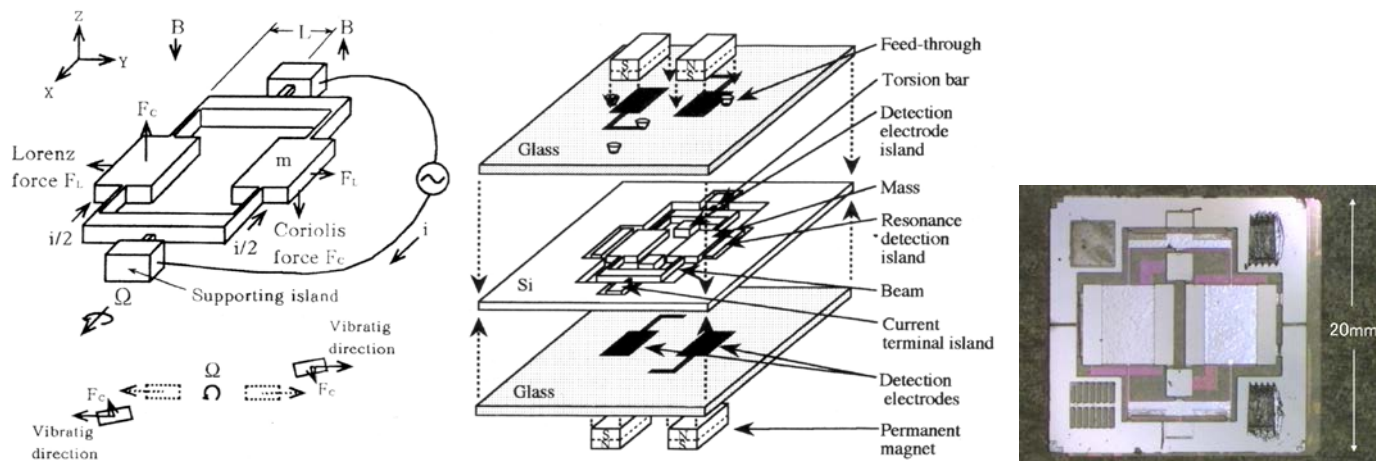
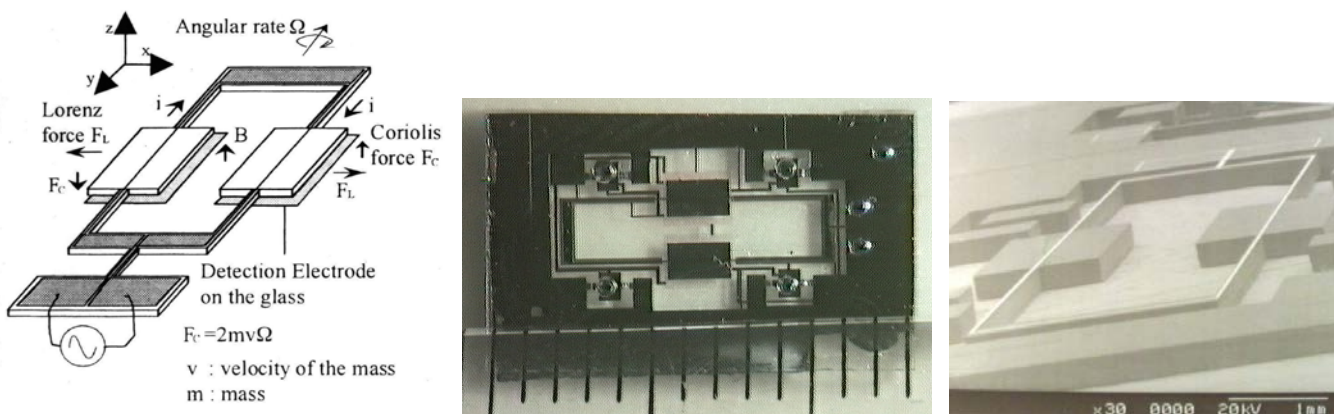


C1 電磁駆動振動ジャイロ



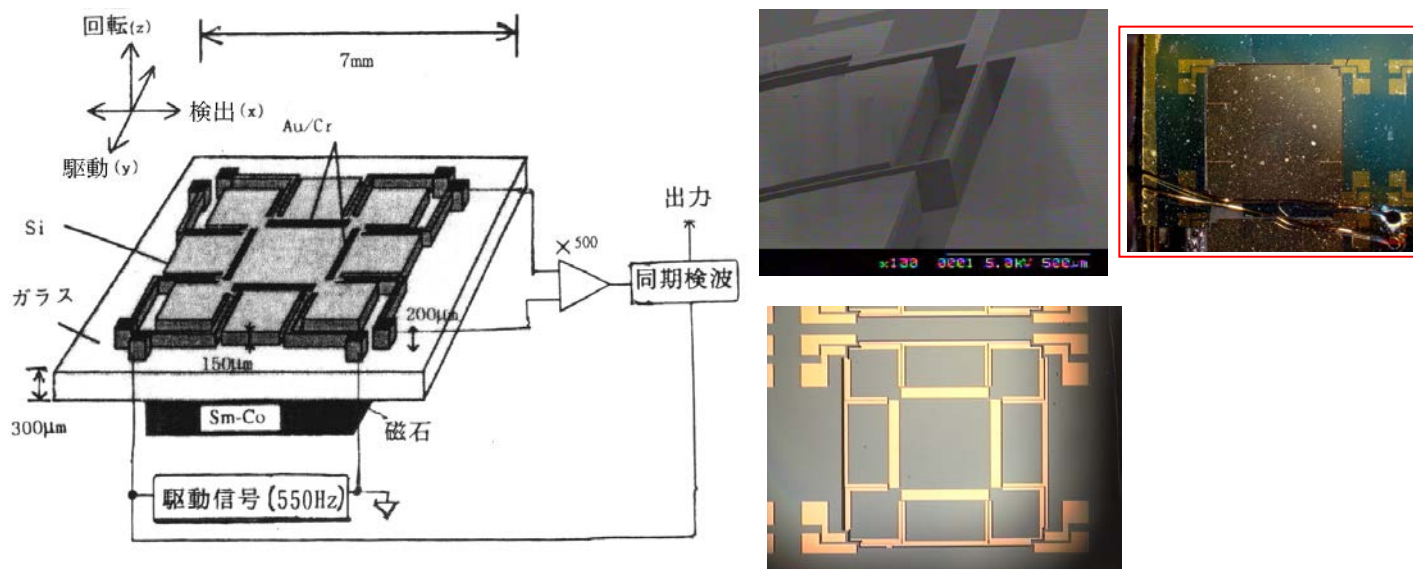
(110)Si の結晶異方性エッチングで製作した電磁駆動静電容量検出振動ジャイロ (東北大学 - トヨタ自動車)

参考文献 : M.Hashimoto, C.Cabuz, K.Minami and M.Esashi, Silicon Resonant Angular Rate Sensor Using Electromagnetic Excitation and Capacitive Detection, Micro System Technologies'94 (1994) pp.763-772



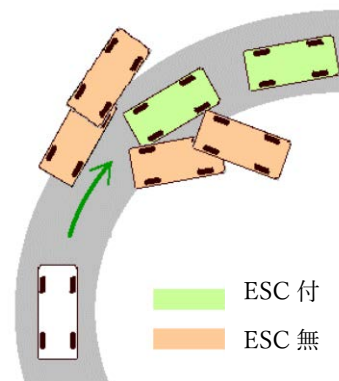
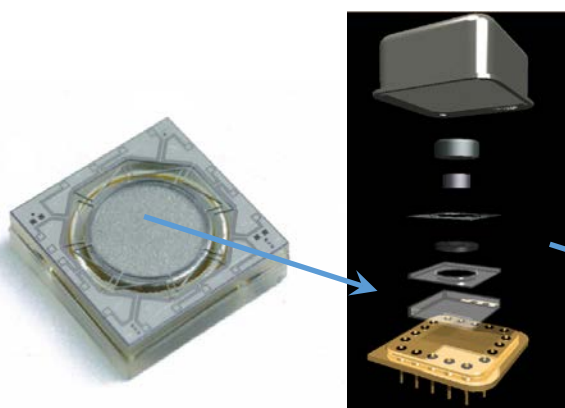
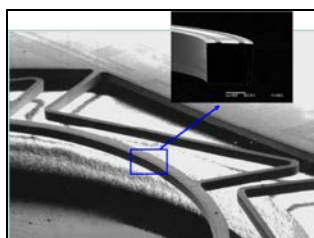
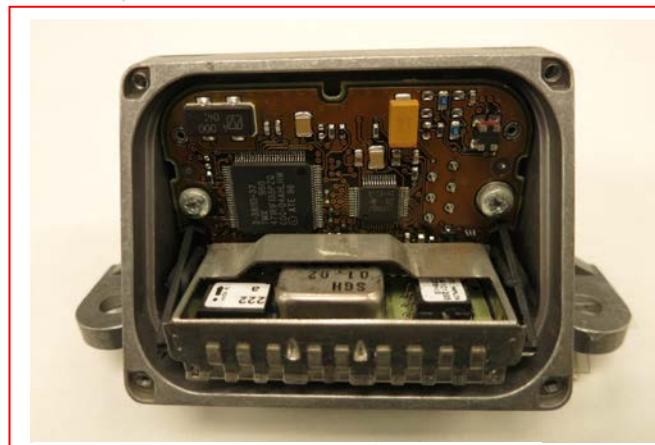
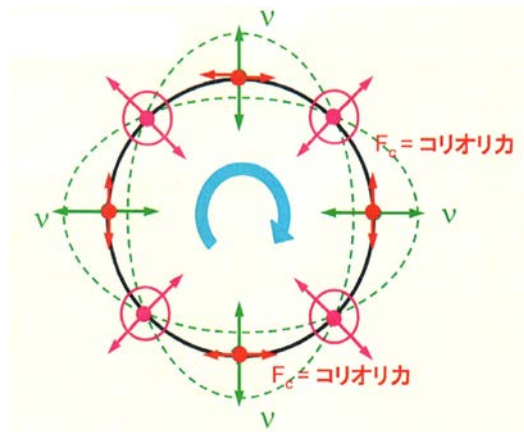
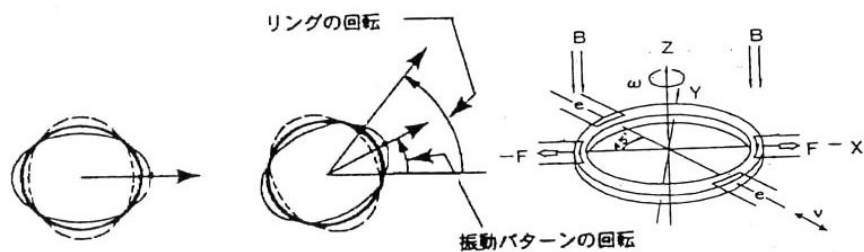
Deep RIE で製作した電磁駆動静電容量検出振動ジャイロ

参考文献 : J.Choi, K.Minami and M.Esashi : Application of Deep Reactive Ion Etching for Silicon Angular Rate Sensor, Microsystem Technologies, 2 (1996) pp.186-199



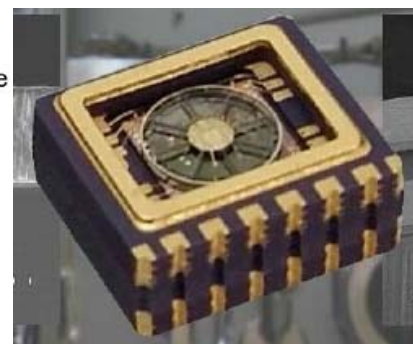
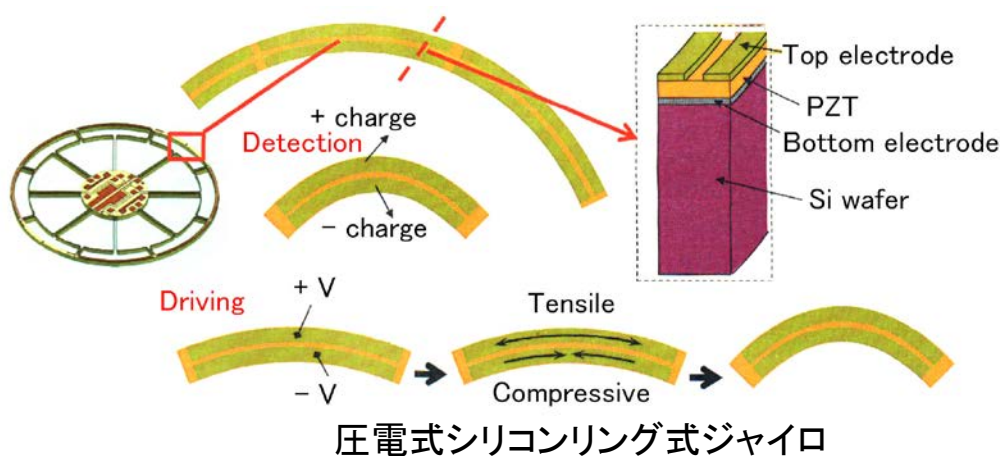
Z 軸用電磁駆動電磁(誘導起電力)検出振動ジャイロ

参考文献 : J.-J.Choi, 南和幸, 江刺正喜, 電磁駆動誘導起電力検出型シリコン角速度センサ, 電気学会論文誌E, 118-E (1998) pp.641-646



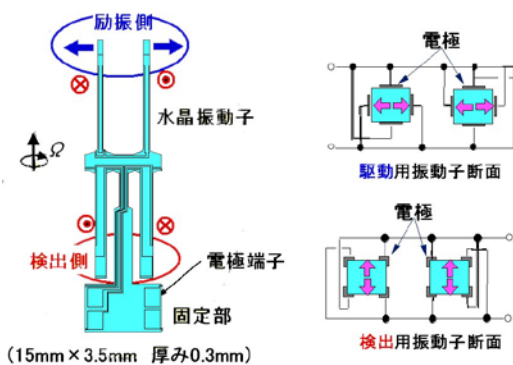
電磁式シリコンリング式ジャイロ

ESC (Electronic Stability Control)

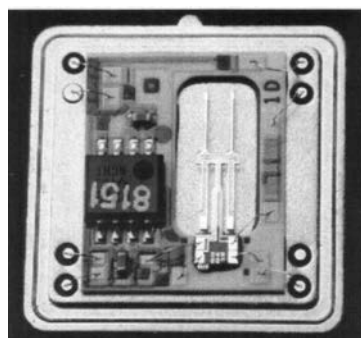


圧電式シリコンリング式ジャイロ

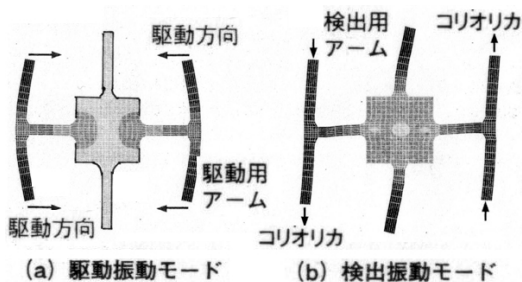
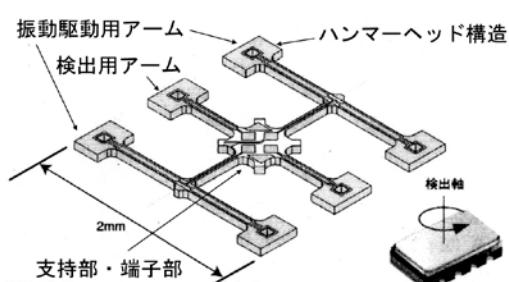
C3 圧電ジャイロ



水晶式振動ジャイロ (豊田中央研究所)



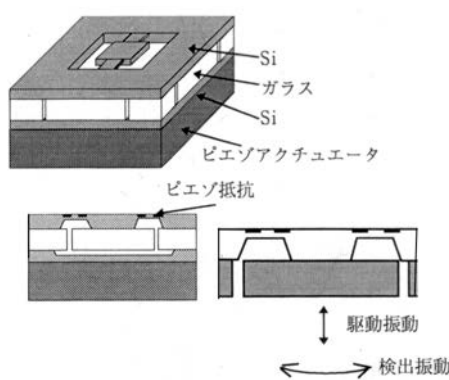
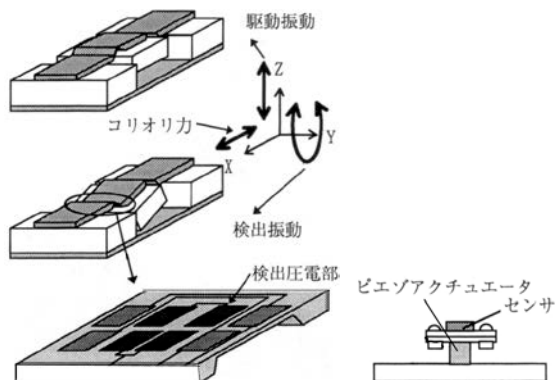
参考文献 : Y.Nonomura, M.Fujiyoshi, Y.Omura, K.Tsukada, M.Okuwa, T.Morikawa, N.Sugitani, S.Satou, N.Kurata and S.Matsushige, Quartz rate gyro sensor for automotive control, Sensors and Actuators A, 110 (2004) pp.136-141



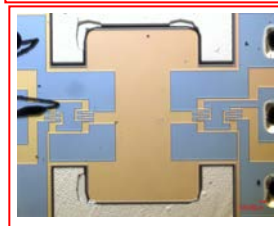
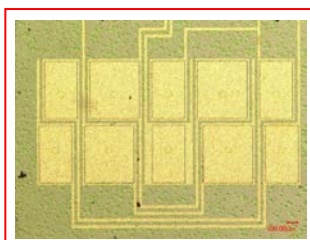
水晶式振動ジャイロ (エプソントヨコム)



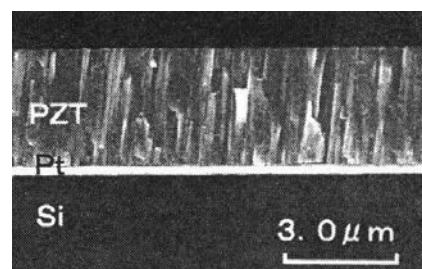
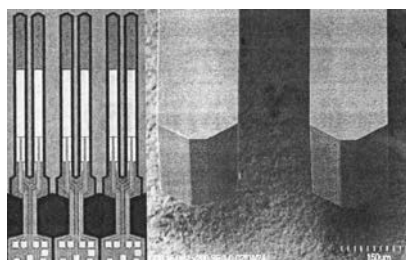
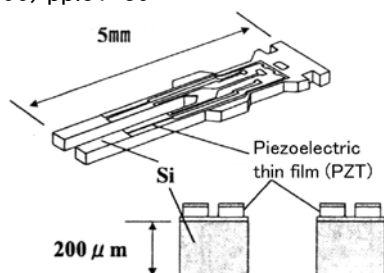
参考文献 : 小林祥宏, 指先に載る振動ジャイロ・センサ 外形寸法は $5.0 \times 3.2 \times 1.3 \text{mm}^3$, 日経エレクトロニクス (2004.11.8) pp.119-130



圧電薄膜振動ジャイロ (東北大学 - トヨタ自動車)



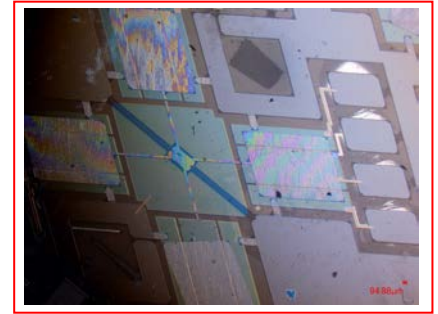
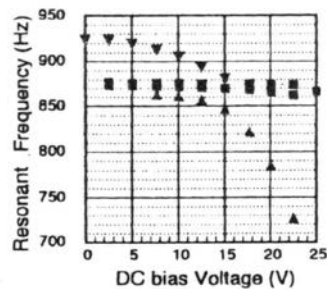
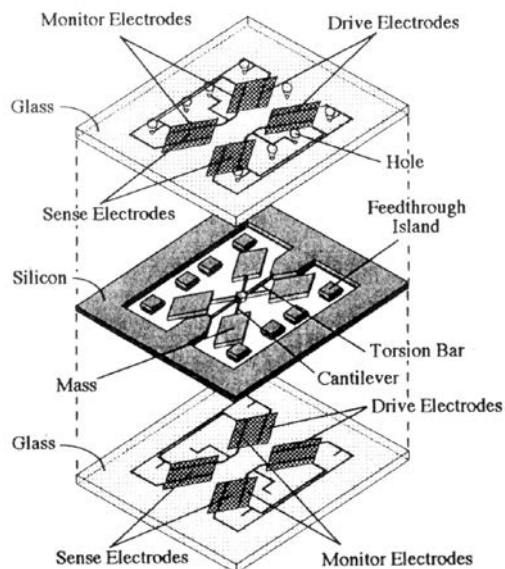
参考文献 : M.Nagao, K.Minami and M.Esashi, Silicon Angular Rate Sensor Using PZT Thin Film, Sensors and Materials, 11 (1999) pp.31-39



圧電薄膜振動ジャイロ (松下電器産業)

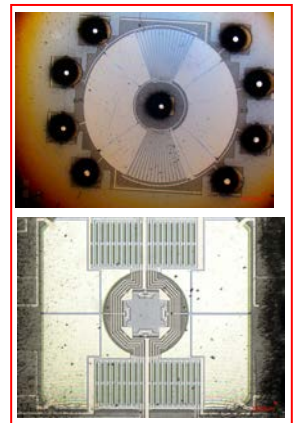
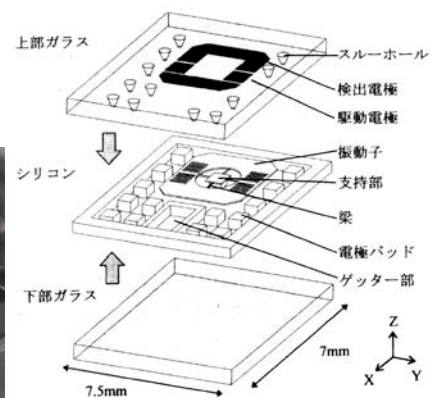
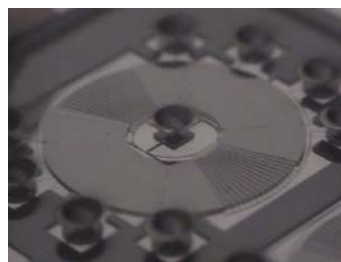
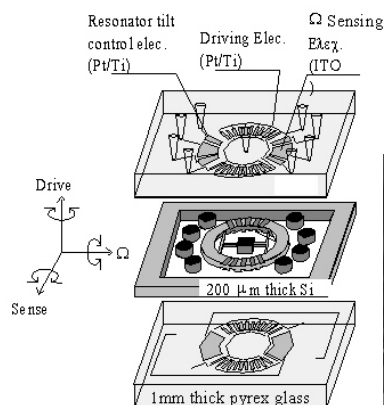
参考文献 : 高山良一, 藤井映志, 鎌田健, 村田晶子, 平澤拓, 友澤淳, 藤井覚, 鳥井秀雄, 野村幸治, <001>配向 PZT 薄膜の作製とマイクロ圧電素子への応用, 電気学会論文誌 E, 127 (2007) pp.553-557

C4 静電駆動容量検出ジャイロ



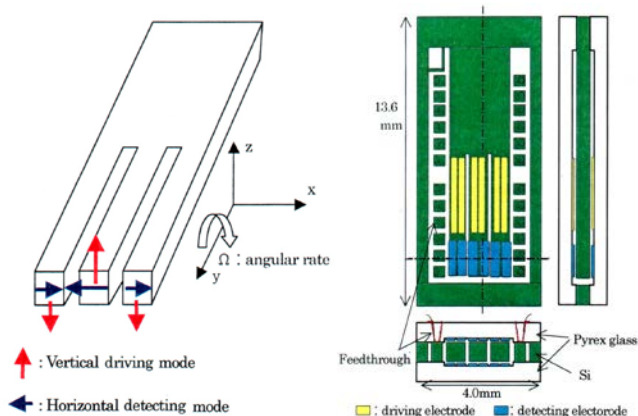
静電力の共振周波数調整機構を持つ静電駆動容量検出ジャイロ（東北大学 - 松下電器）

参考文献：M.Yamashita, K.Minami and M.Esashi, An X-shaped Tuning Fork Type Resonant Gyroscope by Silicon Micromachine Technology, Micro System Technologies'96 (1996) pp.385-390



回転振動型静電駆動容量検出ジャイロ（東北大学 - フォード自動車）（東北大学 - トヨタ自動車）

参考文献：J.-J.Choi, R.Toda, K.Minami and M.Esashi, Silicon Angular Resonance Gyroscope by Deep ICPRIE and XeF₂ Gas Etching, Proc.of the Micro Electro Mechanical Systems'98 (1998) pp.322-327
長尾勝, 南和幸, 江刺正喜, シリコン振動型角速度センサ, 電気学会論文誌E, 118-E (1998) pp.212-217



三脚音叉ジャイロ（東北大学 - アルプス電気）

参考文献：M.Abe, E.Shinohara, K.Hasegawa, S.Murata and M.Esashi Trident-type Tuning Fork Silicon Gyroscope by the Phase Difference Detection, Proc. of the Micro Electro Mechanical Systems'2000 (2000) pp.508-513

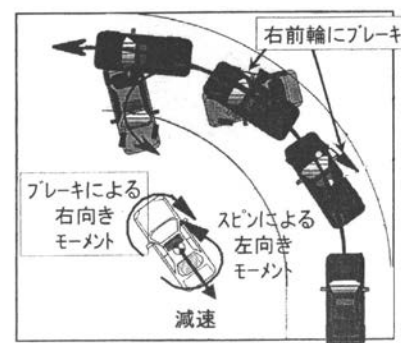
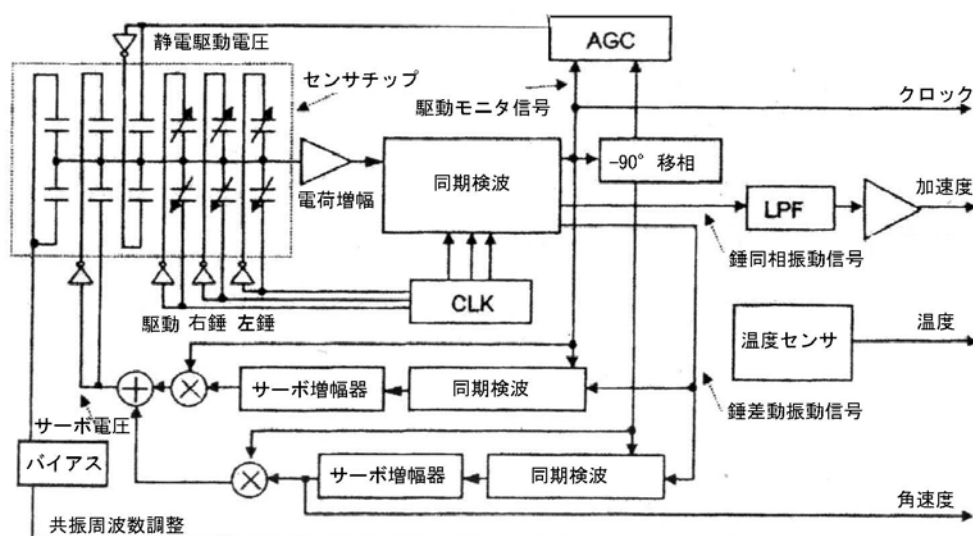
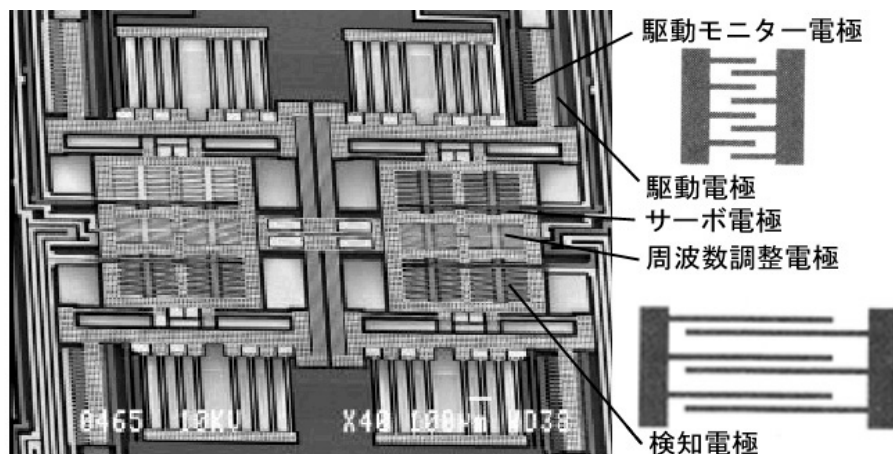
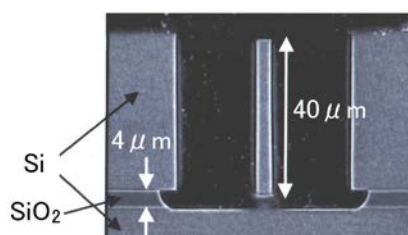
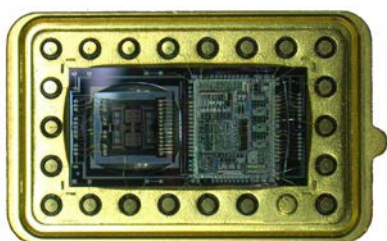
C5 ヨーレート・加速度センサ (トヨタ自動車)

開発経緯

マイクロマシン技術の車両応用を目指し、92年から東北大学との共同研究実施。引続き社内開発を行い、03年、世界で初めて製品化。

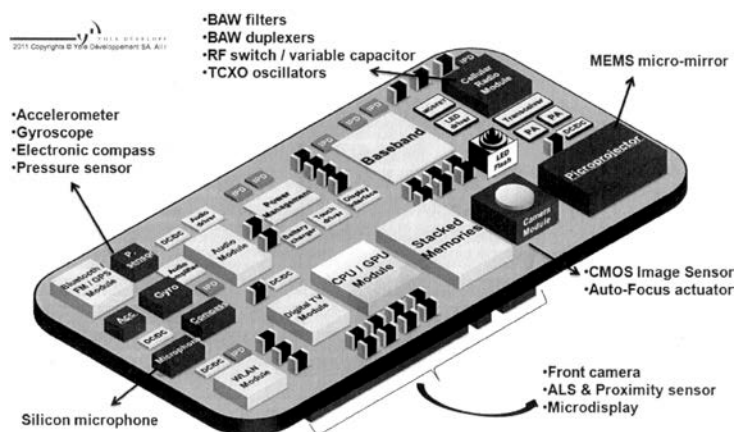
92	95	00
先端研究と人材育成 (東北大学-トヨタ自動車共同) ヨーレートセンサの半導体化研究 (原理確認) ・江刺研究室との共同研究 ・社員派遣による、 -マイクロマシン技術修得 -人材育成と人脈形成	先行開発 (トヨタ自動車) マイクロマシン技術開発 ・高アスペクト比 マイクロ加工技術 ・高精度静電 容量検出技術 等	製品開発 (トヨタ自動車) 車載性能実現、 低コスト化への製品開発 ・加速度センサー一体化 ・耐環境性能確保 等

加速度センサー内蔵 半導体式 ヨーレートセンサー

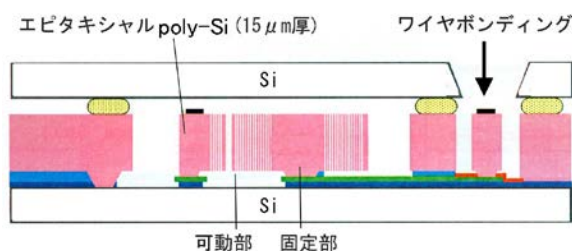
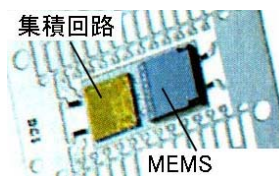


参考文献 : M.Nagao, H.Watanabe, E.Nakatani, K.Shirai, K.Aoyama and M.Hashimoto: A silicon micromachined gyroscope and accelerometer for vehicle stability control system, 2004 SAE World Congress, 2004-01-1113 (2004)

C6 自動車・スマホ他用 加速度センサ・ジャイロ

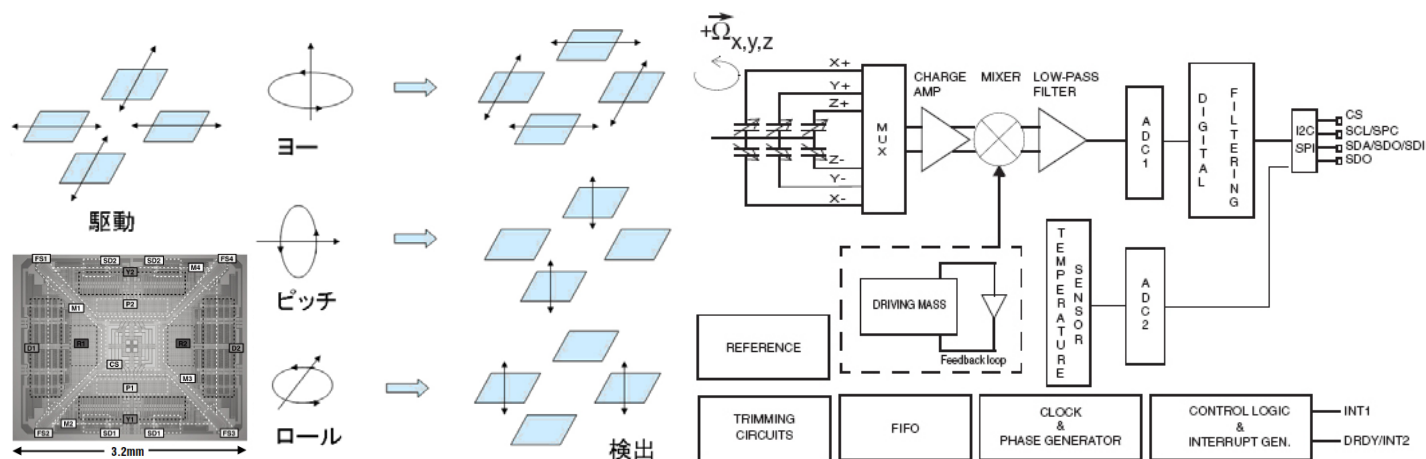


モバイル機器内の MEMS (Yole Development)



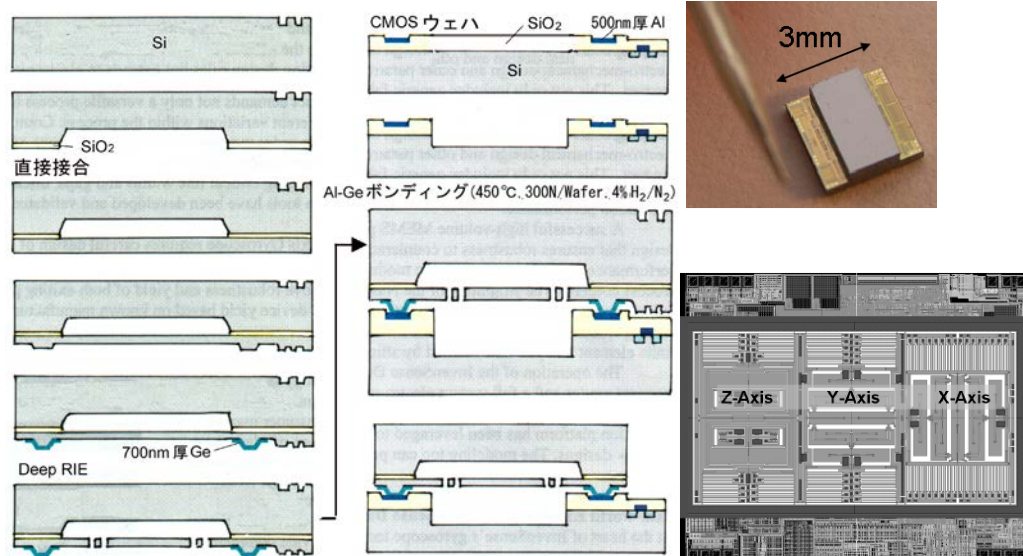
ST マイクロエレクトロニクス社の加速度センサ

参考文献 : H.Noguchi, Latest Developments on MEMS Inertial Sensors and Its Applications, SEMI Technology Symposium 2008, Makuhari, p.45 (2008)



ST マイクロエレクトロニクス社の 3 軸ジャイロ (L3G4200D)

参考文献 : L.Prandi, C.Caminada, L.Coronato, G.Cazzaniga, F.Biganzoli, R.Antonello and R.Oboe, A Low-power 2-axis Digital-output MEMS Gyroscope with Single Drive and Multiplexed Angular Rate Readout, ISSCC 2011. (2011) pp.104-105



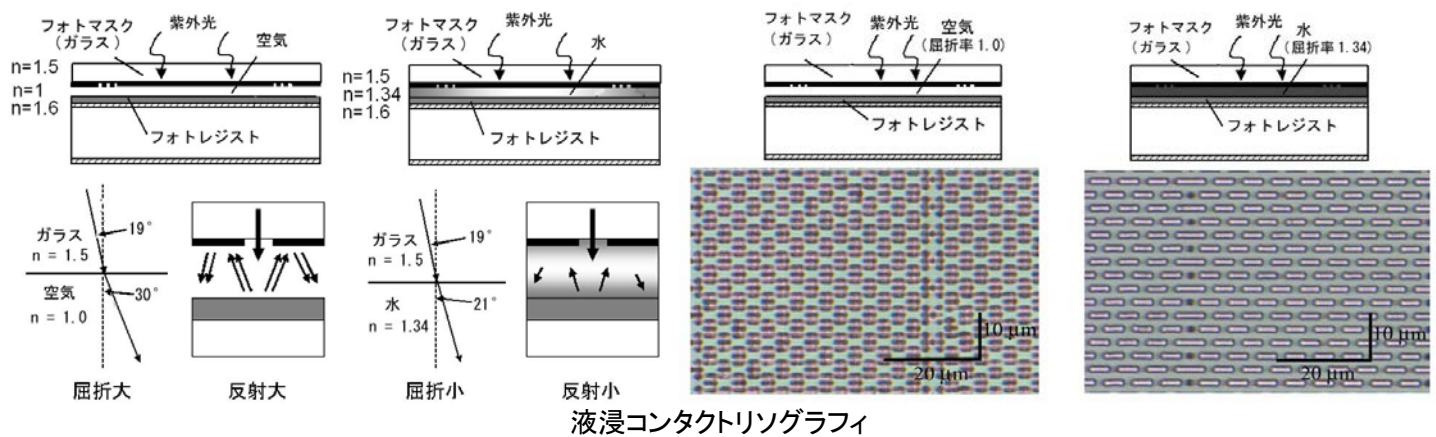
Invensense 社のジャイロ



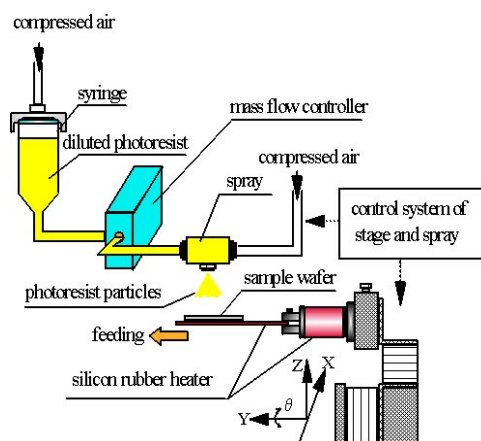
1 軸角速度センサ(ジャイロ)
2 軸加速度センサ
曙ブレーキ(株) 提供

参考文献 : J.Seeger, M.Lim and S.Nasiri, Development of High-performance, High-volume Consumer MEMS Gyroscopes, Solid-State Sensors, Actuators and Microsystems Workshop, (2010), p.61

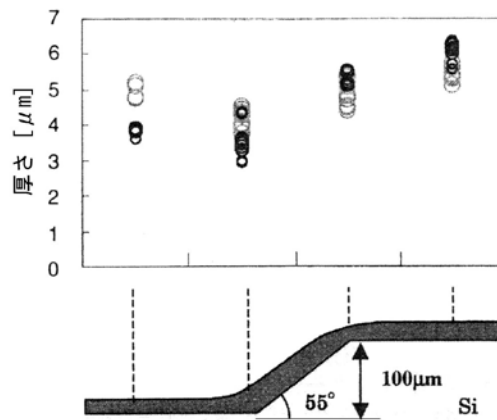
C7 パターニング



参考文献 : K.-S.Chang, S.Tanaka and M.Esashi, A Micro-Fuel Processor with Trench-Refilled Thick Silicon Dioxide for Thermal Isolation Fabricated by Water-immersion Contact Photolithography, J. of Micromech. Microeng., 15 (2005) pp.S171-S178

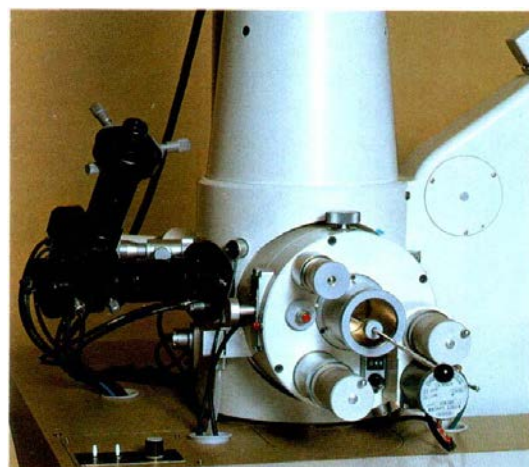
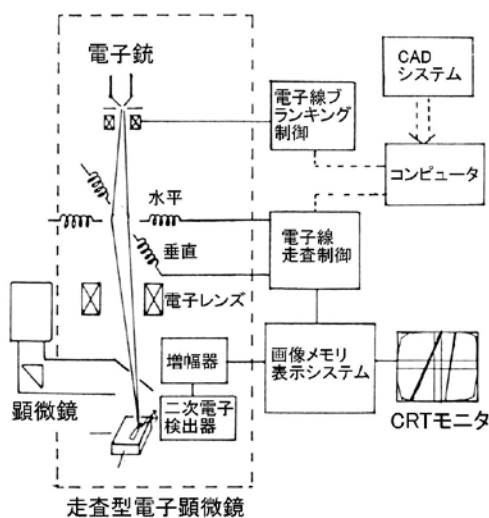


レジストのスプレーコーティング



ウシオ電機

参考文献 : V.K.Singh, M.Sasaki, K.Hane and M.Esashi, Flow Condition in Resist Spray Coating and Patterning Performance for Three-Dimensional Photolithography over Deep Structures, Jpn. J. Appl. Phys., 43 (2004) pp.2387-2391

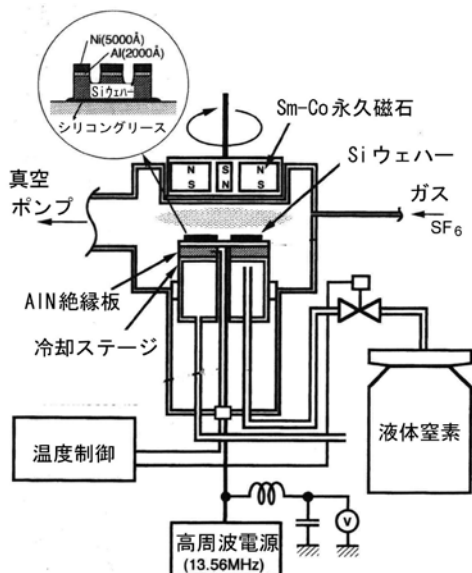


現物合わせ電子ビーム露光装置



参考文献 : S.Shoji, M.Esashi and T.Matsuo, A New Three-Dimensional Lithographic Technique and its Applications to the Fabrication of Micro Probe Sensors, Digest of Technical Papers, The 4th Int.Conf.on Solid State Sensors and Actuators (1987) pp.91-94

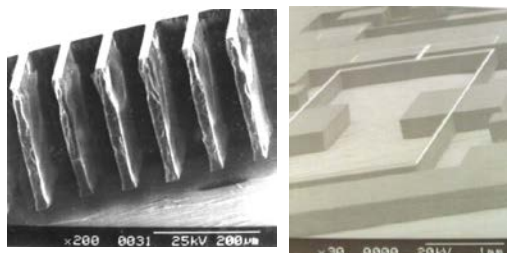
c8 エッチング (Deep RIE, XeF₂ エッチング, エッチング中厚さモニタ)



(110)Si の結晶異方性
エッチング(200 μm
厚, 幅 25/50/100 μm)

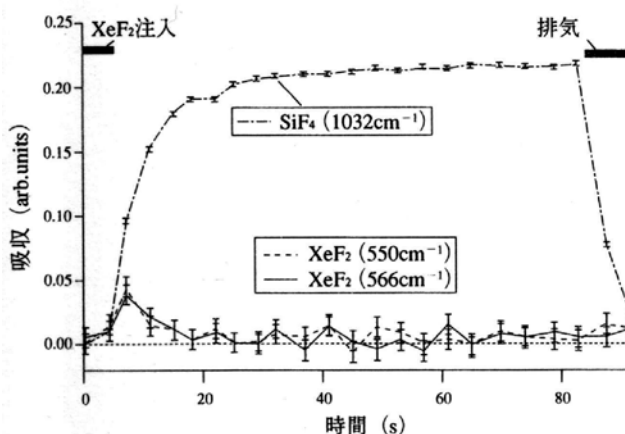
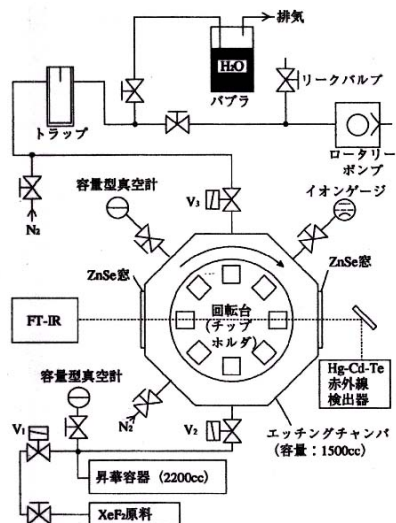
Si Deep RIE
200 μm 厚, -120°C

ポリイミド RIE
80 μm 厚, O₂ ガス



Deep RIE

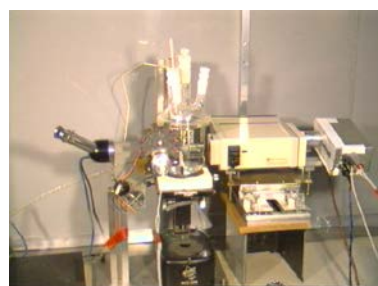
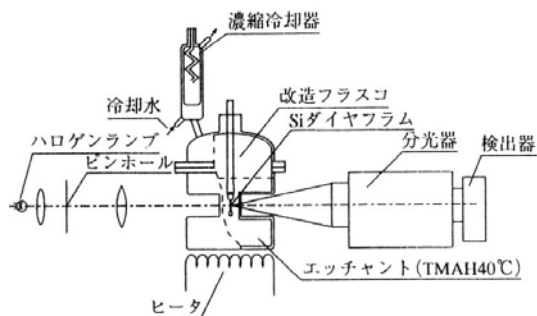
参考文献 : M.Takinami, K.Minami and M.Esashi : High-Speed Directional Low-Temperature Dry Etching for Bulk Silicon Micromachining, Technical Digest of the 11th Sensor Symposium (1992) pp.15-18



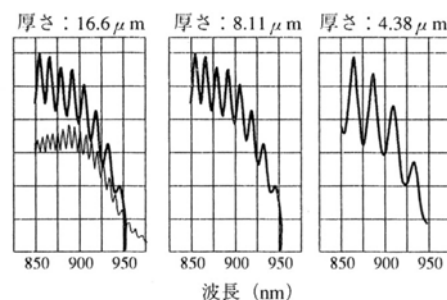
XeF₂ による Si ドライエッチング

参考文献 : R.Toda, K.Minami and M.Esashi, Thin Beam Bulk Micromachining Based on RIE and Xenon Difluoride Silicon Etching, Sensors and Actuators, A66 (1998) pp.268-272

厚さ 上から 2/3/5/7 μm

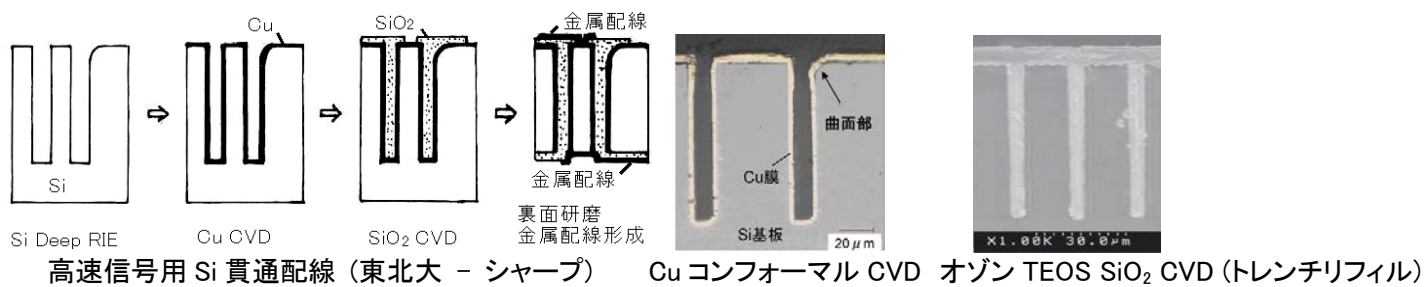


ウェットエッチング中の膜厚モニタ

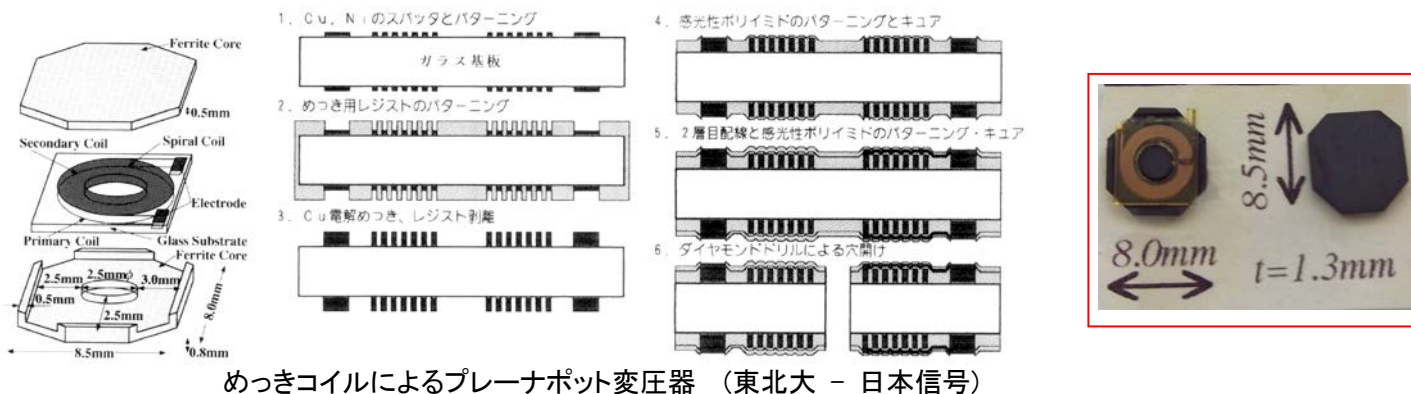


参考文献 : K.Minami, H.Tosaka and M.Esashi, Optical in-situ Monitoring of Silicon Diaphragm Thickness during Wet Etching, J. of Micromechanics and Microengineering, 5 (1995) pp.41-46

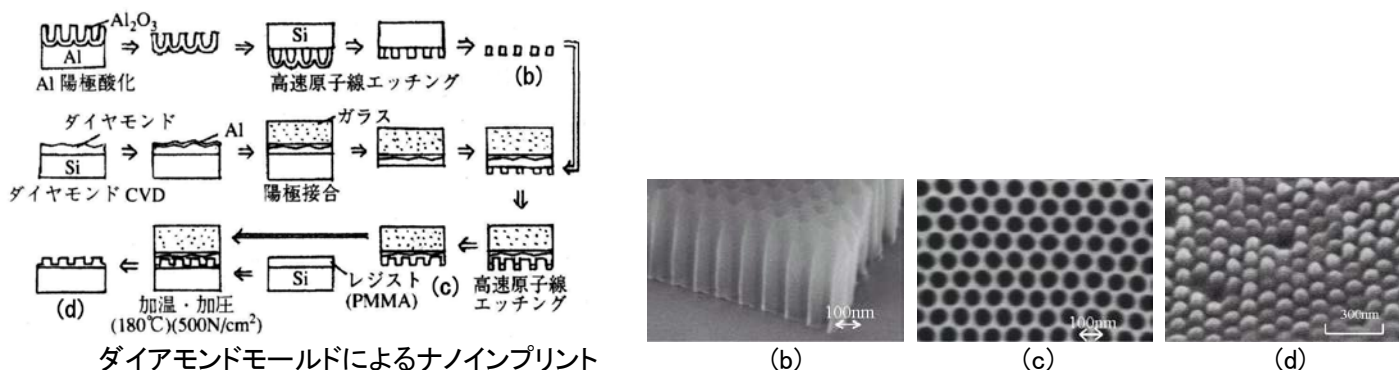
C9 堆積



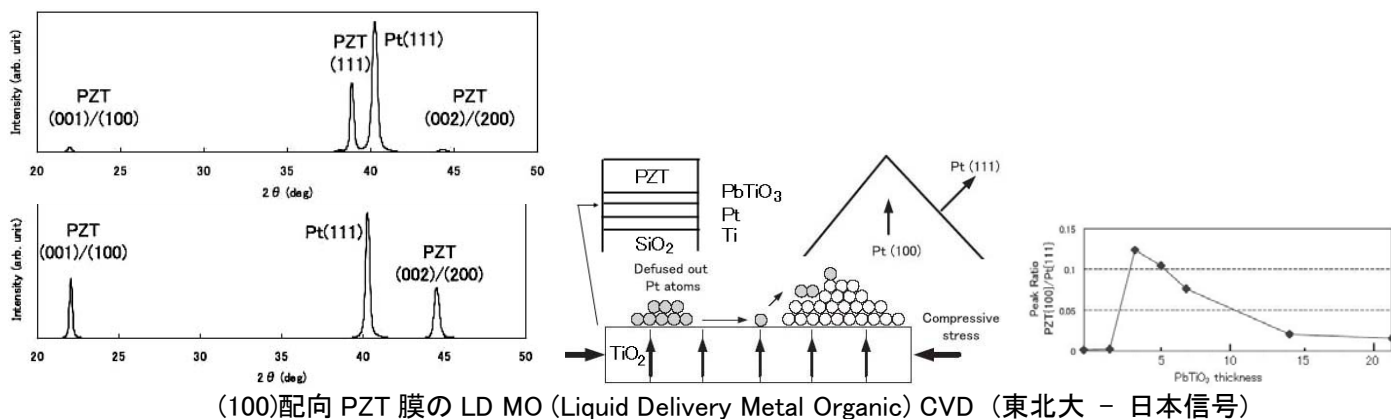
参考文献：住川雅人, 江刺正喜, 高速伝送対応の Si 貫通配線構造, 第 19 回エレクトロニクス実装学会学術講演大会, (2005) pp.117-118



参考文献：浅田則裕, 松木英敏, 江刺正喜, 絶縁型プレーナ変圧器を用いたフェイルセーフ論理演算器, 電気学会論文誌 A, 114 (1994) pp.255-259

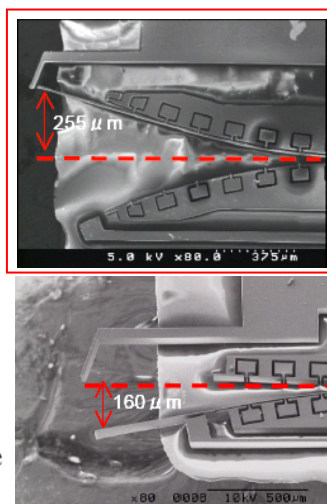
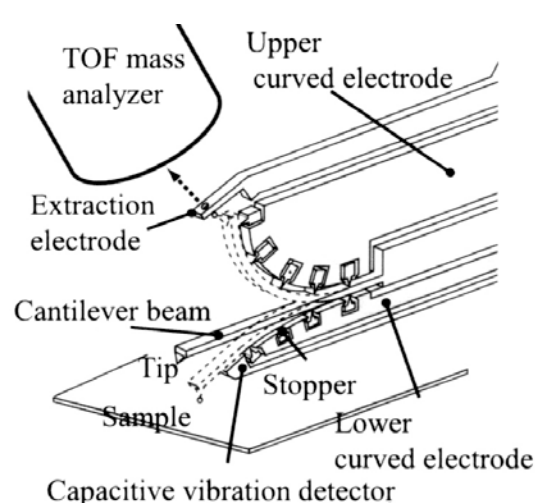


参考文献：T.Ono, C.Konoma, H.Miyashita, Y.Kanamori and M.Esashi, Pattern Transfer of Self-Ordered Structure with Diamond Mold, Jpn. J. Appl. Phys., 42, Part 1 (2003) pp.3867-3870



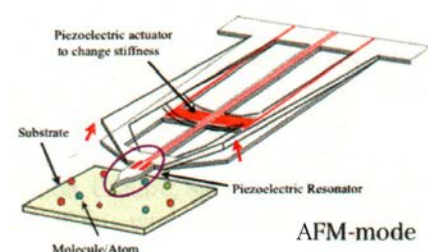
参考文献：H.Matsuo, Y.Kawai, S.Tanaka and M.Esashi, Investigation for (100)-/(001)-Oriented Pb(Zr,Ti)O₃ Films Using Platinum Nanofacets and PbTiO₃ Seeding Layer, Jap. J. Appl. Phys, 49 (2010) 061503

C10 走査プローブ顕微鏡(SPM)プローブ

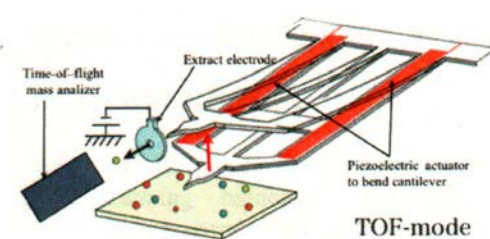


静電駆動飛行時間質量分析機能付 AFM プローブ

参考文献：C.Y.Shao, Y.Kawai, M.Esashi and T.Ono, Electrostatic Actuator Probe with Curved Electrodes for Time-of-flight Scanning Force Microscopy, Review of Scientific Instruments, 81 (2010) 083702



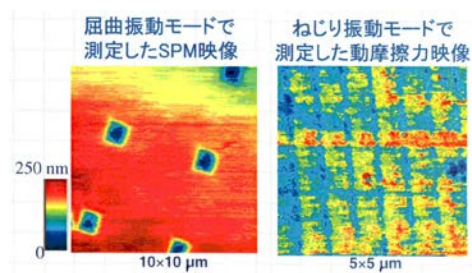
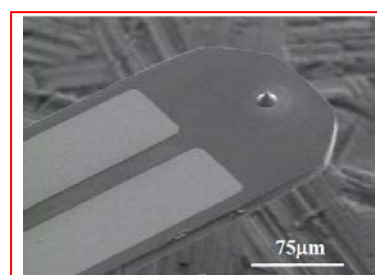
AFM-mode



TOF-mode

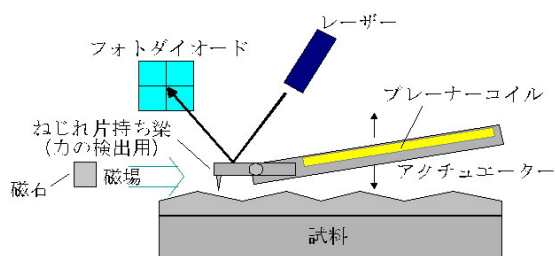
圧電駆動飛行時間質量分析機能付 AFM プローブ

参考文献：Y.Kawai, T.Ono, M.Esashi, E.Meyer and C.Gerber, Resonator Combined with a Piezoelectric Actuator for Chemical Analysis by Force Microscopy, Rev. of Sci. Instru., 78 (2007) 063709(4pp)



水晶 AFM プローブ

参考文献：A.Takahashi, M.Esashi and T.Ono, Quartz-crystal Scanning Probe Microcantilevers with a Silicon Tip Based on Direct Bonding of Silicon and Quartz, Nanotechnology, 21 (2010) 405502(5pp)

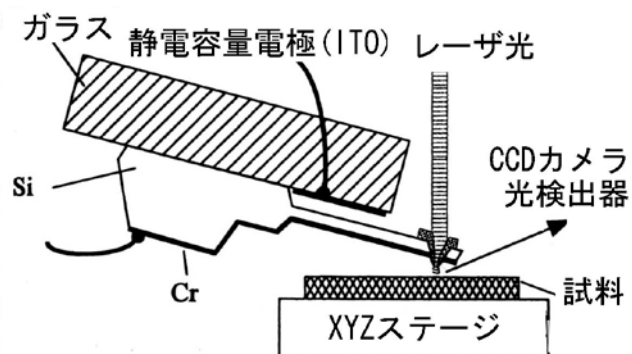
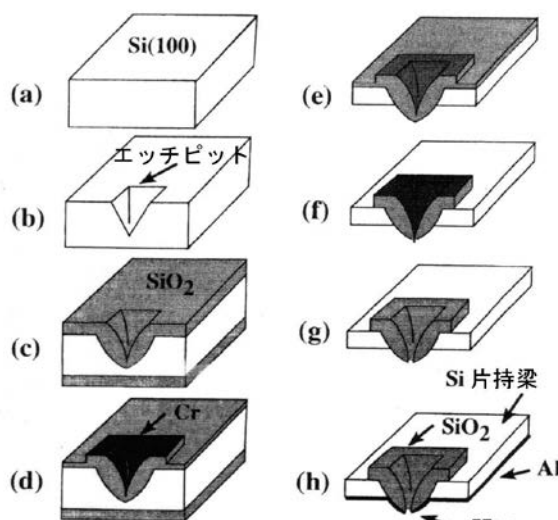
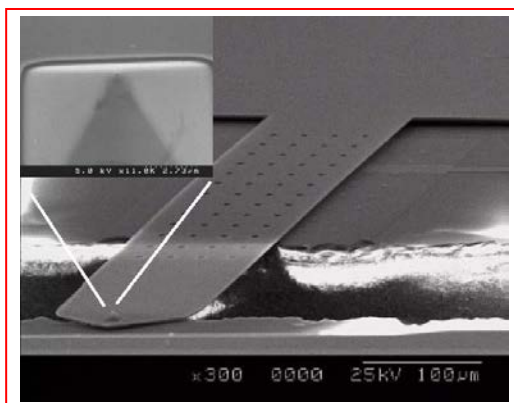


電磁式 AFM プローブ

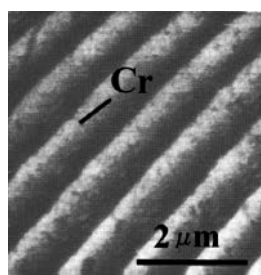


参考文献：D.W.Lee, T.Ono and M.Esashi, High-Speed Imaging by Electro-Magnetically Actuated Probe with Dual Spring, J. of Microelectromechanical Systems, 9 (2000) pp.419-424

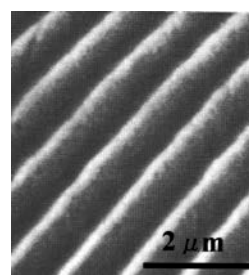
C11 近接場光プローブとボータイアンテナ



AFM

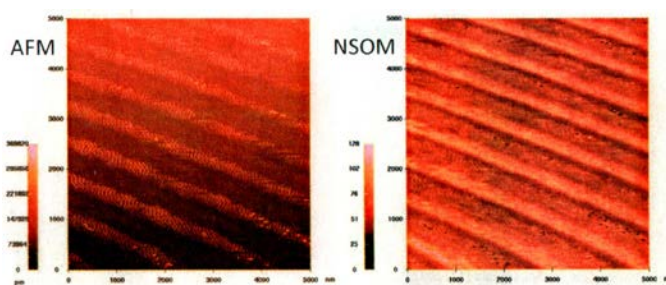
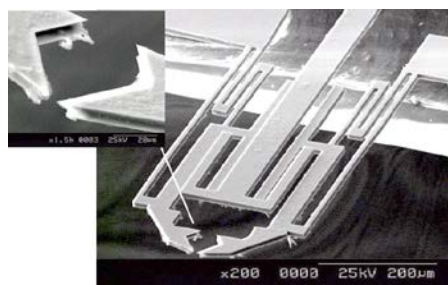
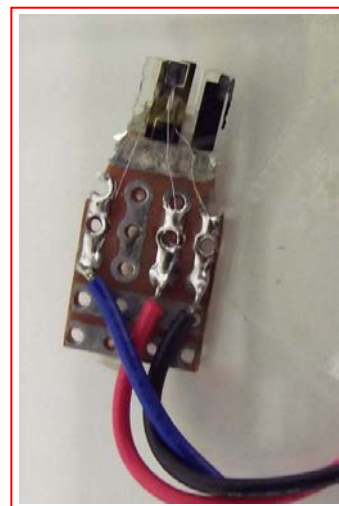
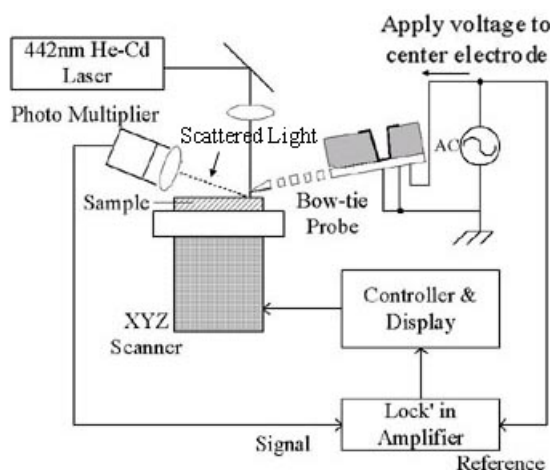
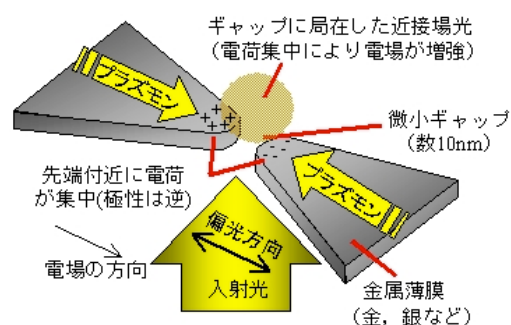


NSOM



近接場光 (NSOM) プローブ

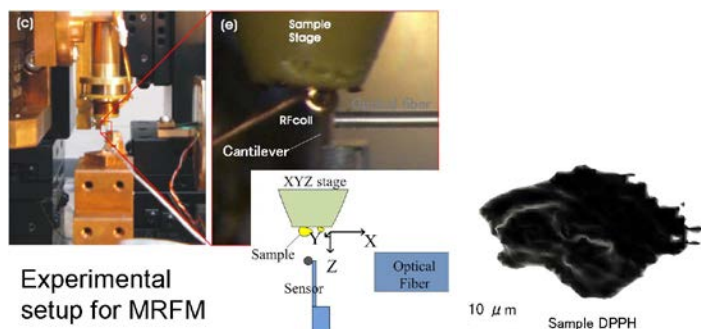
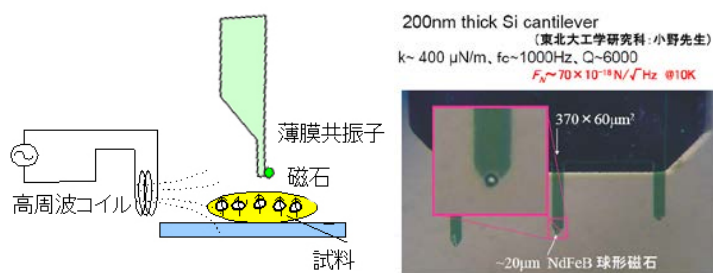
参考文献： P.N.Minh, T.Ono and M.Esashi, Microfabrication of Miniature Aperture at the Apex of SiO₂ Tip on Silicon Cantilever for Near-field Scanning Microscopy, Sensors and Actuators, A80 (2000) pp.163-169



ボータイアンテナ

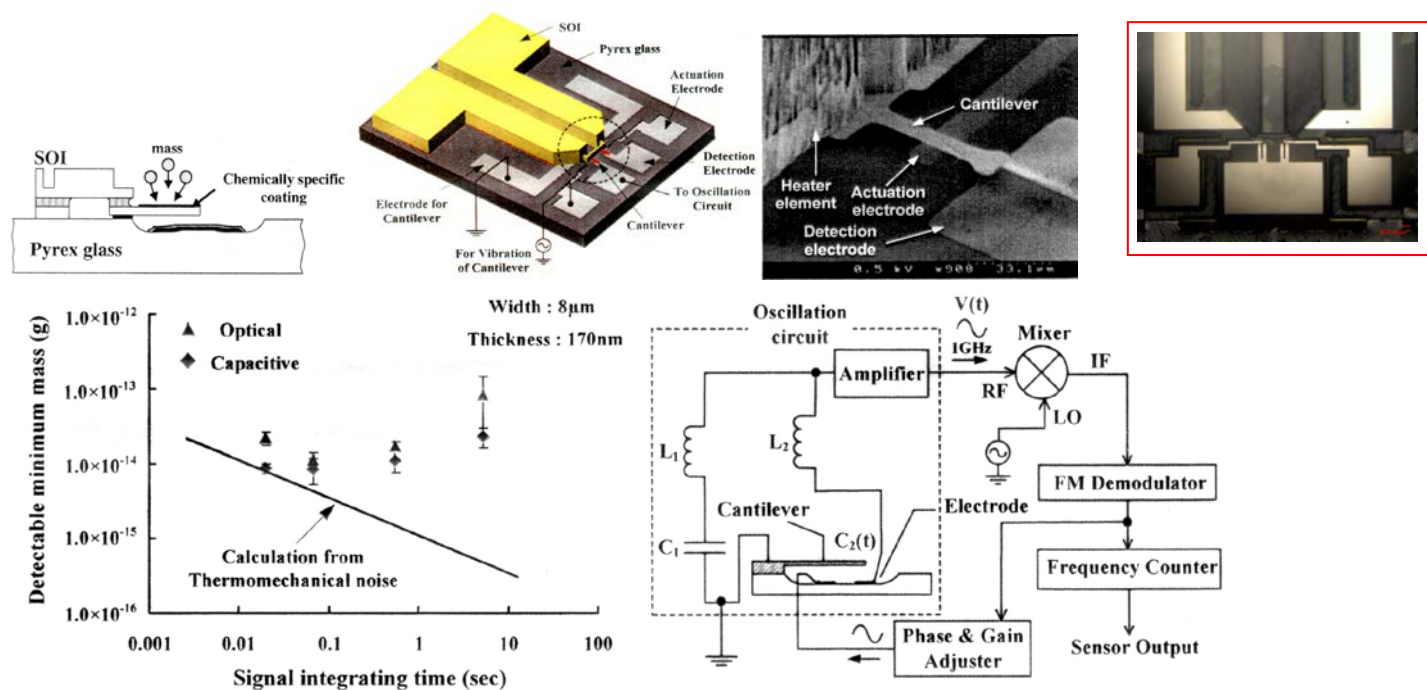
参考文献： K.Iwami, T.Ono and M.Esashi, Optical Near-Field Probe Integrated with Self-Aligned Bow-Tie Antenna and Electrostatic Actuator for Local Field Enhancement, J. of Microelectromechanical Systems, 15 (2006) pp.1201-1208

C12 薄膜共振子による高感度センサ



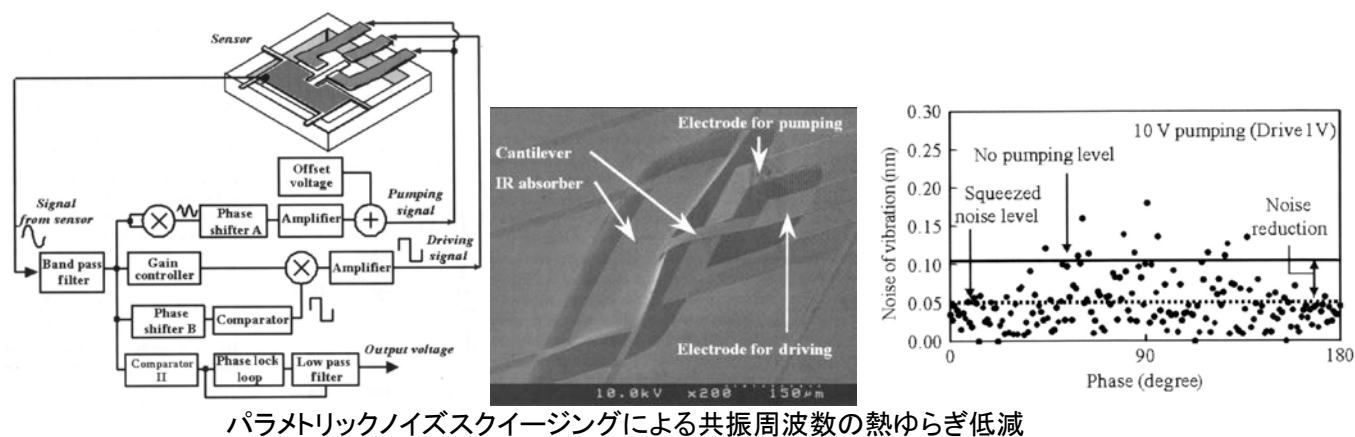
MRFM (Magnetic Resonance Force Microscope)による ESR (Electron Spin Resonance)イメージング (日本電子 - 東北大)

参考文献 : S.Tsuji, Y.Yoshinari, E.Kawai, K.Nakajima, H.S.Park and D.Shindo, Magnetic resonance force microscopy combined with surface topography, J. of Magnetic Resonance, 188 (2007) pp.380-396



容量検出による共振薄膜質量センサ

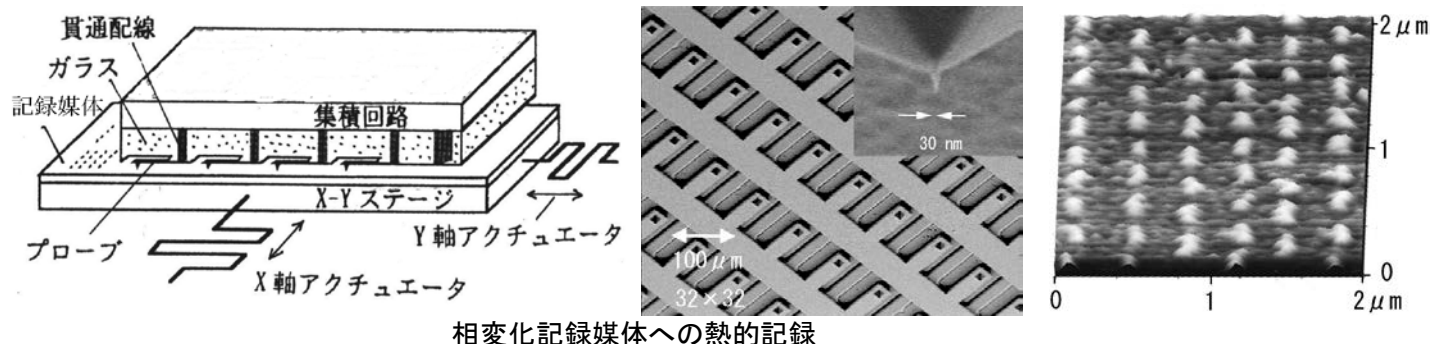
参考文献 : S.-J.Kim, T.Ono and M.Esashi, Mass Detection Using Capacitive Resonant Silicon Resonator Employing LC Resonant Circuit Technique, Rev. of Sci. Instru., 78 (2007) 085103(6)



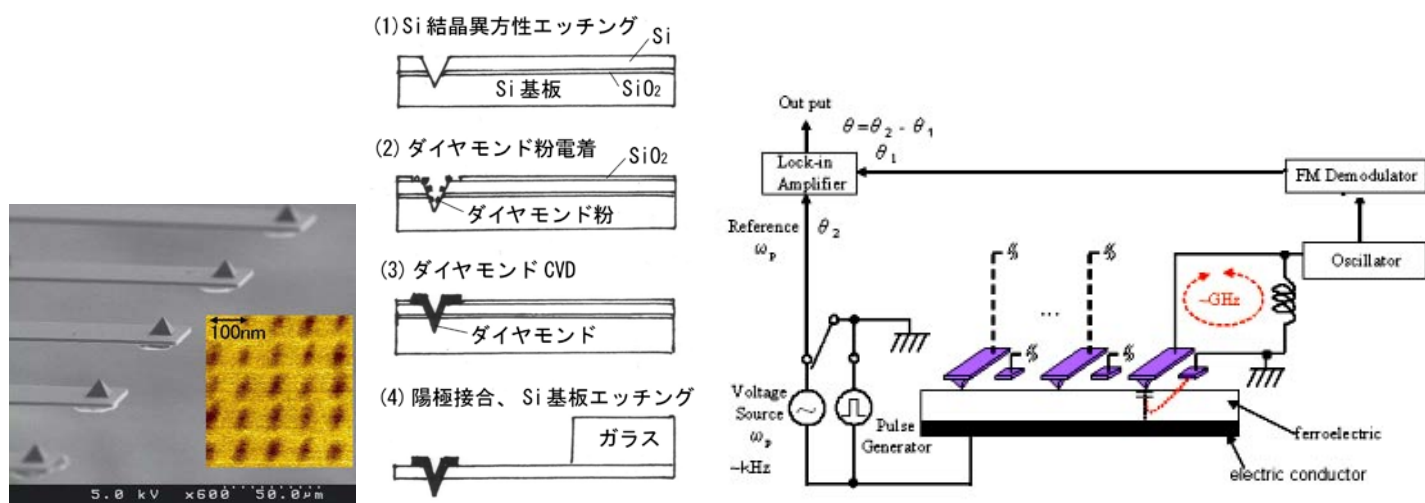
パラメトリックノイズスキューイングによる共振周波数の熱ゆらぎ低減

参考文献 : T.Ono, H.Wakamatsu and M.Esashi, Parametrically Amplified Thermal Resonant Sensor with Pseudo-Cooling Effect, J.of Micromech. Microeng., 15 (2005) pp.2282-2288

C13 マルチプローブ記録

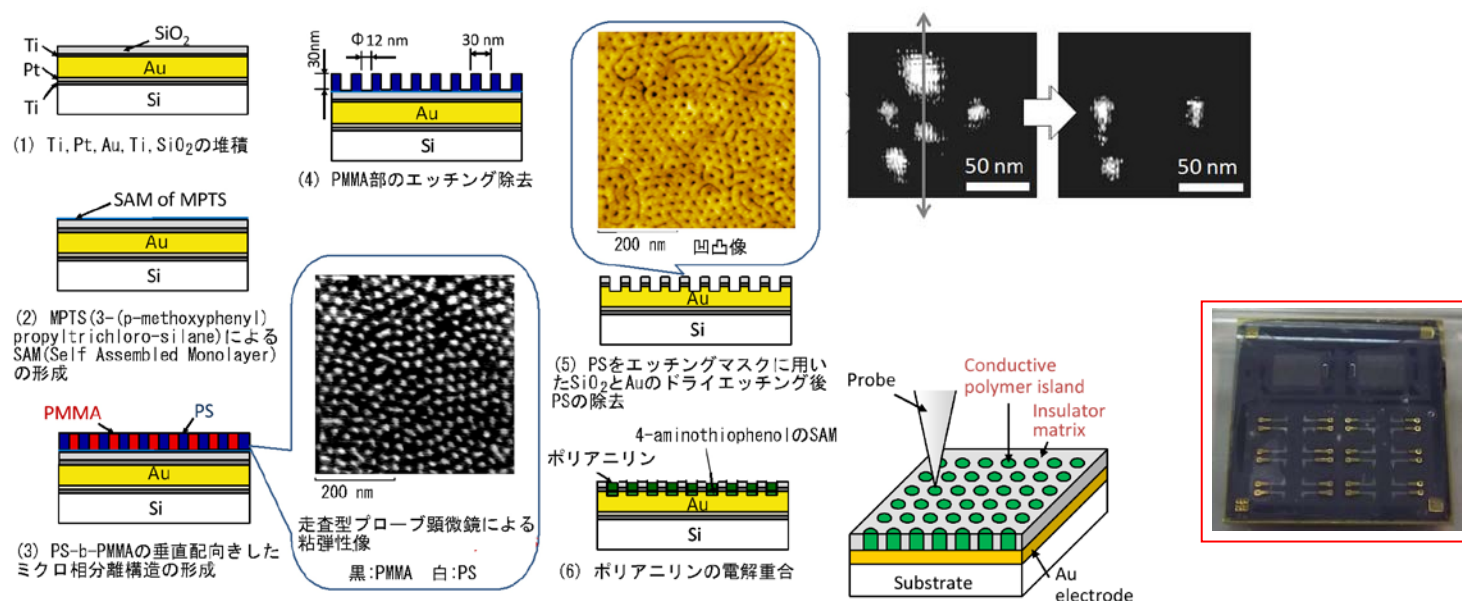


参考文献：D.W.Lee, T.Ono, T.Abe and M.Esashi, Microprobe Array with Electrical Interconnection for Thermal Imaging and Data Storage, J. of Microelectromechanical Systems, 11 (2002) pp.215-219



ダイヤモンドプローブを用いた電氣的記録・読出 (東北大学 - パイオニア)

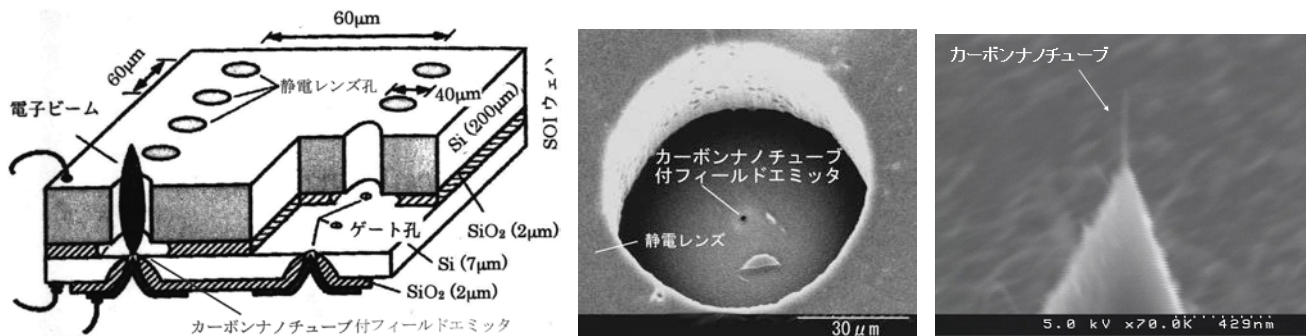
参考文献：H.Takahashi, A.Onoe, T.Ono, Y.Cho and M.Esashi, High-Density Ferroelectric Recording Using Diamond Probe by Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy, Jap. J. of Applied Physics. 45 (2006) pp.1530-1533



ジブロックポリマのマイクロ相分離を用いたポリアニリンによるパターンドメディア

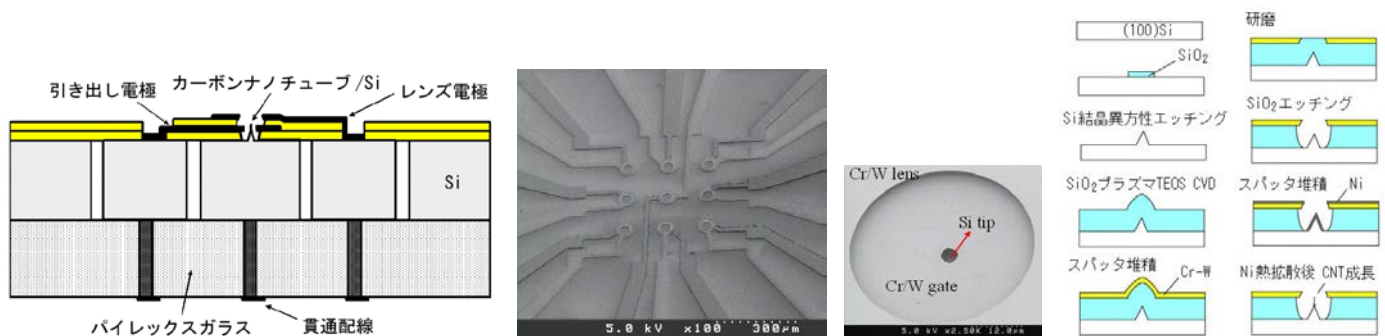
参考文献：S.Yoshida, T.Ono and M.Esashi, Conductive Polymer Patterned Media for Scanning Multiprobe Data Storage, Nanotechnology, 18 (2007) 505302(5pp)

C14 電子源



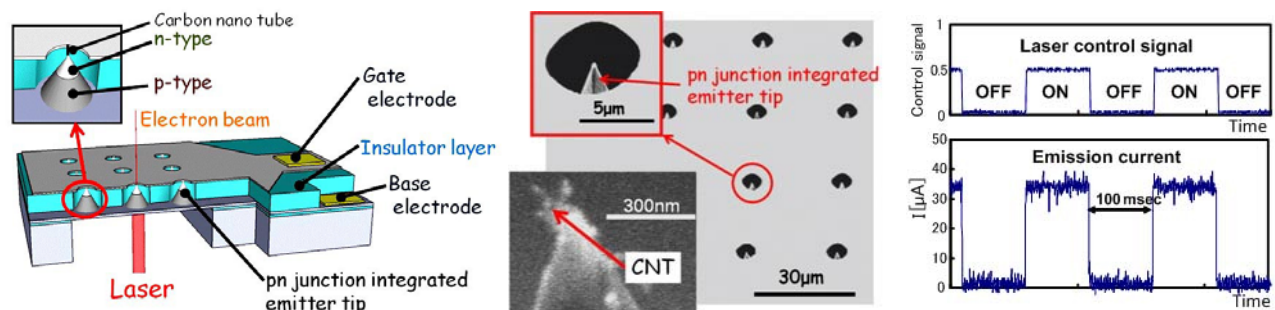
カーボンナノチューブ電子源

参考文献 : P.N.Minh, L.T.T.Tuyen, T.Ono, H.Mimura, K.Yokoo and M.Esashi, Carbon Nanotube on a Si Tip for Electron Field Emitter, Jpn. J. Appl. Phys., 41 Part2 (2002) pp.L1409-L1411



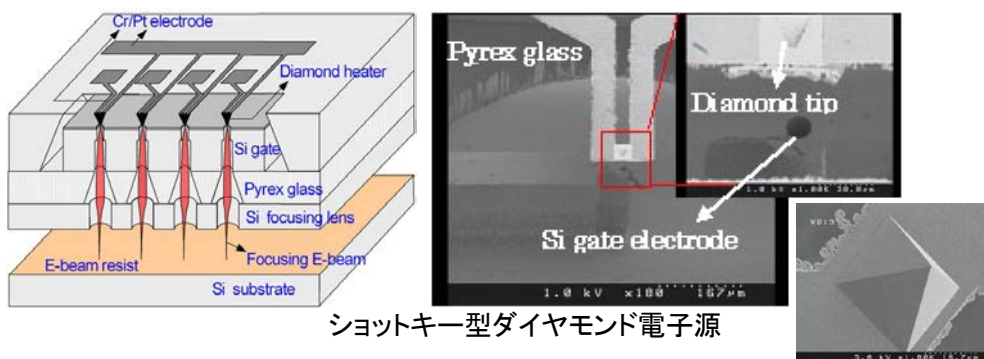
静電レンズ付カーボンナノチューブ電子源

参考文献 : J.Ho, T.Ono, C.-H Tsai and M.Esashi, Photolithographic Fabrication of Gated Self-aligned Parallel Electron Beam Emitters with a Single-stranded Carbon Nanotube, Nanotechnology, 19 (2008) 365601(5pp)

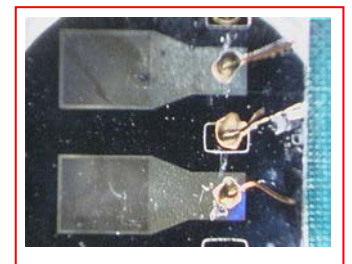


光駆動マルチ電子源

参考文献 : E.Tomono, H.Miyashita, T.Ono and M.Esashi, Optically-Controlled Multi Electron Source, The 5th Asia-Pacific Conference on Transducers and Micro-Nano Technology (APCOT 2010) (2010) pp.78-79



ショットキー型ダイヤモンド電子源



光駆動マルチ電子源

参考文献 : C.-H.Tsai, T.Ono and M.Esashi, Fabrication of Diamond Schottky Emitter Array by Using Electrophoresis Pre-treatment and Hot-filament Chemical Vapor Deposition, Diamond and Related Materials, 16 (2007) pp.1398-1402