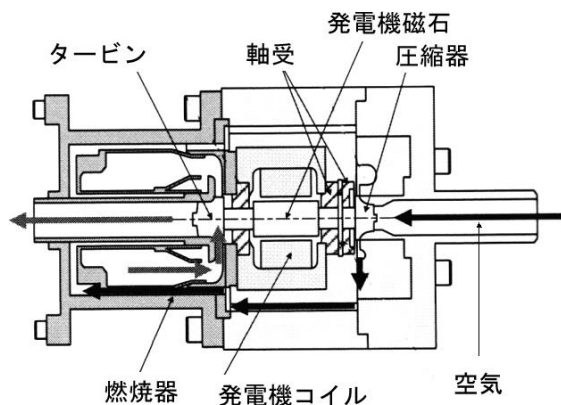
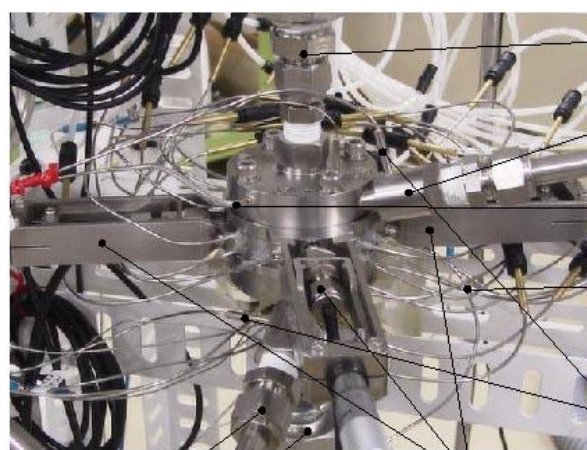
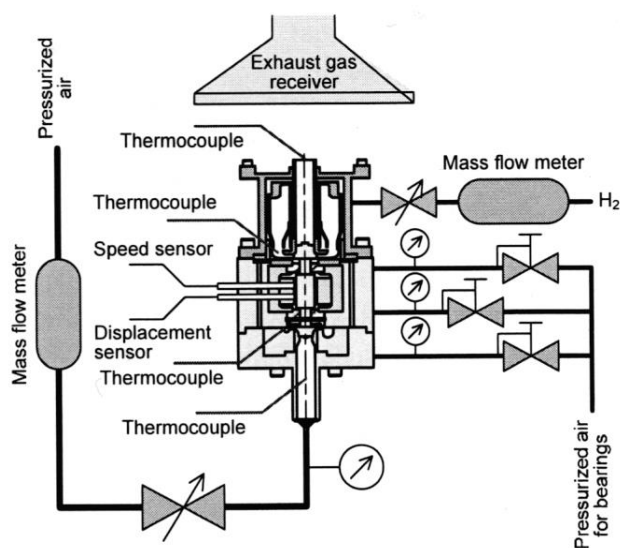


F1 小形ガスタービンエンジン発電機



IHIの小型ガスタービン発電機システム

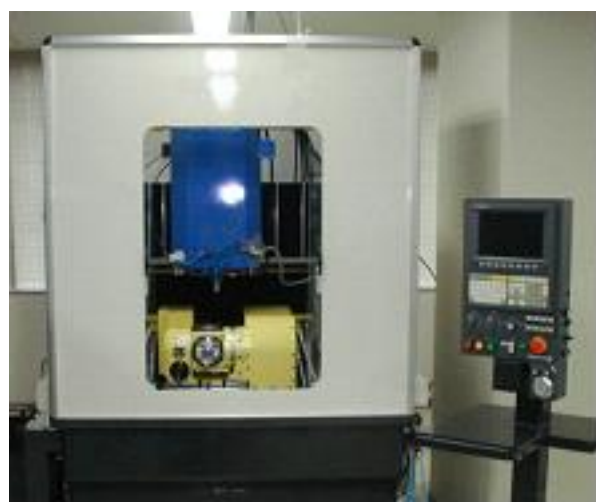


タービン
出口
入口
圧力センサ
空気軸受用
空気供給口
熱伝対

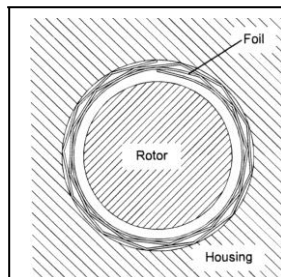
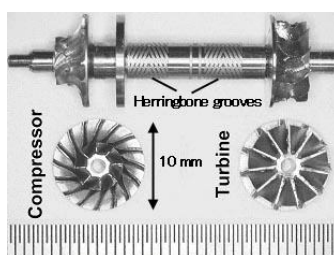
コンプレッサ
出口
入口
光学式変位センサ

小形ガスタービンエンジン発電機 (Tohoku Univ. - IHI Corp. - Tohoku-Gakuin Univ. - Tokyo Metropolitan Univ. - The Univ. of Tokyo) (屋外作業ロボット他用)

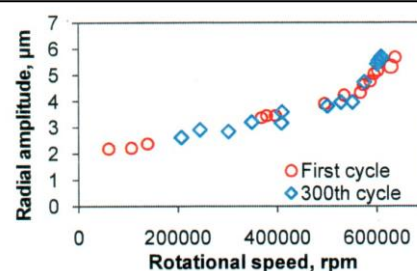
参考文献 : S.Tanaka, K.Hikichi, S.Togo, M.Murayama, Y.Hirose, T.Sakurai, S.Yuasa, S.Teramoto, T.Niino, T.Mori, M.Esashi and K.Isomura, World's Smallest Gas Turbine Establishing Brayton Cycle, Technical Digest, Power MEMS 2007 (2007) pp.359-362



タービンの製作に用いた 5 軸ステージ高速スピンドル加工機 (東芝機械 F-MACH)

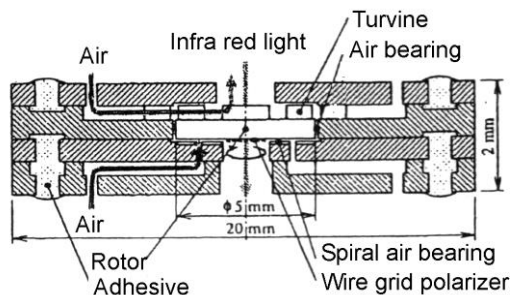


小形ガスタービンエンジン発電機のためのテープ型ラジアルフォイル軸受 (東北大 - IHI - 東北学院大)

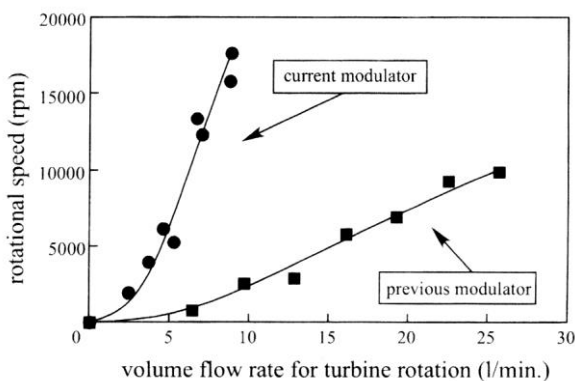


参考文献 : K.Hikichi, S.Togo, K.Isomura, N.Saji, M.Esashi and S.Tanaka, Ultra-high-speed Tape-type Radial Foil Bearing for Micro Turbomachinery, Technical Digests Power MEMS 2009 (2009) pp.79-82

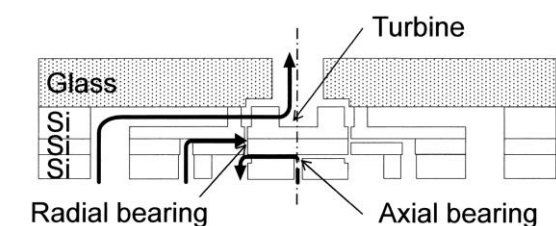
F2 Si マイクロタービンと熱電発電



高速偏光変調のための Si エアタービン

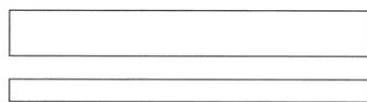


参考文献 : S.Tanaka, M.Hara and M.Esashi, Mechanical Polarization Modulator Using Micro-turbo Machinery for Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Sensors and Actuators, A 96 (2002) pp.215-222

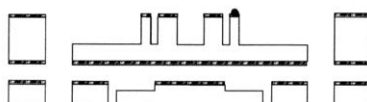


内向流ラジアル軸受けを用いた Si エアタービン

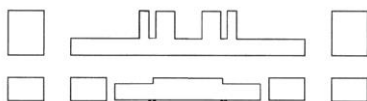
1) Preparation of 2nd and 3rd silicon wafer



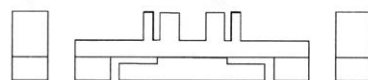
2) SiO₂ deposition, patterning and DRIE



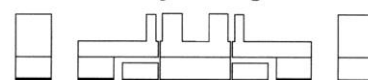
3) SiO₂ etching



4) Direct bonding

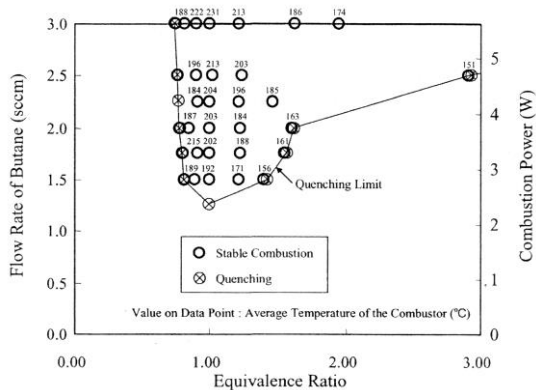
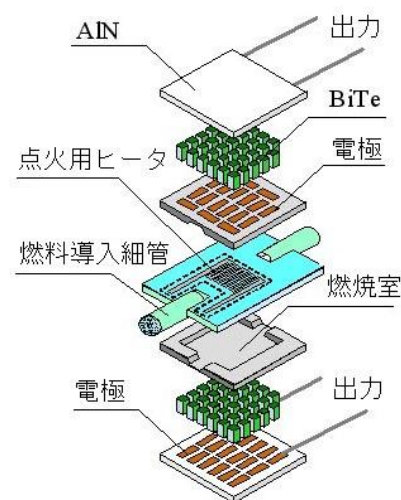


5) Photolithography and cavity-through DRIE

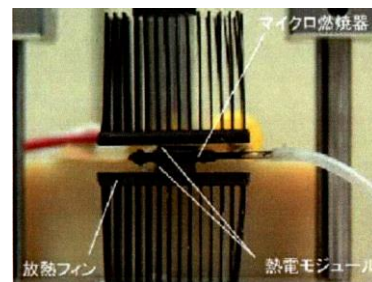
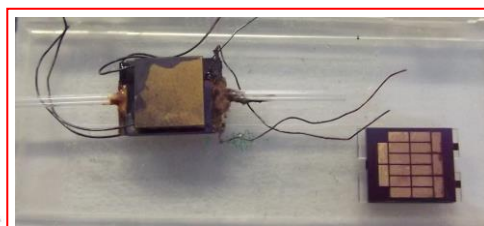


Cavity-through deep reactive ion etching

参考文献 : S.Tanaka, Y.Miura, P.Kang, K.Hikichi and M.Esashi, MEMS-based Air Turbine with Radial-inflow Type Journal Bearing, Trans. on Electrical and Electronic Engng. 3 (2008) pp.297-304

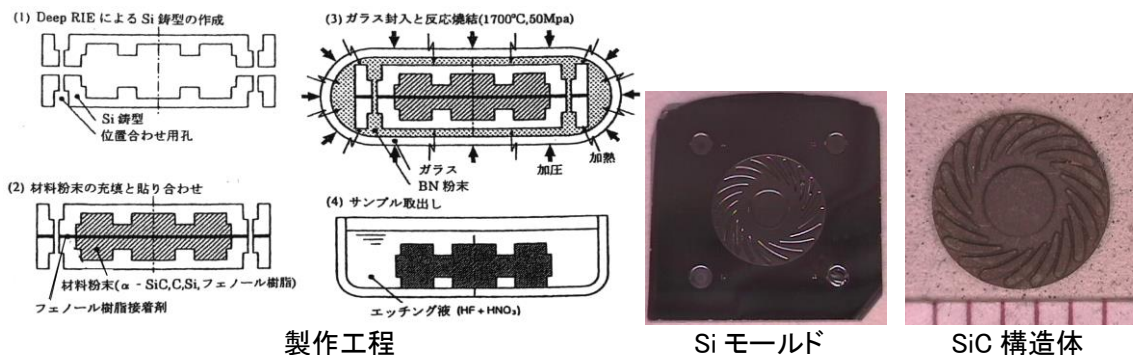


熱電発電



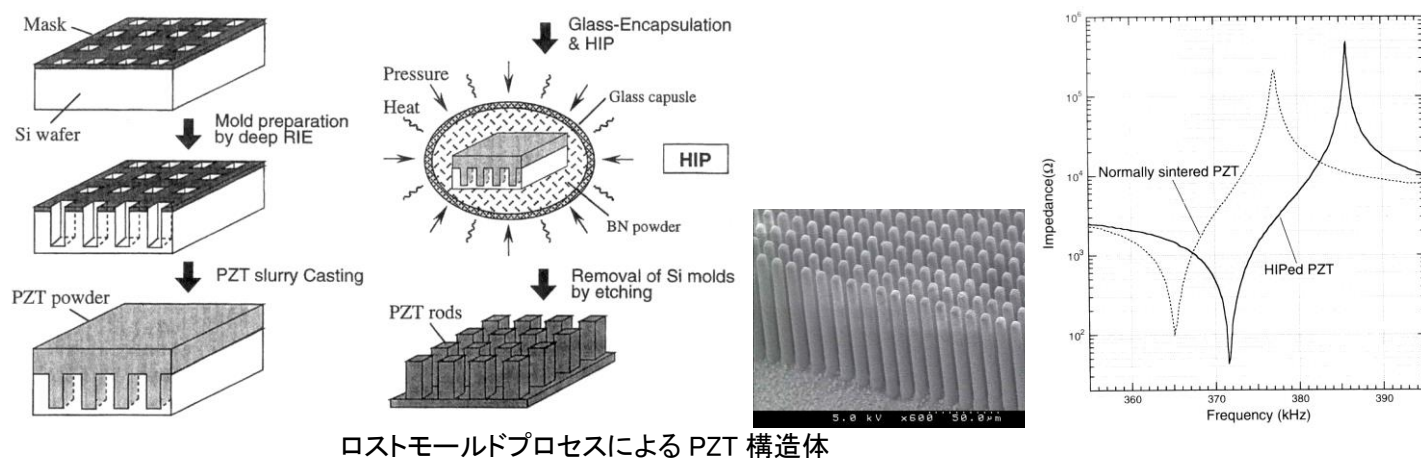
参考文献 : K.Yoshida, S.Tanaka, S.Tomonari, D.Satoh and M.Esashi, High-Energy Density Miniature Thermoelectric Generator Using Catalytic Combustion, J. of Microelectromechanical Systems, 15 (2006) pp. 195-203

F3 ロストモールドプロセスの SiC と PZT, 反応焼結の Si₃N₄

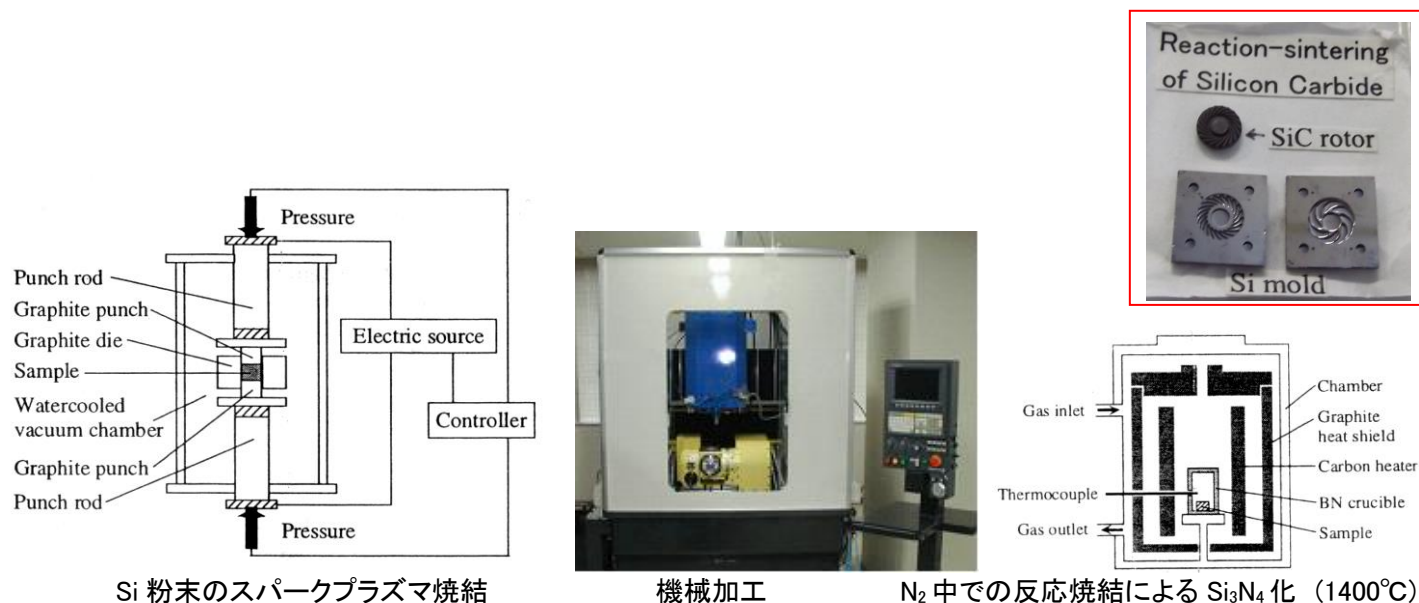


ロストモールドプロセスによる SiC 構造体

参考文献 : S.Tanaka, S.Sugimoto, J.F.Li, R.Watanabe and M.Esashi, Silicon Carbide Micro-Reaction-Sintering Using Micromachined Silicon Molds, J. of Microelectromechanical Systems, 10 (2001) pp.55-61



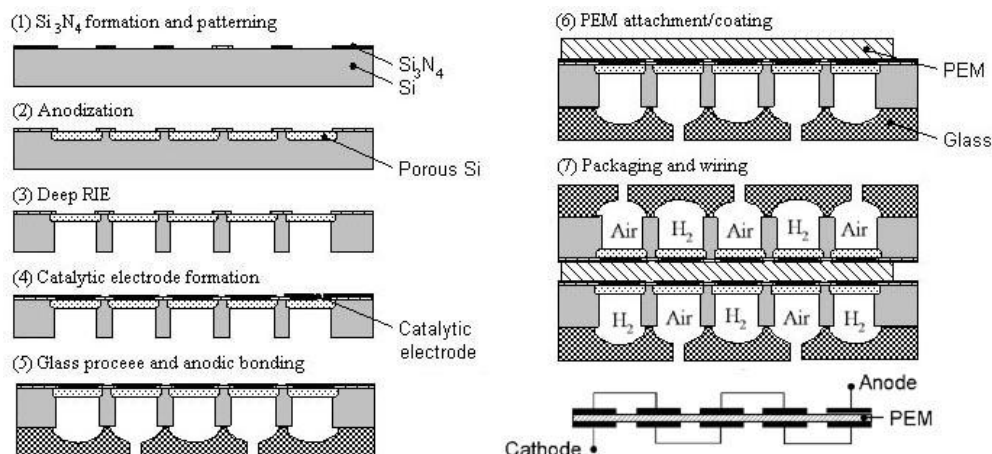
参考文献 : J.-F.Li, S.Wang, K.Wakabayashi, M.Esashi and R.Watanabe, Properties of Modified Lead Zirconate Titanate Ceramics Prepared at Low Temperature (800° C) by Hot Isostatic Pressing, J.American Ceramic Soc., 83 (2000) pp.955-957



Si 粉末のスパークプラズマ焼結後、機械加工および N₂ 中での反応焼結による Si₃N₄ 構造体

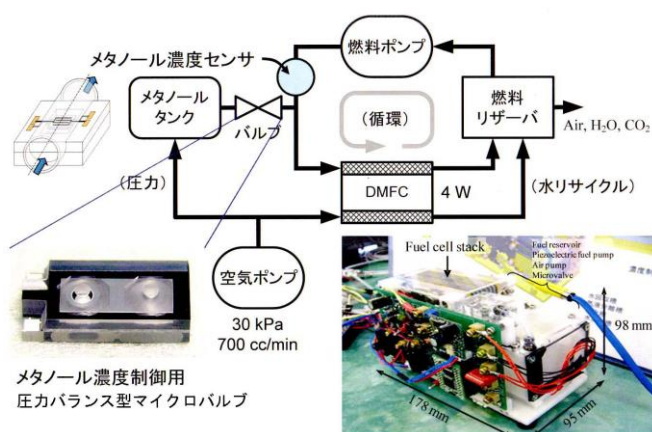
参考文献 : S.Sugimoto, S.Tanaka, J.-F.Li, T.Yamada, R.Watanabe and M.Esashi, Three-Dimensional Micromachining of Silicon Nitride for Power Microelectromechanical Systems, Technical Digest of the Transducers' 01 (2001) pp.1140-1143

F4 マイクロ燃料電池

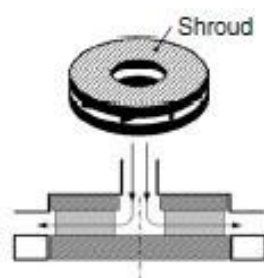


ポラス Si をガス透過膜に用いた高分子電解質膜(PEM)型燃料電池

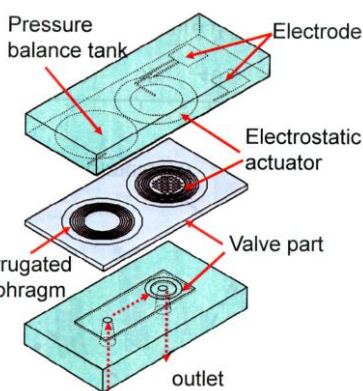
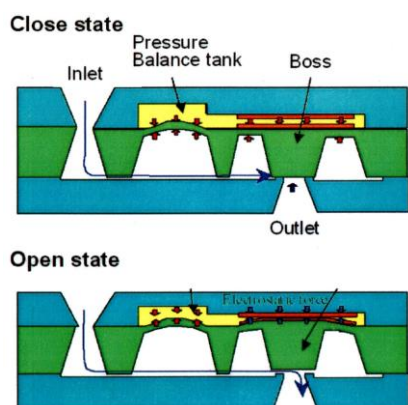
参考文献 : K.B.Min, S.Tanaka and M.Esashi, MEMS-Based Polymer Electrolyte Fuel Cell, Electrochemistry(電気化学および工業物理化学), 70 (2002) pp.924-927



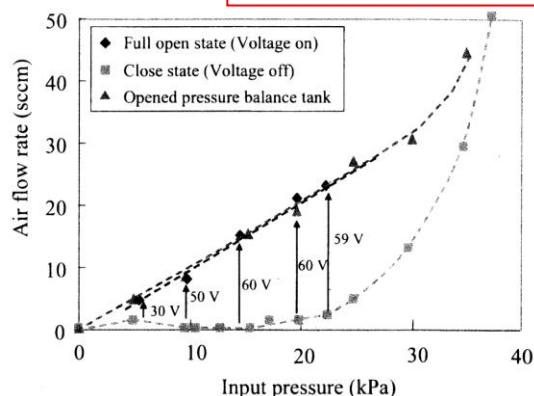
直接メタノール小形燃料電池システム (東北大 - 松下電工)



SU-8 インペラターボ空気ポンプ



圧力バランス型マイクロバルブ (東北大 - 松下電工)



参考文献 :

S.Tanaka, K.-S.Chang, K.-B.Min, D.Satoh, K.Yoshida and M.Esashi, MEMS-based Components

of a Miniature Fuel Cell/fuel Reformer System, Chemical Eng. J., 101 (2004) pp.143-149

K.Yoshida, S.Tanaka, Y.Hagihara, S.Tomonari and M.Esashi, Normally Closed Electrostatic

Microvalve with Pressure Balance Mechanism for Portable Fuel Cell Application, Sensors

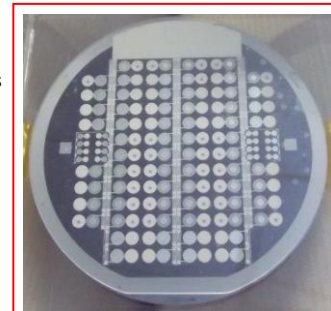
and Actuators A, 157 (2010) pp.290-298

R.Hino, M.Esashi and S.Tanaka, Antisymmetric-mode Lamb Wave Methanol Sensor with Edge

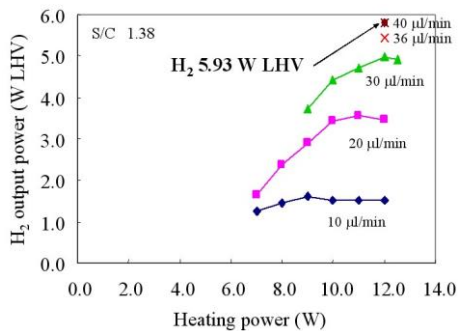
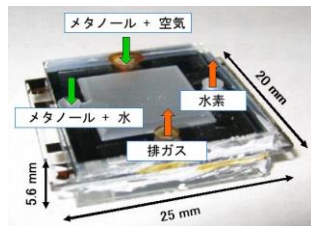
Reflectors for Fuel Cell Applications, Technical Digest MEMS 2010 (2010) pp.871-874

A.Nakajima, P.Kang, N.Honda, K.Hikichi, M.Esashi and S.Tanaka, Fabrication and High-speed

Characterization of SU-8 Shrouded Two-dimensional Microimpellers, J.of Micromech. Microeng., 17 (2007) pp.S230-S236



マイクロ燃料改質器

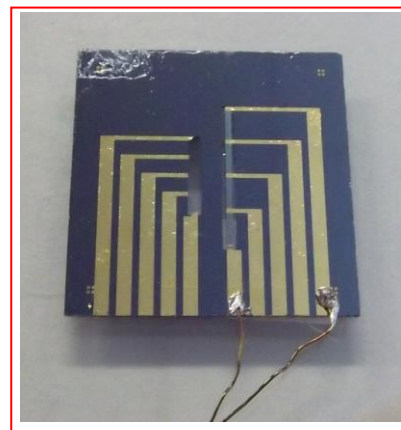
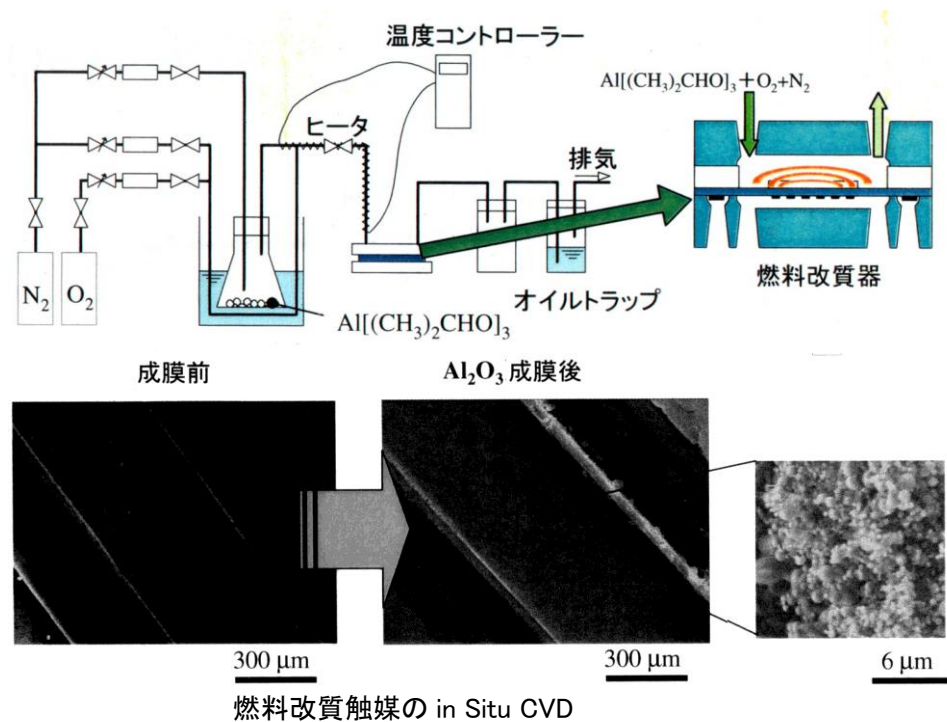


マイクロ燃料改質器 (東北大 - 松下電工)

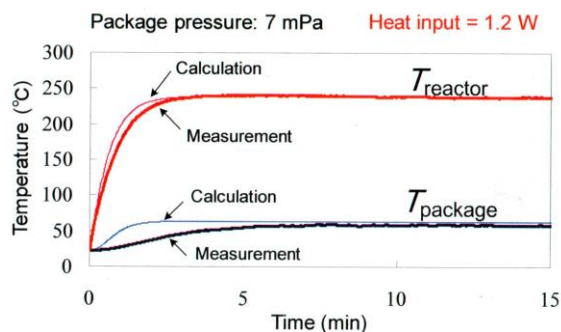
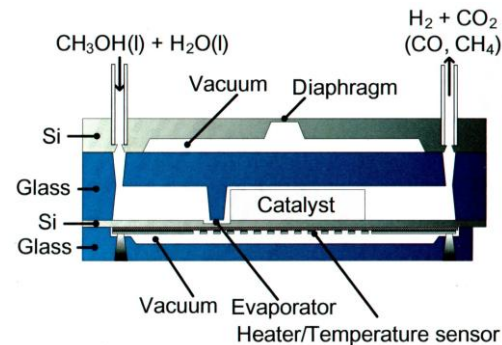
燃料電池システム



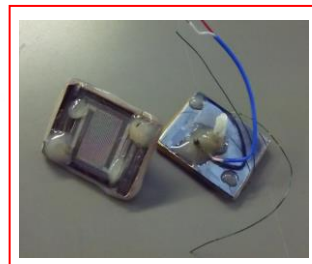
参考文献 : K.Yoshida, S.Tanaka, H.Hiraki and M.Esashi : A Micro Fuel Reformer Integrated with a Combustor and a Microchannel Evaporator, J.of Micromech. Microeng., 16 (2006) pp.S191-S197



参考文献 : T.Takahashi, S.Tanaka and M.Esashi : Development of an in Situ Chemical Vapor Deposition Method for an Alumina Catalyst Bed in a Suspended Membrane Micro Fuel Reformer, J.of Micromech. Microeng., 16, (2006) pp.S206-S210

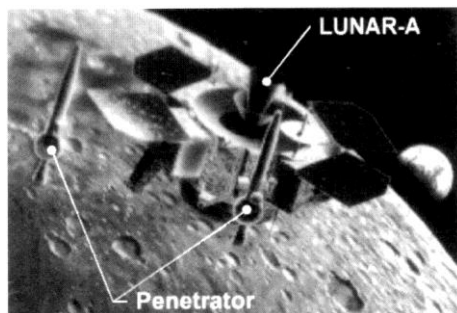


真空断熱マイクロ燃料改質器

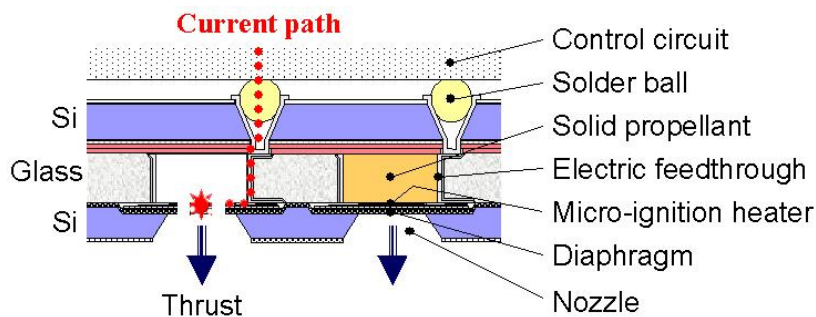


参考文献 : A.Kasuga, S.Tanaka and M.Esashi, Design and Fabrication of a Vacuum-packaged Micro Fuel Reformer, Technical Digest, Power MEMS 2007 (2007) pp.35-38

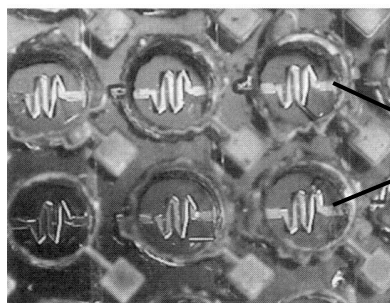
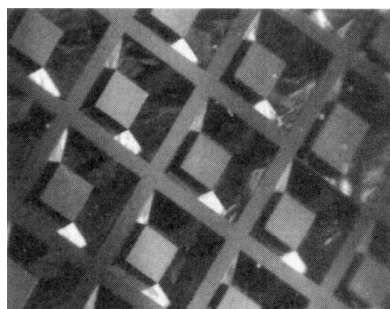
F6 デジタルマイクロスラスタ（固体ロケットエンジンアレイ）



目的



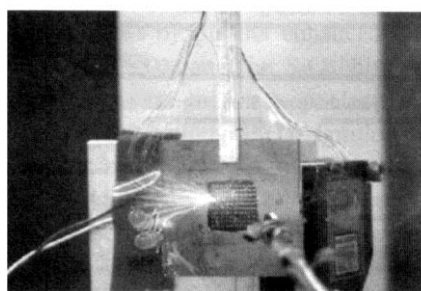
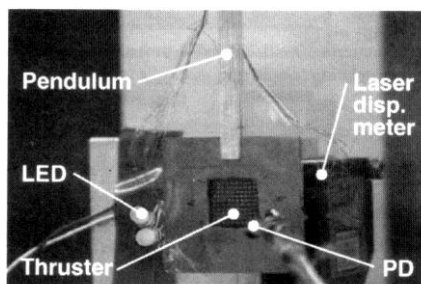
構造



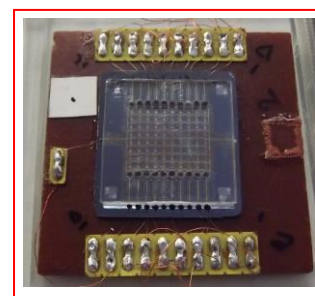
点火用ヒータ

表面と裏面の写真

デジタルマイクロスラスタ（東北大 - 宇宙研）

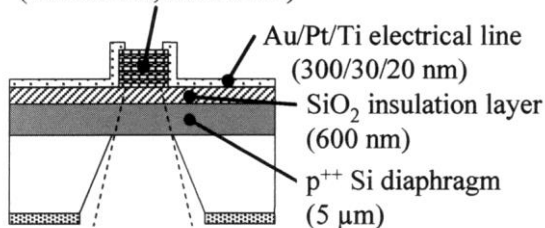


点火時のスラスト力測定

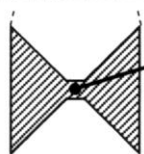


参考文献：S.Tanaka, R.Hosokawa, S.Tokudome, K.Hori, H.Saito, M.Watanabe and M.Esashi, MEMS-Based Solid Propellant Rocket Array Thruster with Electrical Feedthroughs, Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci., 46 (2003) pp.47-51

Ti/B/Ti/B/Ti/B/Ti/B/Ti multilayer
(Ti: 250 nm, B: 220 nm)

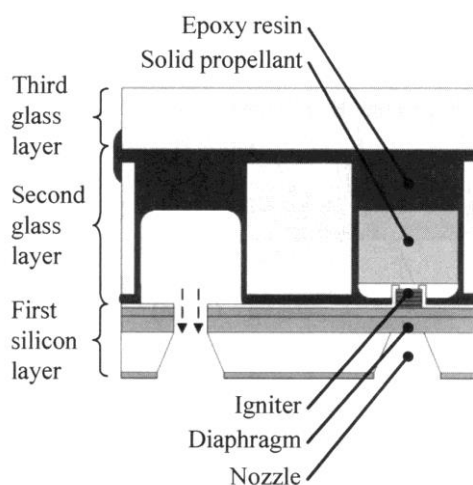


Cross-sectional view

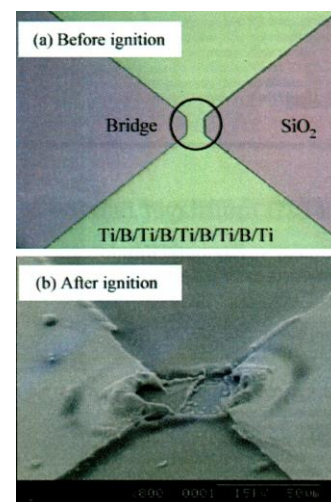


Top view

Bridge
(10 × 10 μm²,
30 × 30 μm²
100 × 100 μm²)



Bi / Ti の反応を用いた点火装置（東北大 - 宇宙研）

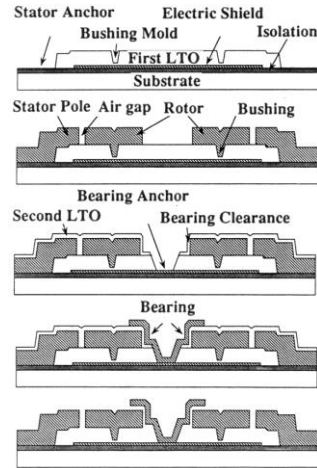


参考文献：S.Tanaka, K.Kondo, H.Habu, A.Itoh, M.Watanabe, K.Hori and M.Esashi, Test of B/Ti Multilayer Reactive Igniters for a Micro Solid Rocket Array Thruster, Sensors and Actuators A, 144 (2008) pp.361-366

F7 静電マイクロモータ・アクチュエータ

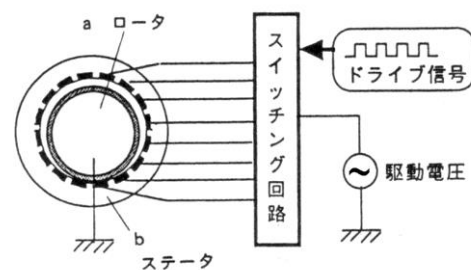


静電マイクロモータ (MIT 米)

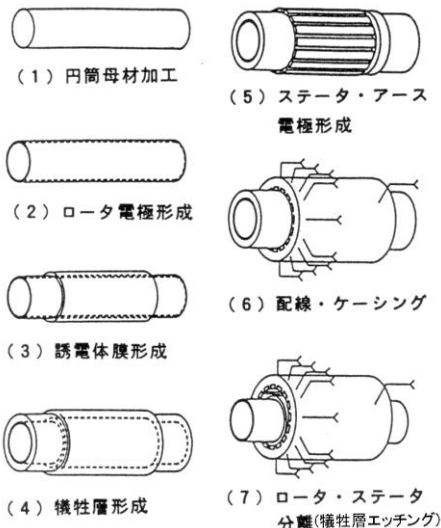
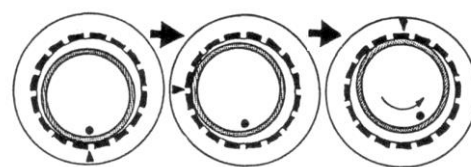


参考文献 : M.Mehregany, P.Nagarkar, S.D.Senturia and J.H.Lang, Operation of Micro-fabricated Harmonic and Ordinary Side-driven Motors, IEEE MEMS' 90 (1990) pp.1-8

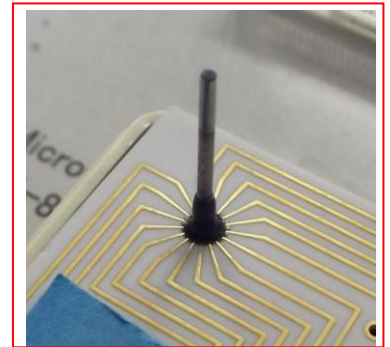
(a) モータの駆動系構成



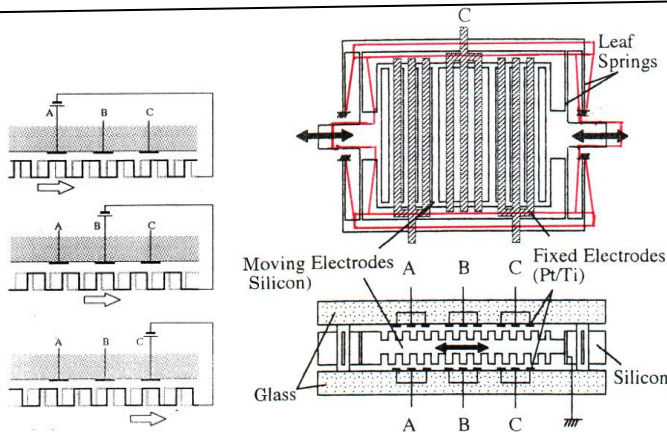
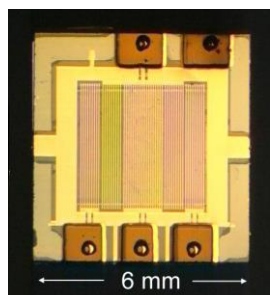
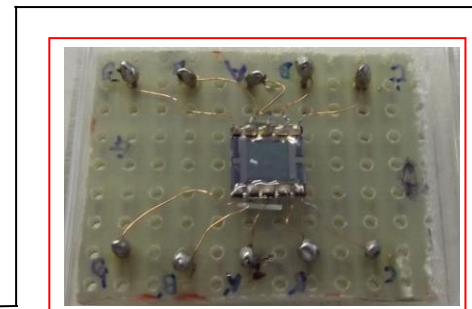
(b) モータの自転と公転の関係



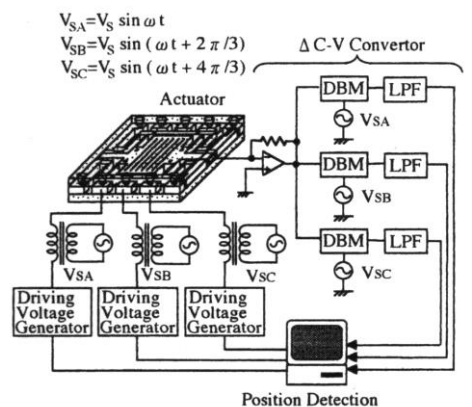
静電ウォブルモータ (松下技研)



参考文献 : 青木新一郎, 小倉洋, 中村邦彦, 小野敦, 静電ウォブルモータ, 信学技報, EMD95-11 (1995) pp.1-6

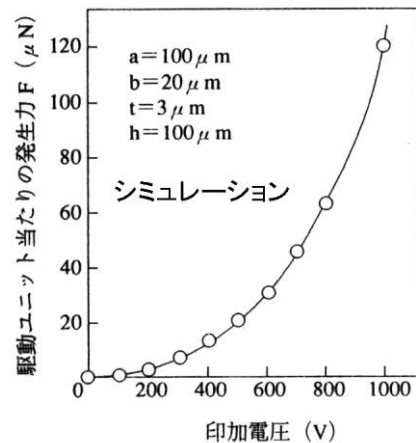
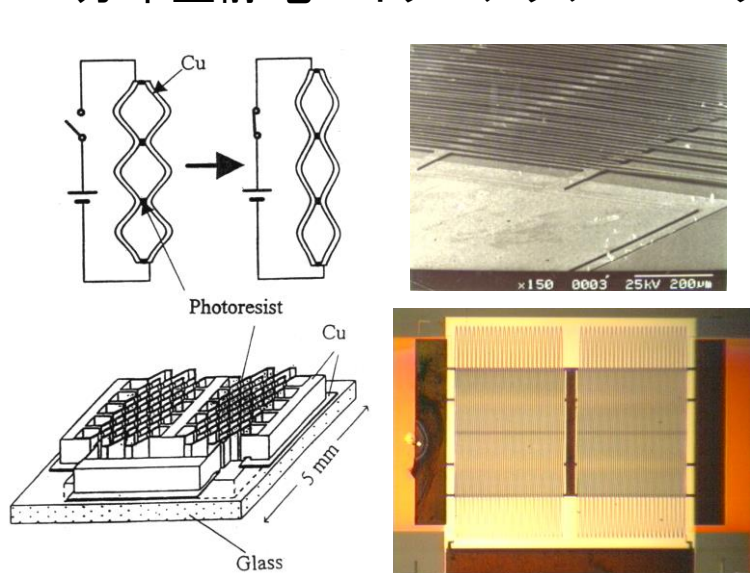


パッケージングしたステッピング静電マイクロアクチュエータ



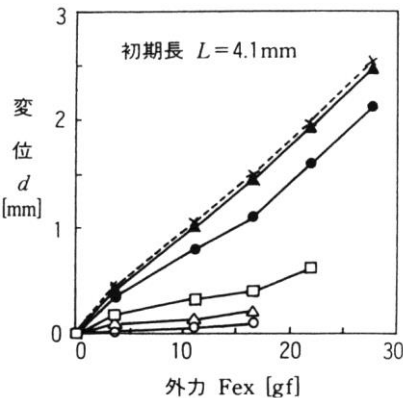
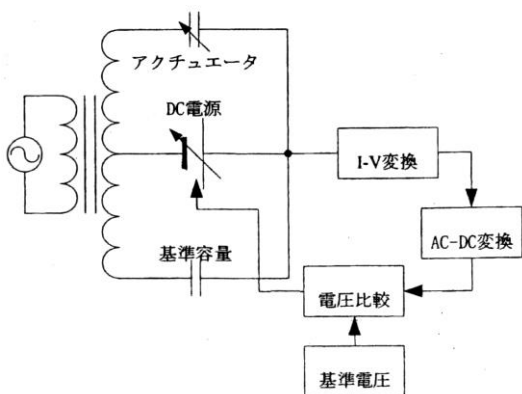
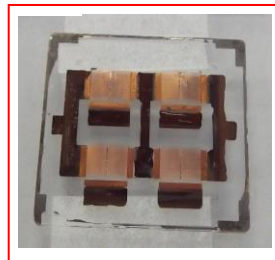
参考文献 : T.Matsubara, M.Yamaguchi, K.Minami and M.Esashi, Stepping Electrostatic Microactuator, Digest of Technical Papers Transducers'93 (1993) pp.50-53

F8 分布型静電マイクロアクチュエータ



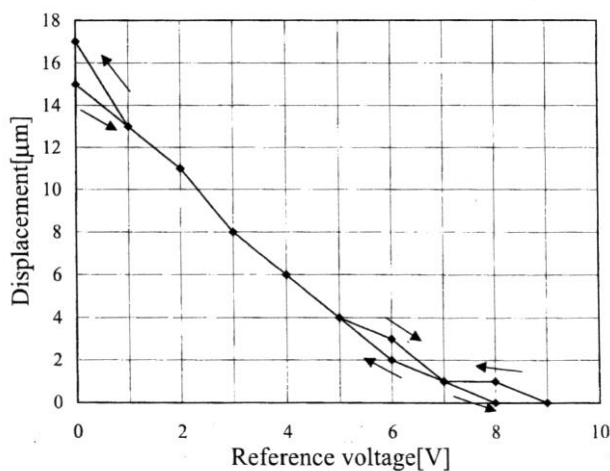
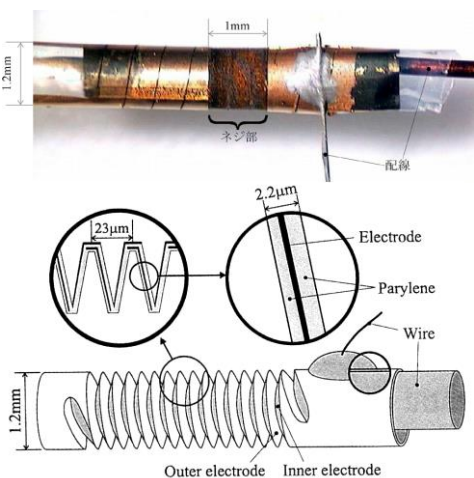
分布型静電マイクロアクチュエータ

参考文献 : K.Minami, S.Kawamura and M.Esashi, Fabrication of Distributed Electrostatic Micro Actuator, [IEEE Journal of Micromechanical Systems, 2 (1993) pp.121-127



分布型静電マイクロアクチュエータのコンプライアンス制御

参考文献 : M.Yamaguchi, S.Kawamura, K.Minami and M.Esashi, Control of Distributed Electrostatic Microstructures, Journal of Micromechanics and Microengineering, 3 (1993) pp.90-95

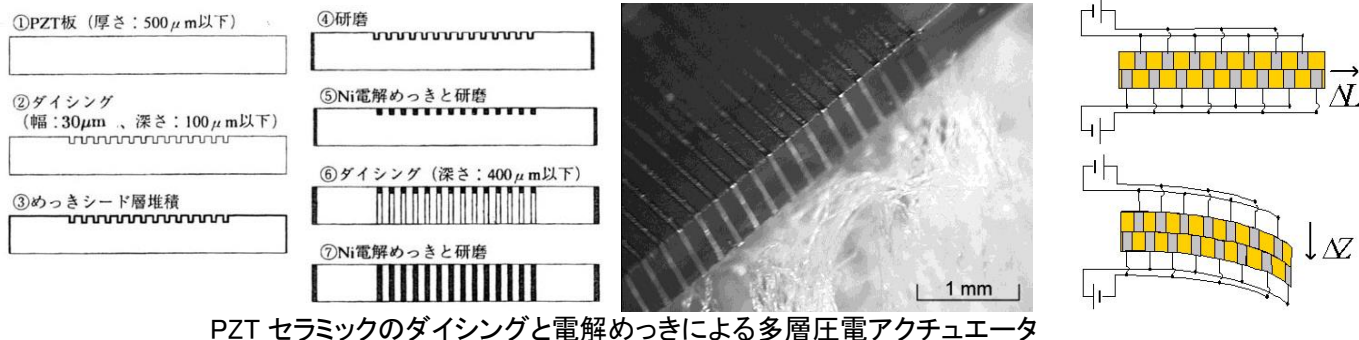


螺旋型静電マイクロアクチュエータ

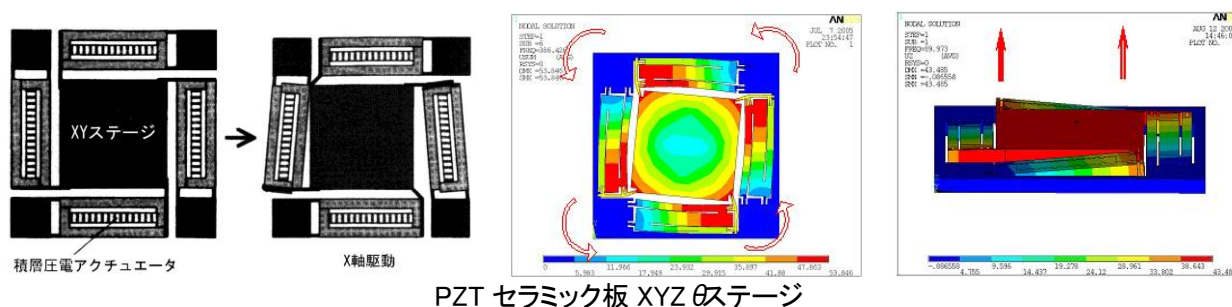
参考文献 : K.Minami, H.Morishita and M.Esashi, A Bellows-shape Electrostatic Microactuator, Sensors and Actuators, 72 (1999) pp.269-276



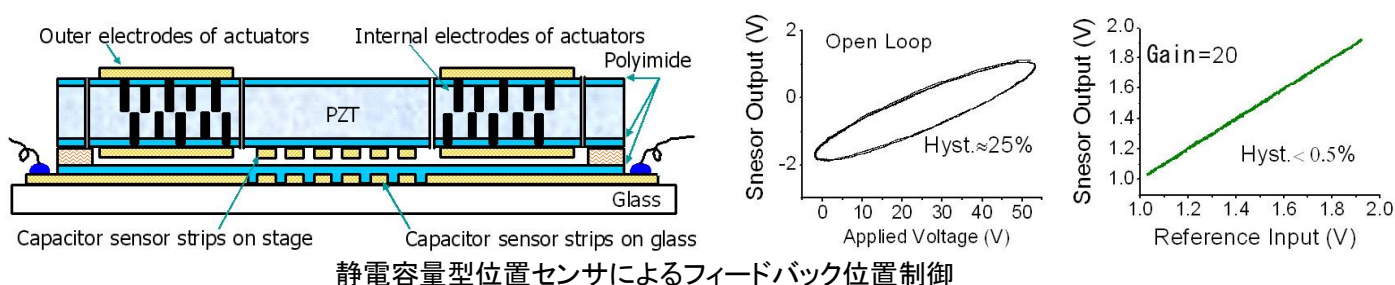
F9 圧電マイクロステージ



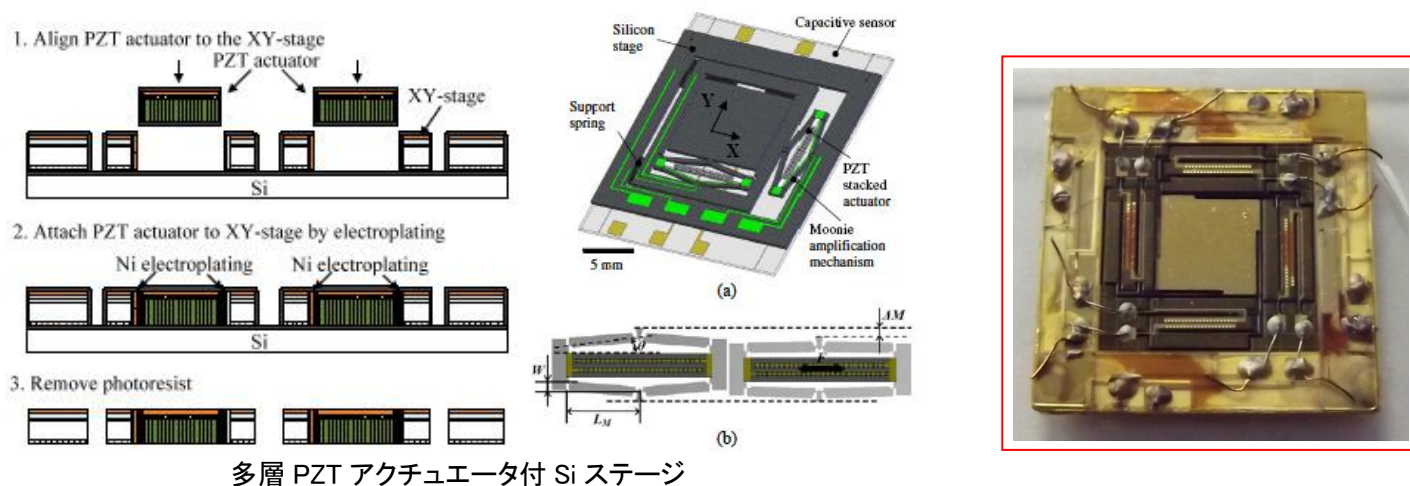
参考文献: G.Suzuki and M.Esashi, Planer Fabrication of Multilayer Piezoelectric Actuator by Groove Cutting and Electroplating, Proc. of the Micro Electro Mechanical Systems'2000 (2000) pp.46-51



参考文献: D.Zhang, C.Chang, T.Ono and M.Esashi, A Piezodriven XY-microstage for Multiprobe Nanorecording, Sensors and Actuators, A 108 (2003) pp.230-233

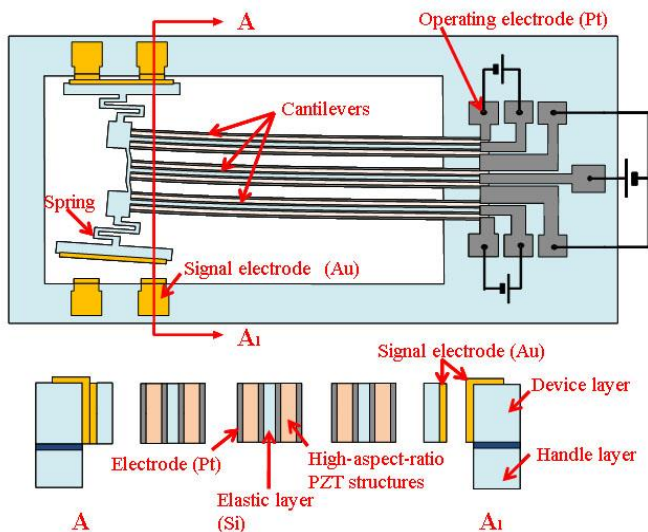


参考文献: H.G.Xu, T.Ono and M.Esashi, Precise Motion Control of a Nanopositioning PZT Microstage Using Integrated Capacitive Displacement Sensors, J.of Micromech. Microeng., 16 (2006) pp.2747-2754

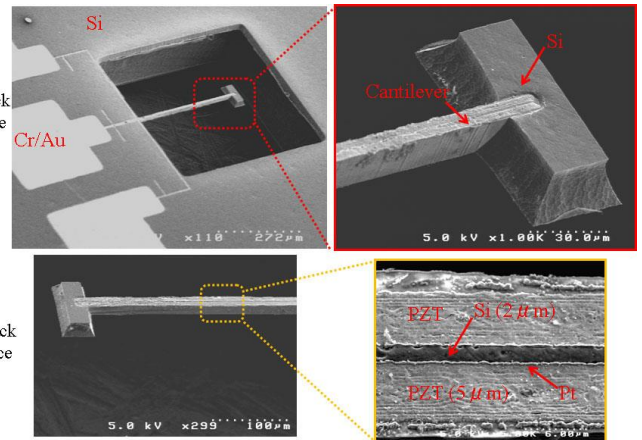


参考文献: M.Faizul M.Sabri, T.Ono and M.Esashi, Modeling and Experimental Validation of the Performance of a Silicon XY-microstage Driver by PZT Actuators, J.of Micromech. Microeng., 19 (2009) 095004(9pp)

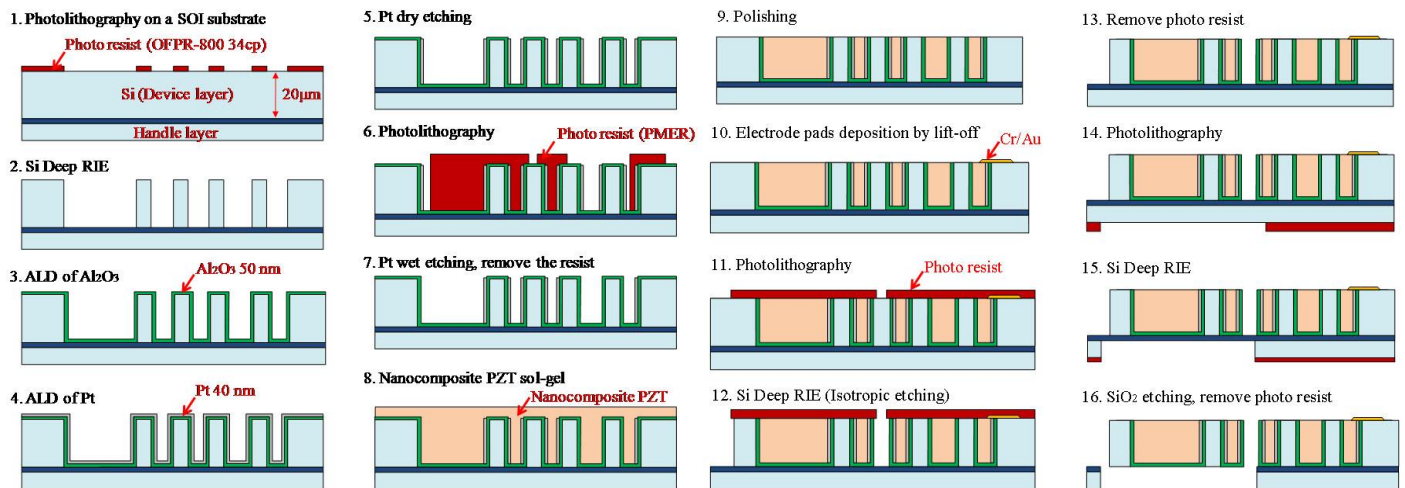
横方向駆動圧電マイクロアクチュエータ



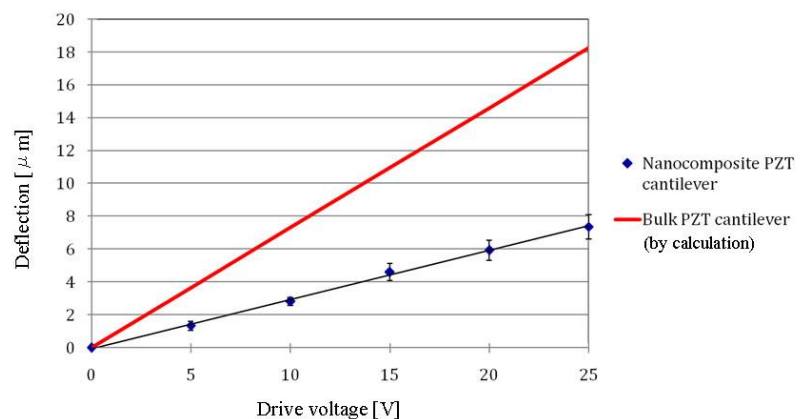
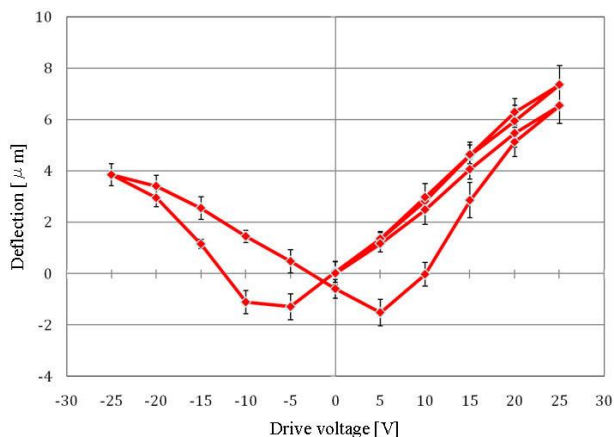
構造



写真



製作工程

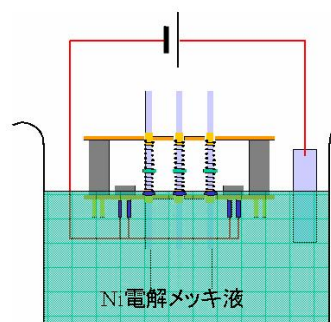
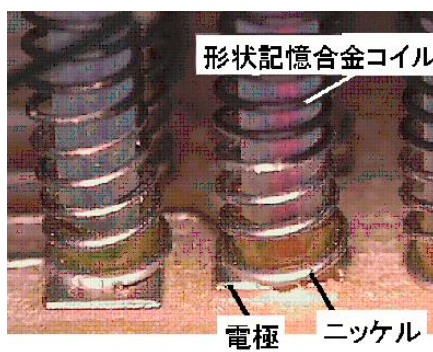
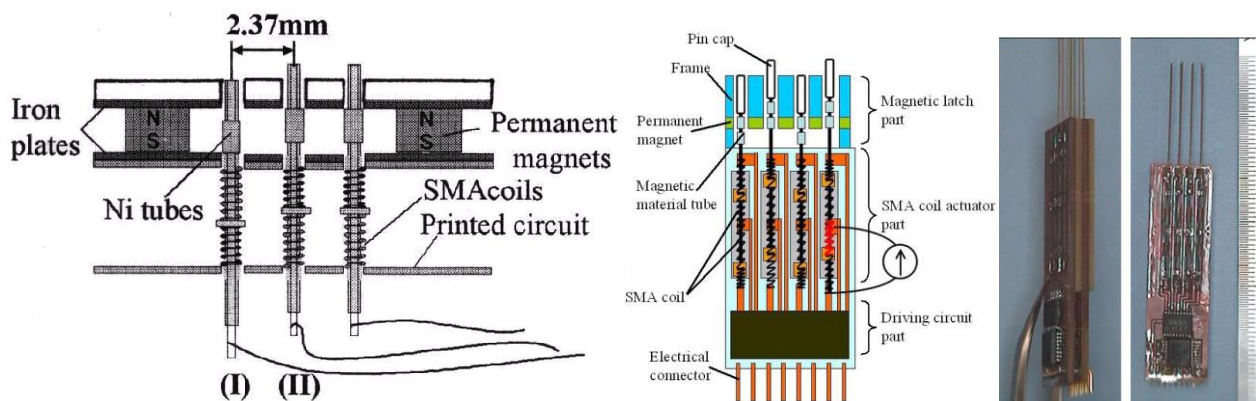


駆動電圧と変位

横方向駆動圧電マイクロアクチュエータ

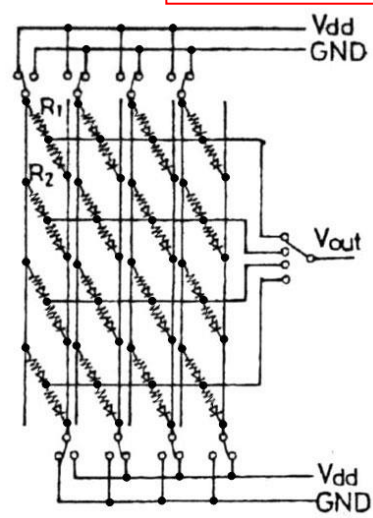
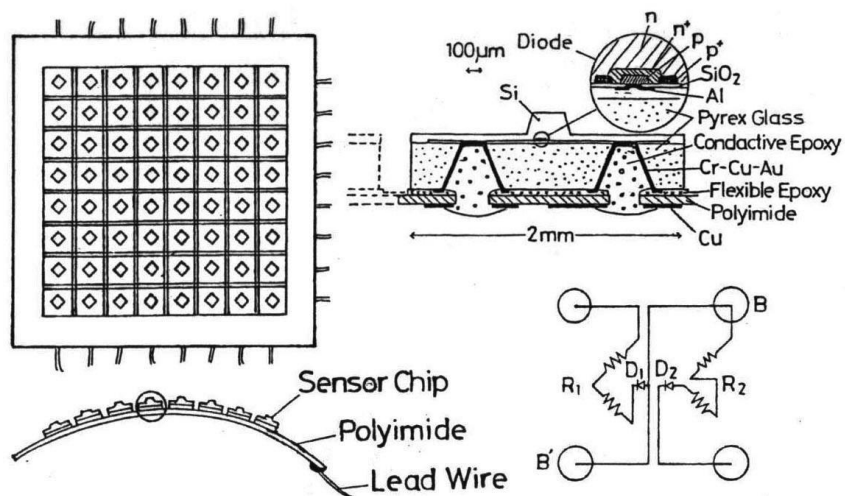
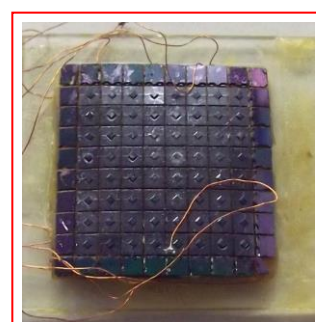
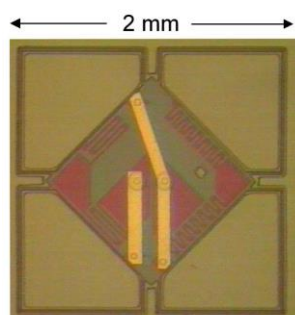
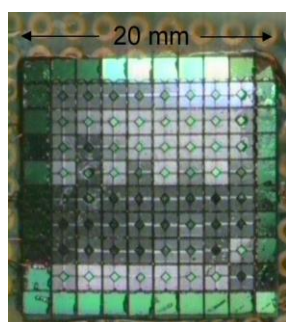
参考文献：N.Wang, S.Yoshida, M.Kumano, Y.Kawai and M.Esashi, Fabrication of High-aspect-ratio PZT Structure by Nanocomposite Sol-gel Method for Laterally-driven Piezoelectric MEMS Switch, 2012 7th IEEE Intl. Conf. on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (IEEE NEMS 2012) (2012) pp.321-326

F11 触覚ディスプレイと触覚イメージャ



触覚ディスプレイ

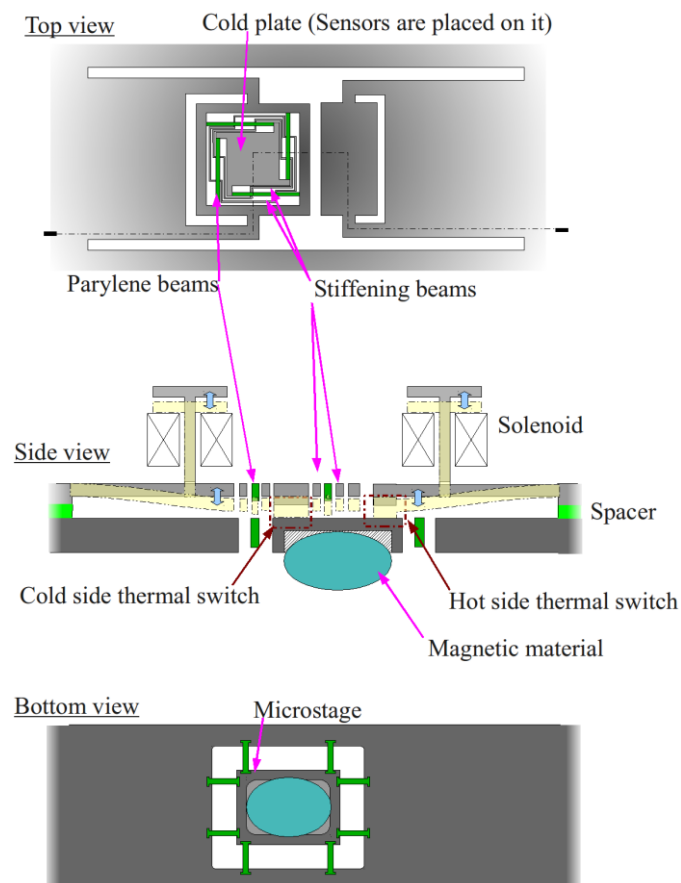
参考文献 : Y.Haga, W.Makishi, K.Iwami, K.Totsu, K.Nakamura and M.Esashi : Dynamic Braille Display Using SMA Coil Actuator and Magnetic Latch, Sensors & Actuators A, 119 (2005) pp.316-322



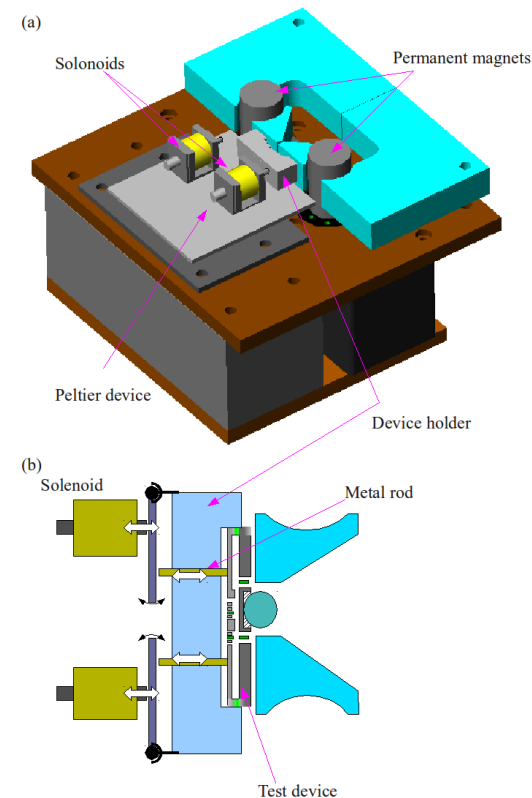
触覚イメージャ

参考文献 : 江刺正喜, 庄子習一, 山本晃, 中村克俊, 半導体触覚イメージャの試作, 電子情報通信学会論文誌 C-II, J73-C-II (1990) pp.31-37

F12 マイクロ磁気冷却機



微小デバイスの局所冷却用マイクロ磁気冷却機

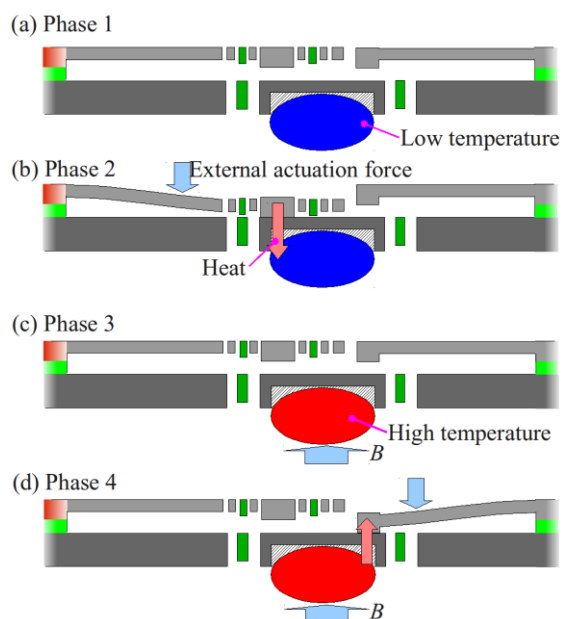


冷凍システム

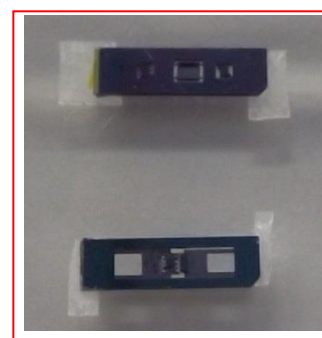
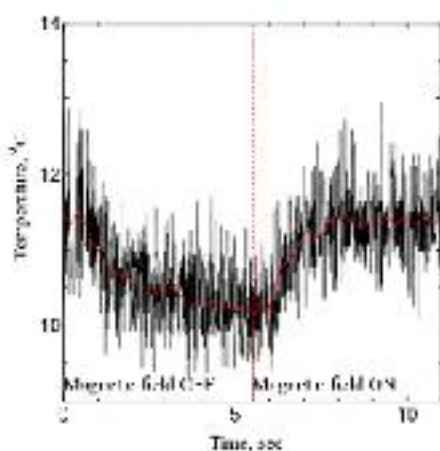
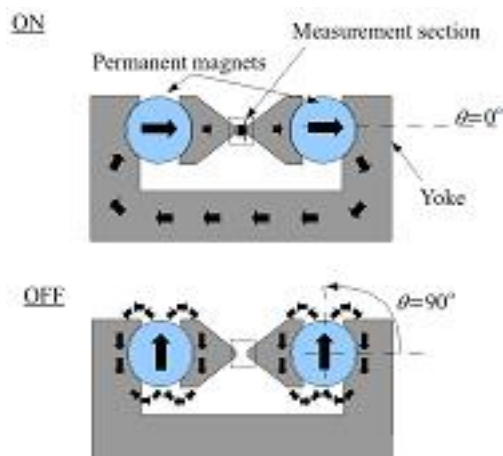
変動磁場の発生は、永久磁石を回転して行う

変動磁場による、磁性体 ($\text{La}(\text{Fe}_x\text{Si}_{1-x})_{13}\text{H}_y$) の温度変化

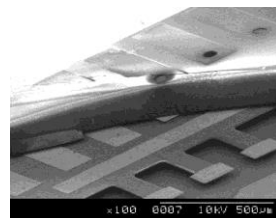
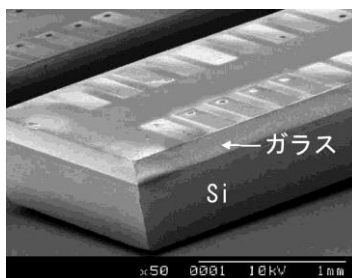
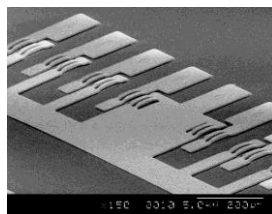
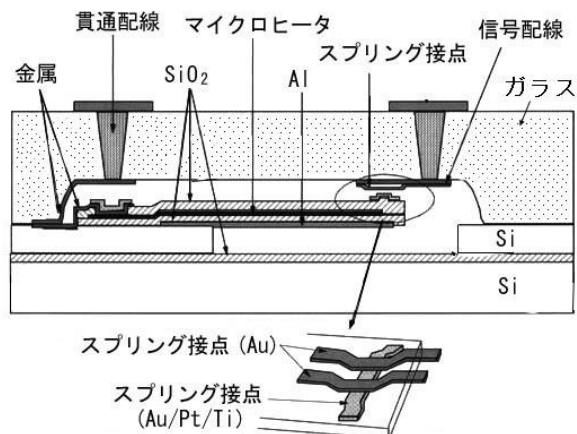
参考文献 : T.Tsukamoto, M.Esashi and S.Tanaka, A Micro Thermal Switch with a Stiffness-enhanced Thermal Isolation Structure, J.of Micromech. Microeng., 21 (2011) 104008(6pp)



磁気冷凍サイクルの動作. (a)断熱消磁による磁性体の冷却. (b)低温側熱スイッチを駆動して、コールドプレート冷却. (c)断熱磁化による磁性体の加熱. (d)高温側熱スイッチを駆動して、外部へ放熱

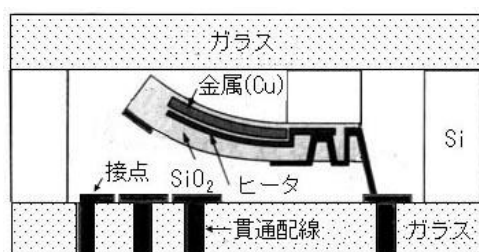


熱型 MEMS スイッチ



熱型 MEMS スイッチ

参考文献 : Y.Liu, X.Li, T.Abe, Y.Haga and M.Esashi, A Thermomechanical Relay with Microspring Contact Array, Technical Digest IEEE Micro Electro Mechanical Systems'2001 (2001) pp.220-223



従来の機械スイッチのメリット

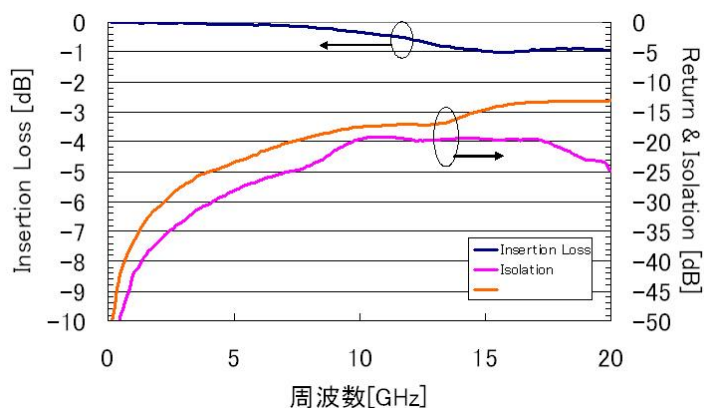
- 高耐電圧性
- 良好な高周波アイソレーション特性

小型化・集積化のメリット

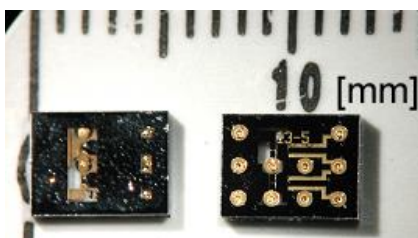
- 高速信号伝播特性

RF MEMSスイッチ

- 静電耐圧 : 1000V
- 周波数帯域 : DC ~ 10GHz



駆動電力	<160mW (6V駆動)
on抵抗	<0.3 Ω (初期)
動作速度	<3ms
接点寿命	8000万回 (3V-15mAドライ)



アドバンテスト社製
半導体試験装置
T2000 シリーズ

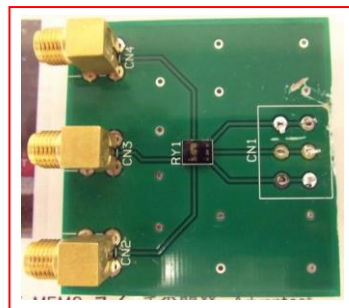
半導体デバイスの性能や動作を試験して
良品だけを世の中に送り出しているのが
アドバンテストの半導体試験装置

アドバンテスト
コンポーネント社製
半導体試験装置を支える
キーデバイスを提供

RF-SiP 部品 RF MEMS スイッチ

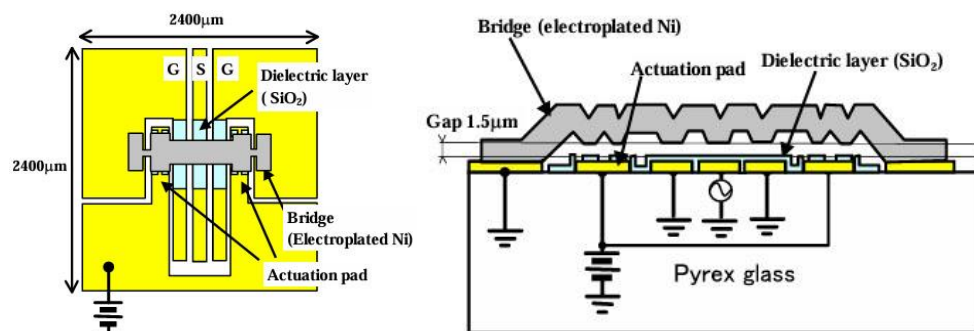
ADVANTEST

LSI テスタ用熱型 MEMS スイッチと生産工場のアドバンテストコンポーネント (仙台)

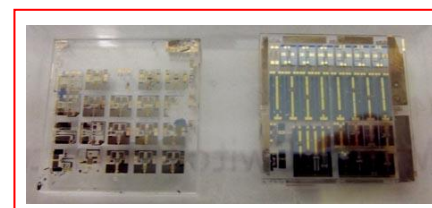
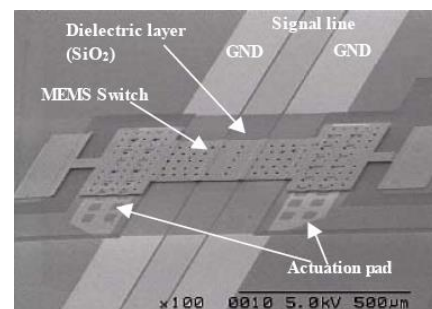


参考文献 : 中村陽登、高柳史一、茂呂義明、三瓶広和、小野澤正貴、江刺正喜: RF MEMS スイッチの開発, Advantest Technical Report, 22 (2004) pp.9-16

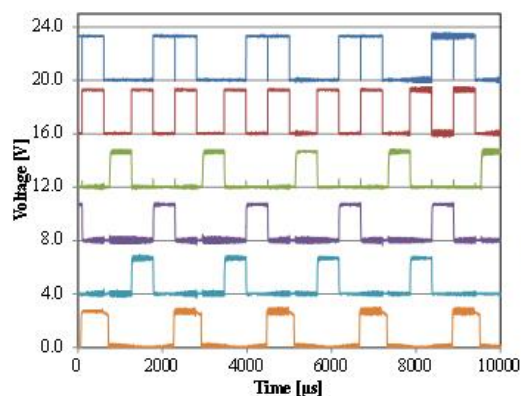
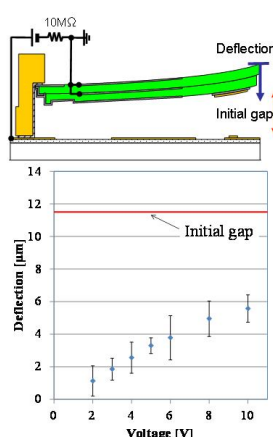
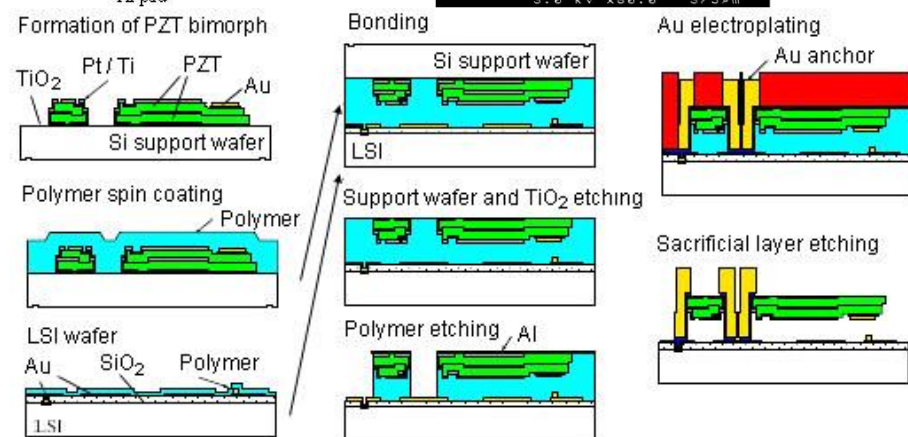
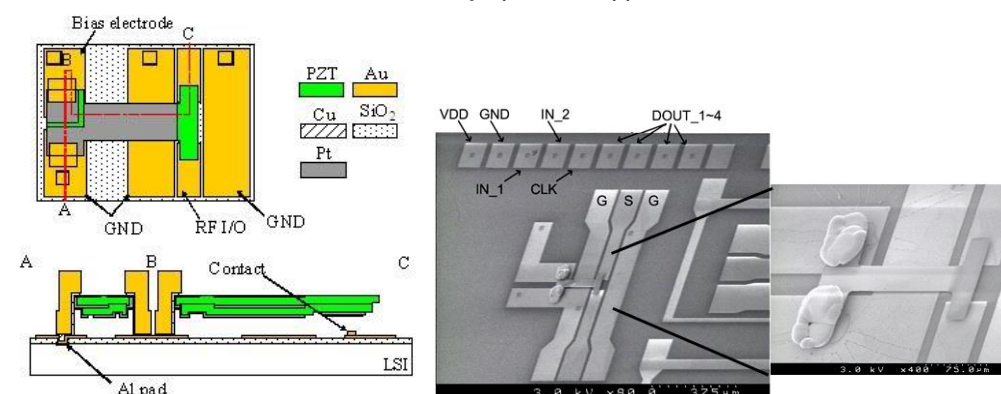
F14 静電・圧電型 MEMS スイッチ



容量変化静電 MEMS スイッチ



参考文献 : T.Yuki, J.H.Kuyppers, S.Tanaka and M.Esashi, Capacitive RF Switch Fabricated by Low-temperature Surface Process and Packaged Using Dry Film Resist, Proc. of the 24th Sensor Symp. (2007) pp.37-40



圧電薄膜 MEMS スイッチ

参考文献 : K.Matsuo, M.Moriyama, M.Esashi and S.Tanaka, Low-voltage PZT-actuated MEMS Switch Monolithically Integrated with CMOS Circuit, Technical Digest IEEE MEMS 2012 (2012) pp.1153-1156