and its Application to Micromasurement of Mechanical and Thermal Properties	180
(39)	Optical Micro Encoder Using Surface-Emitting Laser	183
(40)	An Ink-jet Head Using Diaphragm Microactuator	185
(41)	A Micromotion Amplifier	188
(42)	High-Density Silicon Microprobe Arrays for LCD Pixel Inspection	190
(43)	Non-Contact Micromanipulation Using an Ultrasonic Standing Wave Field	193

(44) Fast Mixing by Lamination.	195
(45) A Force Sensor Using a CMOS Inverter in View of its Application in Scanning Force Microscopy	197
(46) Piezoelectric Cantilever Array for Multiprobe Scanning Force Microscopy	199
(47) Micro Active Forceps with Optical Fiber Scope for Intra-Ocular Microsurgery	201
(48) Power Characteristics of 3-D Operated Microturbines for Minimally Invasive Therapy	203
(49) A Miniature, High Performance Magnetometer Based on Electr on Tunneling	205

おわりに