

마이크로 시스템 관련 일본 도호쿠 대학의 소개 및 PowerMEMS 2003 학회 요약

한국에너지기술연구원
이승재

1. 일본 도호쿠 대학교의 연구 현황

도호쿠 대학교의 Mechatronics and Precision Engineering 학과에서는 20여년 전부터 Essashi 교수에 의해 MEMS를 연구하기 시작하였다. 또한 이과에는 Venture Business Laboratory가 따로 설립되어 여러 나라들로부터 온 50-60명이 3-4개의 청정 실험실에서 다수의 MEMS 장비들을 이용하여 연구를 하고 있어, 연구규모가 단순한 대학 내의 연구 규모를 넘어 서고 있다. 이 연구실에서 수행하고 있는 연구 분야에 따라 다음과 같이 네 개의 그룹으로 나누어져 있다.

1) Microstructures and sensors:

기존의 반도체 공정에서 사용되어온 회로 집적 기술을 바탕으로 하여, 매크로 크기의 센서와 같은 장치들을 마이크로 크기로 줄이고, 또한 나아가 새로운 개념의 센서들을 개발하고 있다. 이러한 마이크로 크기의 센서들은 컴퓨터 주변장치들이나 의학용 기계등에 사용될 수 있으며, 또한 우주 산업용 기계 개발에 이용되어 진다.

2) Micro energy sources:

미세 공정 기술을 이용하여, 가스 터빈, 연료전지, 로켓 등 에너지를 생성 시킬 수 있는 장치들을 극소화 시키는 연구를 수행하고 있다. 특히 마이크로 연료전지에 필요한 각각의 장치들인 개질기, 연료-공기 주입장치, 마이크로 반응기 등을 제작, 테스트 하고 있다. 또한 연료전지의 효율을 높이기 위해 마이크로 연료전지를 작은 실리콘 판위에 집적시키는 연구가 활발히 진행 되고 있다.

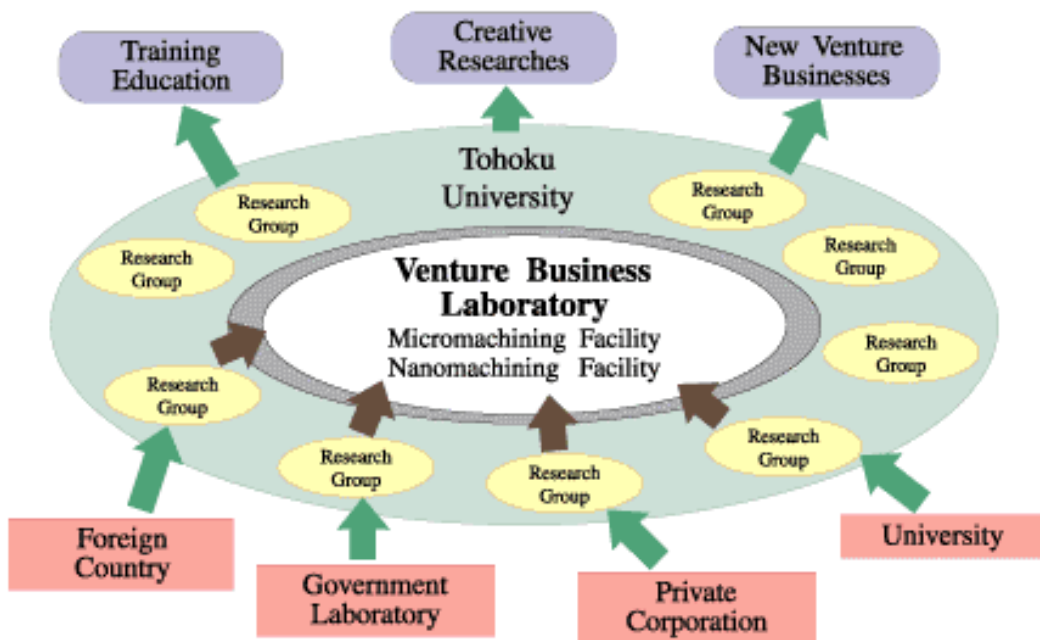
3) Micro electron emitters and optics:

미세 가공기술을 마이크로 광학 분야에 접목시켜, projection display를 위한 마이

크로 거울 장치, 광학 장치를 칩위에서 실현시키기 위한 optical bench on chip, 주사탐침 현미경을 위한 마이크로 탐침, 레이저 스캐너, 광학 스위치 등을 개발하고 있다.

4) High density data storage and nanomachining:

주된 연구분야는 탄소 나노 튜브를 개발하여, 이를 전자현미경등의 탐침등에 응용하는 것이다. 이를 위하여, 실리콘 칩에 미세 공정 기술을 이용하여 정교하게 제작된 실리콘 팁 위에 탄소 나노 튜브를 성장 시키고 있다. 그밖에 탄소 나노 튜브의 다양한 응용과, 다른 여러 재료들의 나노 구조를 연구 개발하고 있다.



[그림 1] 도호쿠 대학에 설치된 Venture Business Laboratory와 연계된 연구 조직도

The Main Research Results

Sensors and micromachines with micro- and nano-machining

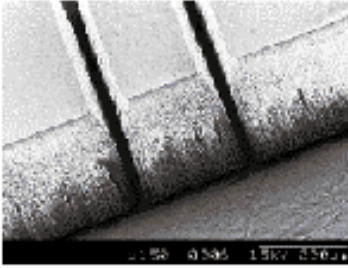
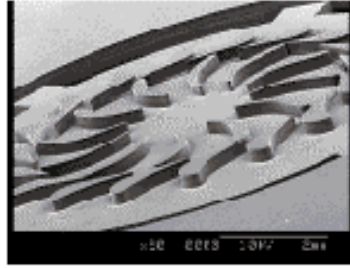
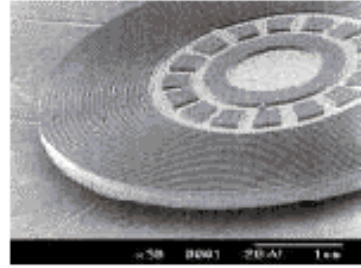


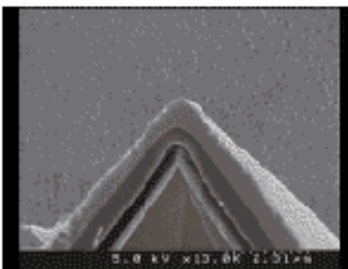
Figure shows an example of through-out etching of Pyrex glass (200mm in thickness). Deep RIE can be applied for many kinds of material such as Pyrex glass, PZT, SiC and so on.



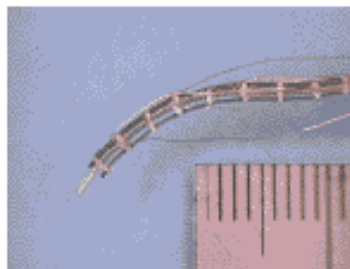
Silicon micro air turbine for rotating an integrated wire grid polarizer have been fabricated as a polarization modulator needed for infrared surface adsorption spectroscopy.



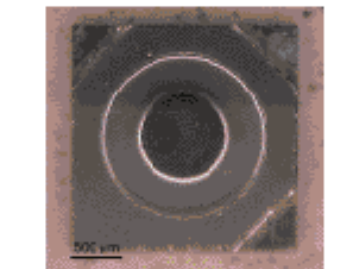
An electrostatically levitating micromotor has been developed for a high precision inertia measurement system. The rotor is fabricated using the deep RIE of silicon.



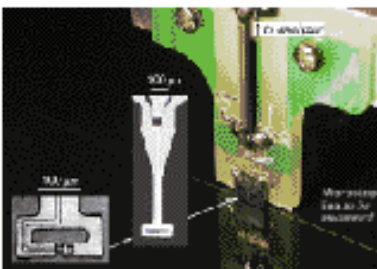
Cross section of a tip used for near field scanning optical microscope. This very small aperture (20nm) is made by Si isotropic etching and thermal oxidation.



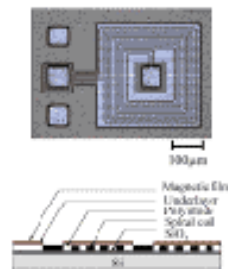
Active catheters for using vasucular surgical operation. Distributed shape memory alloy (SMA) coils are utilized as actuators for movement in multi-degrees of freedom.



This sensor detects the relationship between the displacement and reaction force of the ossicles during the surgery. The load applied to the center of the sensor is detected as a change of the sensor capacitance.



Magnetic detector of shielded loop coil to detect high frequency near magnetic field. This sensor can use for balun and eliminate the induced voltage from the electronic field.

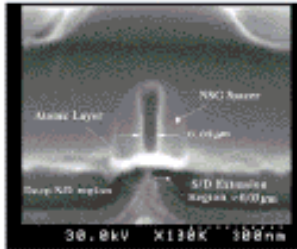


Magnetic thin film inductor for impedance matching of mobile telephones. The inductance of the inductor increase 50% by using the CoNbZr thin film at 1GHz.

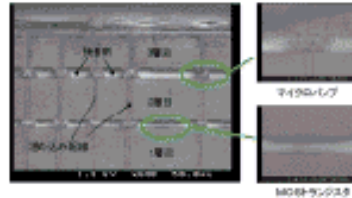


A capacitive micro-accelerometer for subsurface seismic measurement. This sensor has comparable sensitivity and frequency characteristics with conventional piezoelectric seismometers.

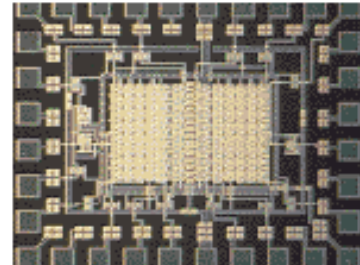
Integrated microsystem and microelectronics



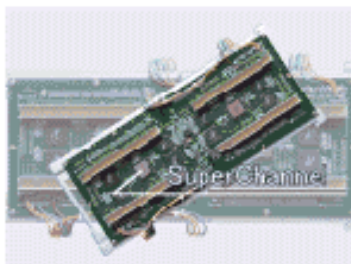
Cross section of transistor gate length is 0.05mm. The transistor was made by absorbed atomic monolayer diffusion method.



Cross section of 3-D integrate circuit mady by 3-D integrate technology. We can see each 3 layers include CMOS circuit is well bonded



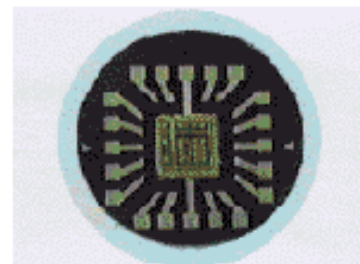
3-D multiport memory test chip for parallel processor system without bus bottleneck using 3-D integrated technology



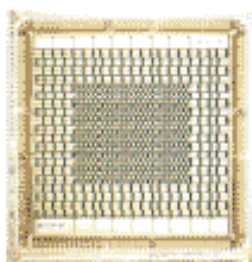
A high-speed network chip for high performance parallel computer, "Super Channel". Each SC have bandwidth reaches 533MB/second/processor



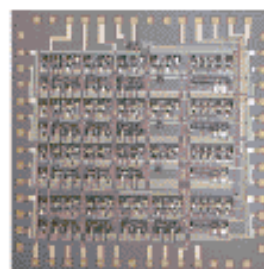
Parallel processor system designed for Monte Carlo Analysis. A special paralel microprocessor for Monte Carlo simulation has been developed to perform a compact and low cost multi-processor system.



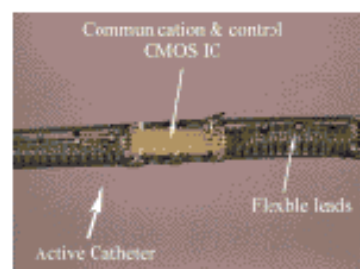
This photographs show a resonant tunneling cathode. The characteristic electron emission related to the resonance effect of subbands in quantum structures is observed from the resonant tunneling cathode.



This figure shows a neuromorphic analog vision chip. This chip mimicked the retina function and primary visual cortex function such as contrast emphasis and orientation detection.

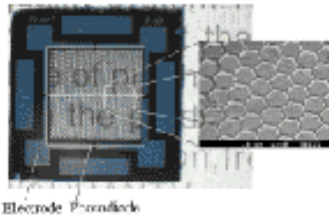


A new neural network chip composed of quantized synapses , 4 neurons and 16 synapses. The chip size of a quantized connection neural network can be reduced greatly since the circuit is quite simple and it requires less memory devices.

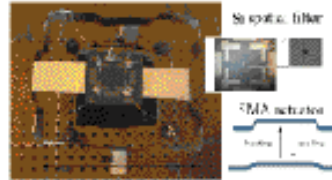


Active catheter which has integrated communication and control circuit. The integrated circuits are incorporated within each links for minimize the number of lead wires. The three common lead wires for communication was made by flexible polyimide-based interconnection.

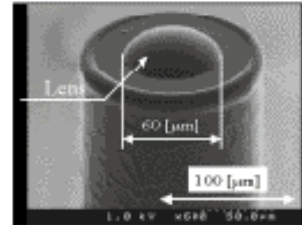
Micro-optics and opto-mechanical systems



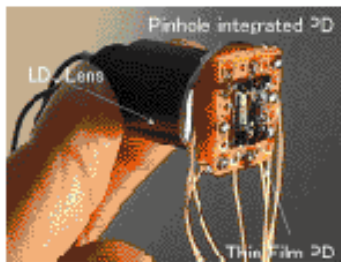
Transmission-type optical beam position sensor. Most of the light passes through the sensors due to the photocells with mesh-structure. Therefore, the sensors can be placed in tandem for the alignment of several optical components.



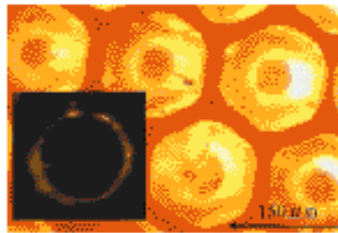
Automatic pinhole spatial filter with shape memory alloy actuator. The pinhole spatial filter with automatic alignment function is an indispensable component in laser interferometer and holography.



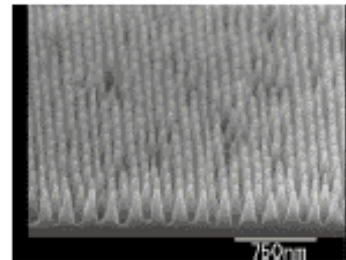
Optical fiber with lens. Fiber connections are essential for constructing optical fiber network. In order to improve the connection efficiency, an optical fiber with lens at the end was fabricated by the newly developed three dimensional lithography.



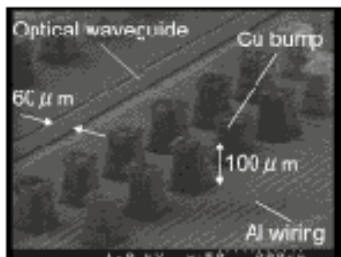
Integrated optical distance sensor combining compact optical interferometer and reflection-intensity-type distance sensor. The interferometer consists of 40nm thin film photo detectors which detect the standing wave generated by interference.



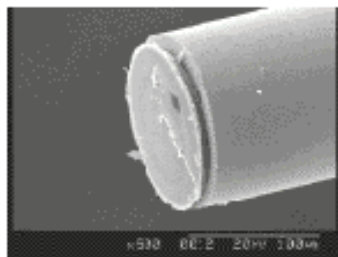
Oscillation of micro-dye-laser fabricated by Si-mold. The micro-cavity laser was produced using Si mold, which was fabricated by deep RIE followed by anisotropic Si crystal-line etching. It is shown that very smooth surfaces were generated by the proposed technique.



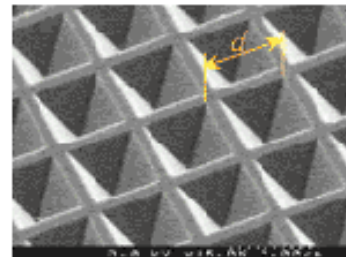
Si anti-reflection surface using sub-wavelength grating. Sub-wavelength gratings having high aspect ratio suppress effectively the reflection of the surface. Using fast atom beam etching technique, surface grating with high aspect ratio was fabricated



The polymeide optical waveguide with Al micro-mirrors for communications and Al wirings and Cu bumps for electricity supply are formed on MCM substrate called optical plate.



Small diameter ($\phi 125\mu\text{m}$) fiber optic pressure sensor for using catheter surgical operation. A thin diaphragm is formed at the end of an optical fiber and the deformation by the pressure is detected interferometrically



A SEM image of the 2D periodic series of reverse pyramid cavities fabricated with EB lithography and Si anisotropic wet etching. Thermal emission spectrum can be controlled by periodic surface microstructures with a period as long as optical wavelengths.

2. PowerMEMS 2003 학회 요약

PowerMEMS 2003 학회는 2003년 12월 4일과 5일 이틀에 걸쳐 일본 마쿠하리에 서 개최되었다. PowerMEMS는 현재 빠르게 발전해나가고 있는 연구 분야로 전력을 생성하거나, 기계적 에너지, 열 펌프, 추진력을 제공할 수 있는 마이크로 시스템을 개발하고 있다. 전력을 얻는 장치는 기존의 가스 터빈이나, 내연기관등을 소형화 하거나 마이크로 연료 전지를 이용하는 방법으로 개발되고 있다. 이러한 PowerMEMS는 실제로 현대 생활을 대표하는 휴대용 전자제품들의 전력 공급원으로 개발의 필요성이 증가하고 있다. 이러한 시장에서의 필요성은 학문이나 산업적으로 많은 연구자들에게 연구비 지원과 동기를 제공하고 있다. 시장성은 마이크로 열기관, 연료 전지등의 성능과 가격에 크게 관련이 있다. 따라서, 이에 대한 연구들이 진행되고 있으며, 이를 위한 전반적인 기술이 개발 진행 중이다. 이러한 기술 개발에 필요한 정보 교환을 위하여, PowerMEMS 2003이 개최되었으며, 이틀 동안 구두발표와 포스터 발표를 통하여 각국의 연구자들이 교류하였다.

학회 구성 분야를 살펴보면,

- Micro-fuel cell & micro-fuel processor
- Combustion-based micro-power source
- Micro-thruster
- Other technology

등으로 미세 공정 기술을 이용한 에너지 개발 장치에 대한 기술 현황을 파악할 수 있는 학회이다.

다음의 초청 강연들은 마이크로 연료전지에서의 공정과 연구 동향 등을 설명하고 있다.

- Microstructured Reformers for Fuel Cell Applications (IMM의 Dr Holger Lowe)
- Direct Methanol Fuel Cells Powering Mobile Electronic Devices (도시바의 Eiichi Sakaue)
- Power MEMS Considerations (M.I.T.의 Dr Alan H. Epstein)
- Fuel Cell Integration and Operation with Microtechnology-Based Fuel Processor Systems (Pacific Northwest National Laboratory의 Dr Jamie Holladay)
- Direct Methanol Fuel Cells and Their Stacks Using Multi-Window Microcolumn Electrodes

and Common Electrolytes (KAIST의 조영호 박사)

- Microchannel Devices for Chemical Plants (Kyushu University의 Dr Katsuki Kusakabe)

또한 촉매 연소와 마이크로 반응기의 접목에 관한 연구 내용들이 다음과 같이 구두와 포스터로 발표 되었다.

- 일본 동경대의 Y. Suzuki 박사가 발표한 "Micro Catalytic Combustor with Tailored Al₂O₃ Films"

- 일본 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology의 이성호 박사가 발표한 "Fabrication of porous Micro Channel for Micro Fuel Reformer"

- 도호쿠대학의 다나카 교수와 공동 연구하고 있는 Matsushita Electric Works의 Kazushi Yoshida가 발표한 "Miniature Electrical Power Source Using Catalytic Combustion of Butane"

- 미국 Stevens Institute of Technology의 이우영 박사가 발표한 "Thin-Film Catalyst Development as Key Part of Rational Heterogeneous Microreactor Design and Fabrication"

위 내용은 2003년 12월 18일에 한국에너지기술연구원에 제출된 출장보고서의 내용을 요약, 보충 정리하였다.