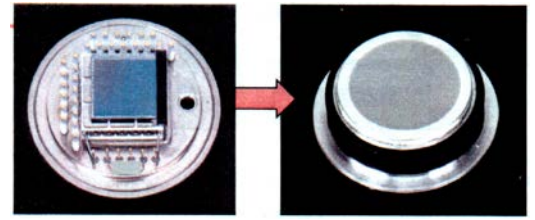
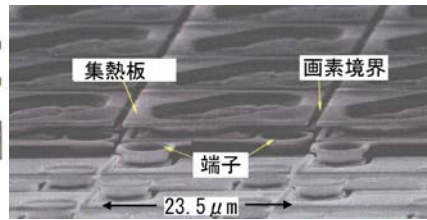
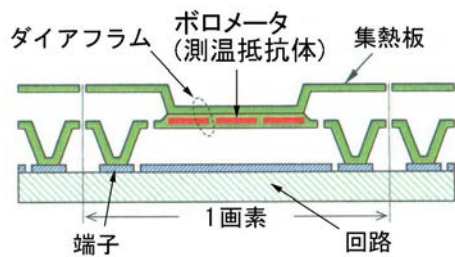


カード一覧（展示物は赤枠）

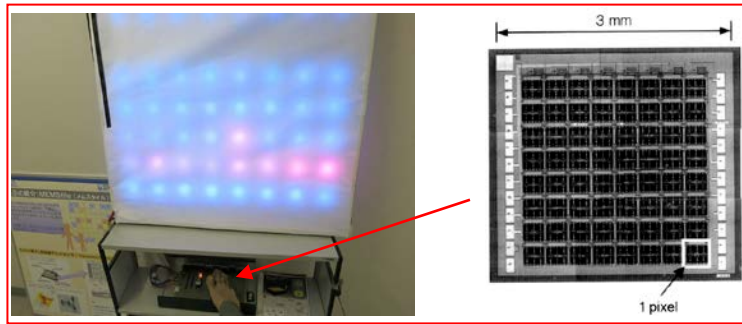
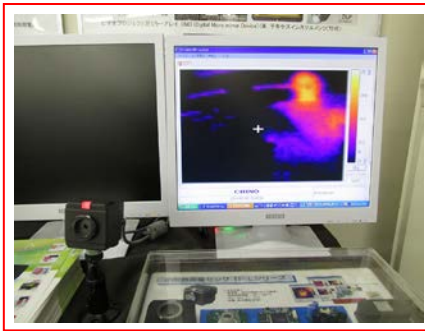
- A1 赤外線センサ・イメージャ
- A2 赤外線センサ
- A3 2軸ガルバノ電磁光スキャナ
- A4 DMD (Digital Micromirror Device) (TI (テキサス・インスツルメンツ) 米国)
- A5 DMD (Digital Micromirror Device) による映画のデジタル上映化
- A6 光エンコーダ (NTT)
- A7 圧電型・熱型インクジェットプリンタヘッド
- A8 静電インクジェットプリンタヘッド
- A9 MEMS 共振子 (米国)
- A10 MEMS 共振子 (ディスク、Lamb 波 他)
- A11 FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) 薄膜バルク音響波共振子
- A12 LSI 上の SAW デバイス (集積回路上の表面弾性波素子)
- A13 可変容量付帯域可変 SAW フィルタ
- A14 SAW パッシブワイヤレスセンサ
- B1 ピエゾ抵抗型圧力センサ
- B2 集積化容量型圧力センサ
- B3 振動型圧力センサ (横河電機)
- B4 容量型真空センサ
- B5 容量型真空センサ製品 (キャノンアネルバ、大亜真空)
- B6 MEMS マイクロホン
- B7 MEMS マイクロホン ウェハ (日清紡マイクロデバイス)
- B8 耐湿性 MEMS マイクロホン
- B9 自動車用容量型加速度センサ
- B10 表面マイクロマシニングによる加速度センサウェハ (アナログデバイス 米国)
- B11 各種加速度センサ
- B12 集積化容量型加速度センサ
- B13 3軸加速度センサ
- B14 静電浮上回転ジャイロ
- C1 電磁駆動振動ジャイロ
- C2 シリコンリング式ジャイロ
- C3 圧電ジャイロ
- C4 静電駆動容量検出ジャイロ
- C5 ヨーレート・加速度センサ (トヨタ自動車)
- C6 自動車・スマホ他用 加速度センサ・ジャイロ
- C7 パターニング
- 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)
- C9 堆積
- C10 走査プローブ顕微鏡 (SPM) プローブ
- C11 近接場光プローブとボータリアンテナ
- C12 薄膜共振子による高感度センサ
- C13 マルチプローブ記録
- C14 電子源
- D1 生体電位検出用電極
- D2 半導体イオンセンサ (ISFET)
- D3 カテーテル pH, CO₂センサ
- D4 間欠・連続血液ガスモニタ
- D5 ISFET の歯学・深海・魚飼育等への応用
- D6 マイクロ ISFET と集積化マイクロプローブ
- D7 ガスセンサ
- D8 使い捨て化学分析チップ
- D9 バイオ LSI と触覚センサネットワーク (先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム)
- D10 カテーテル血圧センサ
- D11 能動カテーテル
- D12 形状記憶合金を用いた多関節運動機構
- D13 低侵襲医療のイメージング技術
- D14 体内埋込刺激装置
- E1 LIGA プロセス
- E2 レーザプロセスとステルスダイシング
- E3 陽極接合
- E4 陽極接合できる LTCC 貫通配線基板 (ニッコー)
- E5 接合材料 (WPI-AIMR, フラウンホーファー ENAS - 東北大)
- E6 乗り合い CMOS LSI ウェハ (先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム)
- E7 レーザ消去ウェハプロセス
- E8 超並列電子ビーム描画装置 (MPEBW) (最先端研究開発支援プログラム (FIRST))
- E9 液体用マイクロポンプとマイクロバルブ・化学分析システム
- E10 マイクロミキサと粒子分析 (日立)
- E11 気体用フローセンサ・マスフローコントローラ
- E12 ベーカブルマイクロバルブ、耐蝕マスフローコントローラ
- E13 耐環境センシング

- E14 ガラスプレス成形のための炭化珪素(SiC)モールド
- F1 小形ガスタービンエンジン発電機
- F2 Si マイクロタービンと熱電発電
- F3 ロストモルトプロセスの SiC と PZT, 反応焼結の Si₃N₄
- F4 マイクロ燃料電池
- F5 マイクロ燃料改質器
- 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)
- F7 静電マイクロモータ・アクチュエータ
- F8 分布型静電マイクロアクチュエータ
- F9 圧電マイクロステージ
- F10 横方向駆動圧電マイクロアクチュエータ
- F11 触覚ディスプレイと触覚イメージャ
- F12 マイクロ磁気冷却機
- F13 熱型 MEMS スイッチ
- F14 静電・圧電型 MEMS スイッチ
- G1 波長掃引パルス量子カスケードレーザ (浜松ホトニクス(株))
- G2 光学式溶融樹脂温度・圧力センサ (長野計器(株))
- G3 静電容量型微差圧センサ「マノスター」(株)山本電機製作所)
- G4 SEMI MEMS セミナー10 周年
- H1 東北大学とベルギーIMEC (Interuniversity Micro Electronics Center)
- H2 Poly-SiGe の MEMS センサ応用
- H3 Poly-SiGe を用いた CMOS IC 上の MEMS ジャイロ
- H4 CMOS IC 上 SiGe ミラーアレ
- H5 CMORE SiGeMEMS マルチプロジェクトウェハ
- H6 ホログラフィック ディスプレイ
- H7 エネルギーハーベスタ用 MEMS と電子嗅覚
- I1 圧電・静電光スキャナ
- I2 ピロリ菌ウレアーゼ測定器
- J1 海底電線ケーブルの電信通信
- J2 スーパーコンピュータ(大形計算機)用 CPU ボード
- J3 陽極分割マグネトロンによるマイクロ波レーダ
- J4 終戦前に高出力陽極分割マグネトロンを開発した島田実験所 (Z 計画)
- J5 鉱石検波器と点接触トランジスタ
- J6 超並列電子ビーム描画装置
- J7 新幹線車両に見るパワーデバイスの変遷
- J8 磁気浮上ランプ
- J9 磁気浮上リニアライナーの鉄道模型 (タカラトミー社)
- J10 超電導リニア中央新幹線と鉄道模型
- J11 車輪走行のリニア地下鉄(リニアメトロ)
- J12 マイクロカー (株)デンソー)
- J13 3G スマートホン分解
- J14 トノメトリ法による連続血圧波形測定装置 (オムロン HEM-9000AI)
- J15 マイクロフライングロボット(μ FR) (セイコーエプソン社) (2003)
- J16 展示されてる書籍に関する話題
- J17 本田光多郎と魯迅に関する資料
- J18 プラニメータ(面積計)と比例コンパス
- K1 西澤潤一先生に関する本や写真他
- L1 サブミクロン Au 粒子を用いた低温封止接合 (田中貴金属工業(株) 小柏俊典)
- M1 ガラス製五重の塔
- N1 赤外線アレイセンサ (パナソニック(株))
- N2 3 次元 LSI (株)ホンダ・リサーチ・インスティテュート・ジャパン 宮川宣明)
- N3 押して発電するエネルギーハーベスタ式リモコンスイッチ (EnOcean GmpH)
- N4 電気泳動表示用薄膜スイッチアレとオシロメトリック血圧計 ((E-pape, 東京三洋電機 泉田和夫)

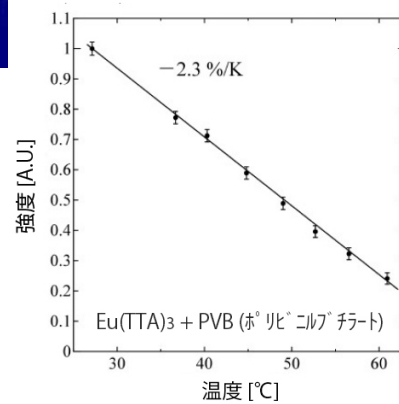
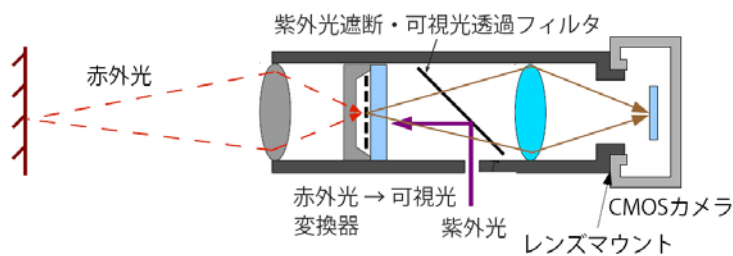
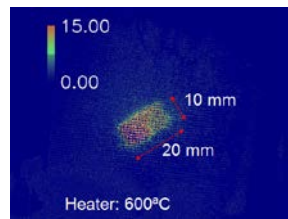
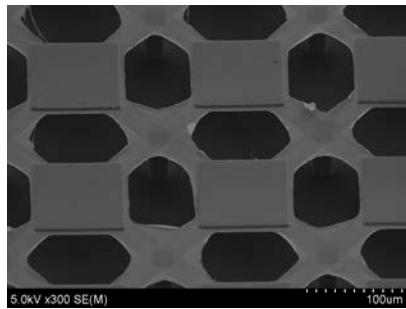
A1 赤外線センサ・イメージャ



VO₂ ボロメータを用いた 640×480 熱型赤外線イメージャ (NEC) (S.Tohyama, Optical Engineering, **45** (2006) 14001)



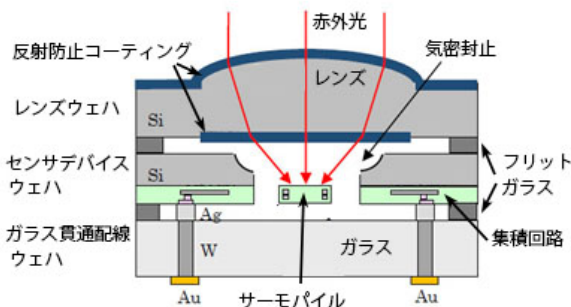
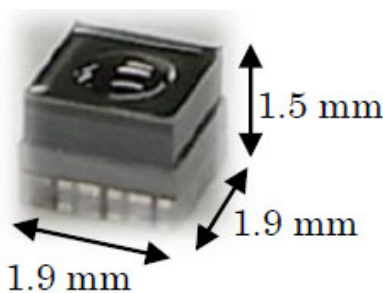
小形熱画像センサ (チノー) (展示) 8×8 サーモパイル赤外線センサ (Panasonic) (廊下展示 カード N1)



赤外光-可視光 変換器

蛍光型感温塗料を用いた熱型線赤外イメージャ

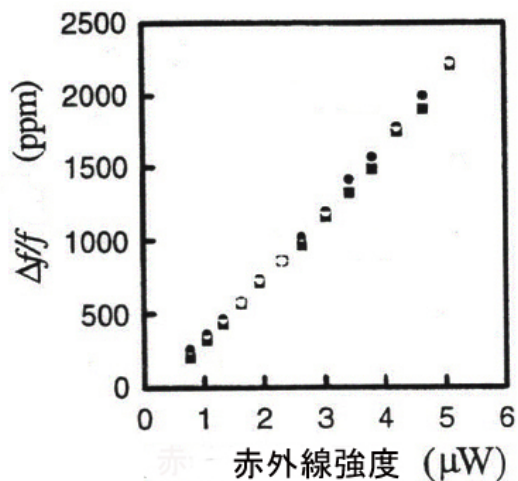
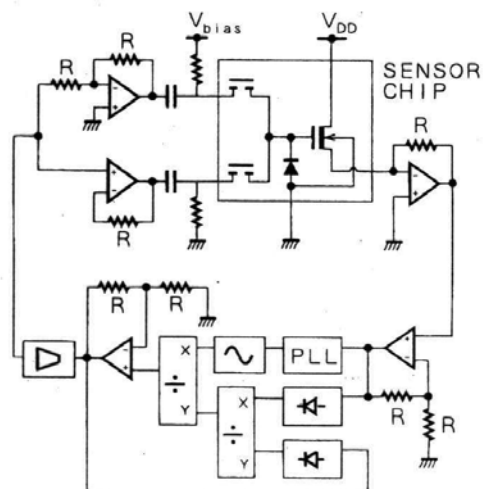
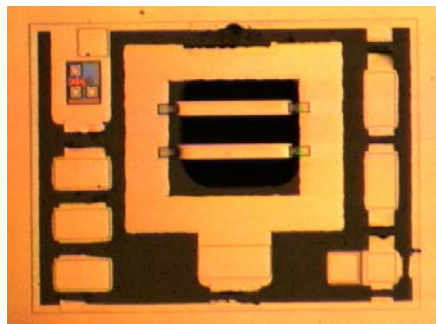
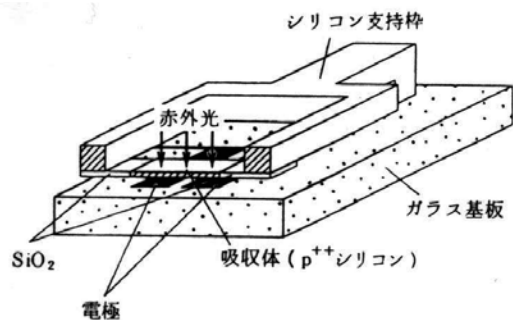
(T.Tsukamoto, M.Esashi and S.Tanaka, J. of Micromechanics and Microengineering, **23**, 11 (2013) 114015)



レンズ一体型超小型非接触温度センサ(集積化サーモパイル赤外線センサ) (リコー)

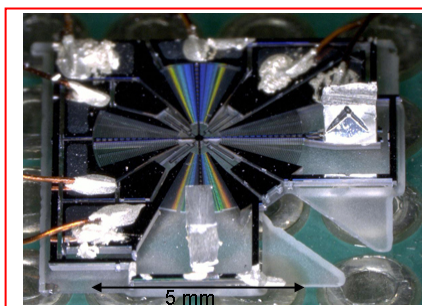
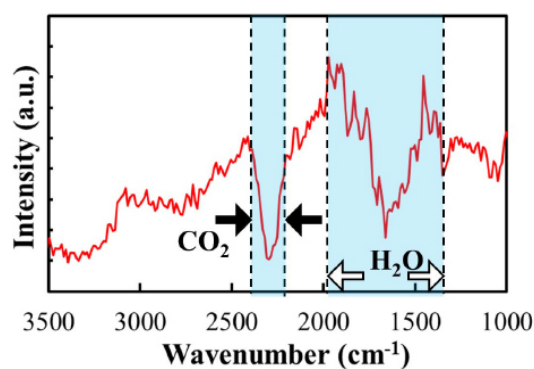
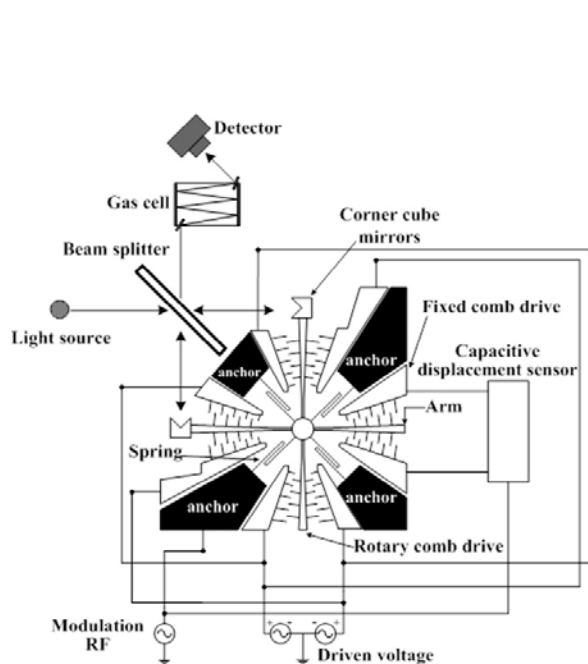
(野口英剛, 渡辺博文 他, 第 31 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム (2014) 21pm1-B1)

A2 赤外線センサ



振動型赤外線センサ

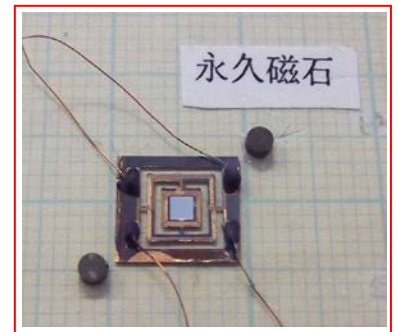
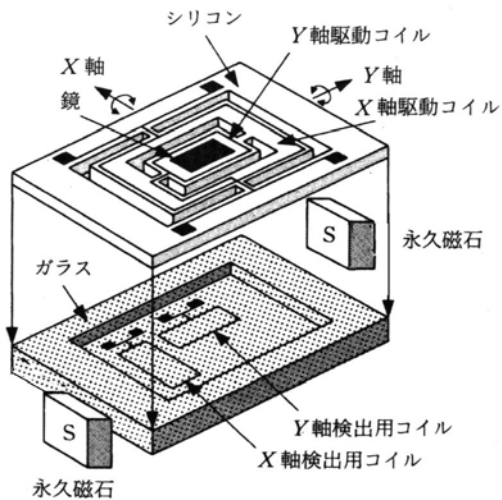
参考文献 : C.Cabuz, S.Shoji, K.Fukatsu, E.Cabuz, K.Minami and M.Esashi, Fabrication and Packaging of a Resonant Infrared Sensor Integrated in Silicon, Sensors and Actuators A, 43 (1994) pp.92-99



マイクロ化フーリエ変換型赤外分光計

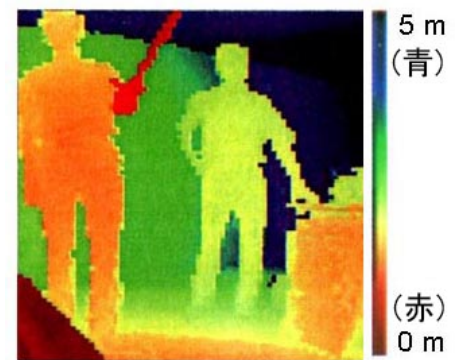
参考文献 : Y.-M. Lee, M. Toda, M. Esashi, and T. Ono, Micro wishbone interferometer for Fourier transform infrared spectrometry, J. of Micromechanics and Microengineering, 21 (2011) 065039

A3 2 軸ガルバノ電磁光スキャナ



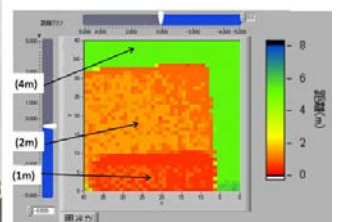
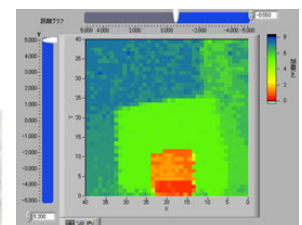
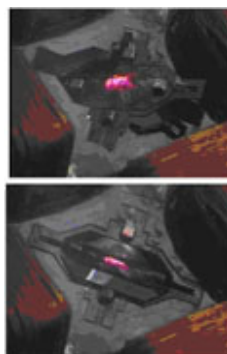
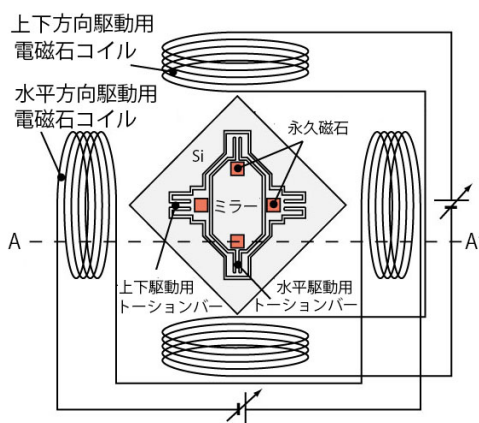
2 軸ガルバノ(電磁)光スキャナ (東北大 - 日本信号)

参考文献：N.Asada, H.Matsuki, K.Minami and M.Esashi：Silicon micromachined two-dimensional galvano optical scanner, IEEE Trans. on Magnetics, 30 (1994) pp.4647-4649



鉄道駅のプラットフォームドアなどに使われる応用距離画像システム「エコスキャン」(日本信号)

参考文献：石川智之、猪俣宏明：MEMS技術とレーザ計測技術の融合 MEMS 光スキャナ「ECO SCAN」を用いた測距センサ、日本信号技報、33, 1, pp.41-46 (2009)



電磁式非共振大偏向角 2 軸光スキャナ

画像拡大機能

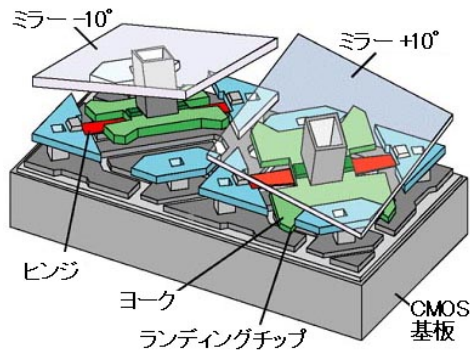
参考文献：W.Makishi, Y.Kawai and M.Esashi：Magnetic Torque Driving 2D Micro Scanner with a Non-Resonant Large Scan Angle, 電気学会論文誌 E, 130-E, 4 (2010) 135-136

A4 DMD (Digital Micromirror Device) (TI (テキサス・インスツルメンツ) 米国)

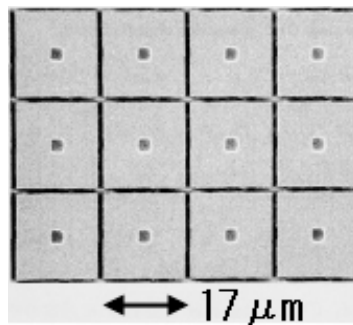
ビデオプロジェクタやデジタルシネマに用いられる CMOS チップ上に作られた静電駆動ミラーアレイ。

DLP (Digital Light Processing)と呼ばれる方式で、時分割のオンオフで諧調を表現

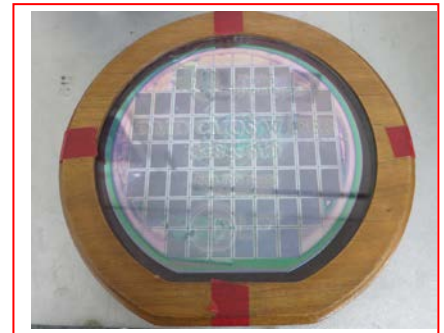
Al₃Ti のアモルファス金属を変形部に用いることで疲労問題を解決



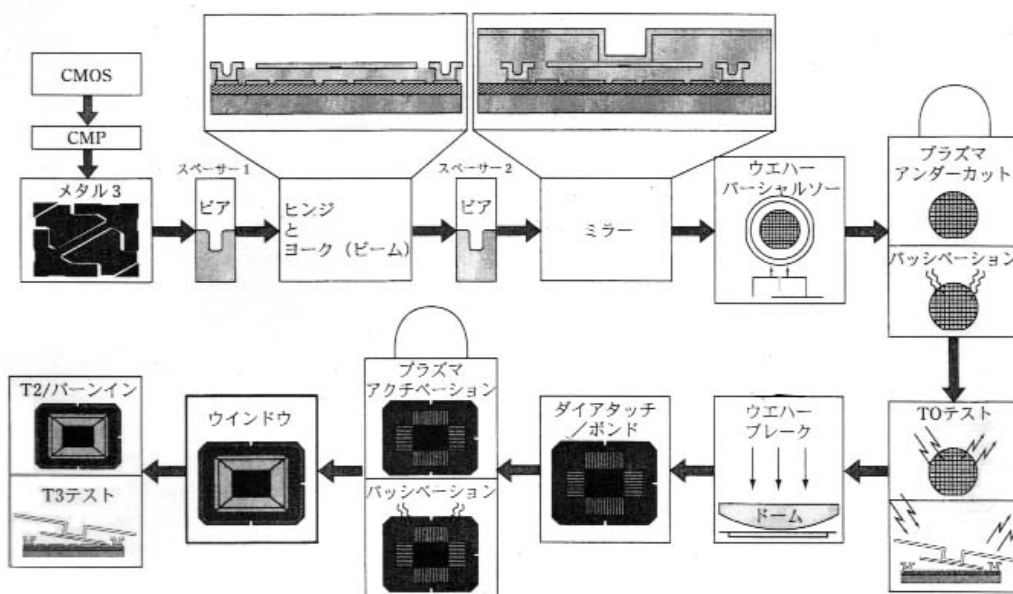
静電駆動ミラーの原理



ミラーアレイの拡大写真

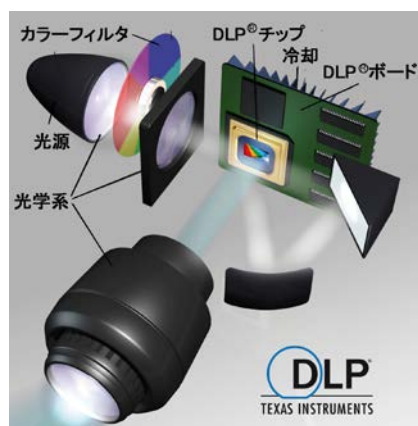


6 インチ(15cm 径)ウェハ上の DMD



製作工程

参考文献 : P.F.Van Kessel, L.J.Hornbeck, R.E.Meier and M.R.Douglass: A MEMS-based projection display, Proc. of the IEEE, 86, 8 (1998) 1687-1704



DMD ビデオプロジェクタの原理

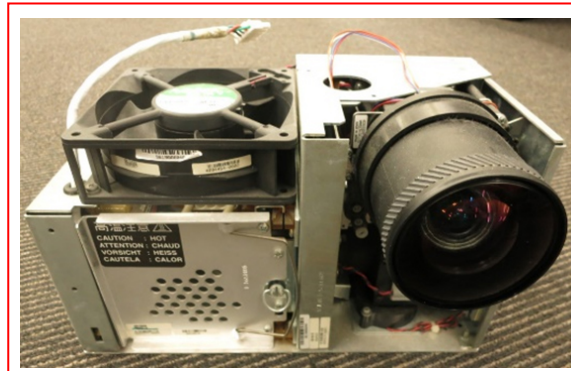
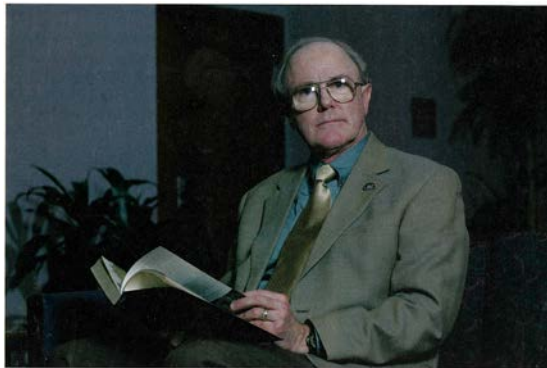


デジタルシネマ映写機



モバイル用 DLP ピコプロジェクタ

A5 DMD (Digital Micromirror Device) による映画のデジタル上映化



1995年頃のDMDビデオプロジェクタ（展示）

<https://www.redcruise.com/magic/press/tij00597.php>

DLP — 光を受け継ぐ者たち — (1-6回), 日経エレクトロニクス, 2005.2.28 - 2005.5.9 <http://www.dlp.com/jp/>

100年の歴史を持つ映画業界にHD DLP Cinema ディスプレイ・テクノロジーによるデジタル・シネマ・テクノロジーを導入した功績により、DLP チップ発明者 TIフェローのラリー J. ホーンベック博士が2015年2月10日にアカデミー賞を受賞

テキサス・インスツルメンツは、TIフェローのラリー J. ホーンベック博士 (Larry J. Hornbeck) が、映画の制作、配給や上映の革命的な進歩への貢献により、アカデミー科学技術賞とオスカー像を受賞したと発表しました。ホーンベック博士はデジタル・マイクロミラー・デバイス (DMD) の開発者で、DMD を採用した DLP Cinema(R) ディスプレイ・テクノロジーの設計を開発しました。DLP シネマ・テクノロジーは全世界の約 8 割の映画館スクリーンで採用されています。

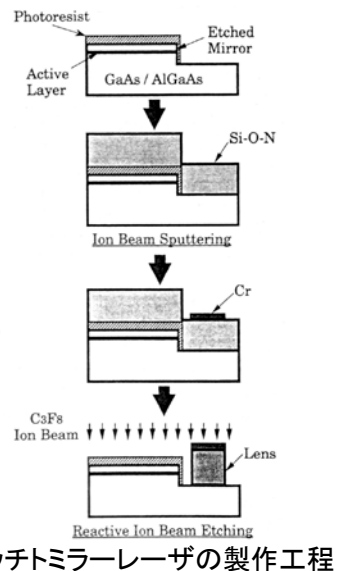
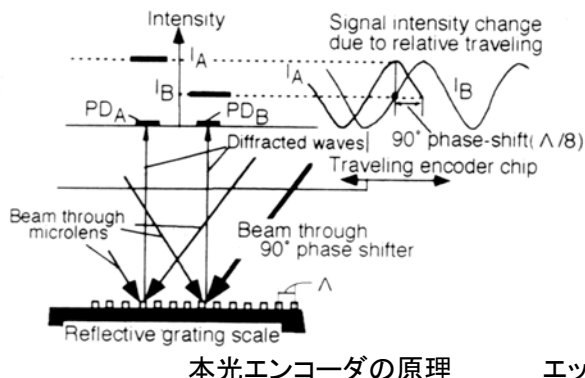
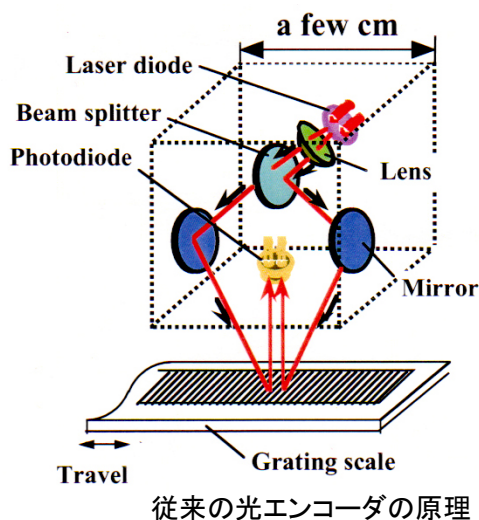
DLP シネマ・テクノロジーは、35mm の動画フィルムと比較して、より安定した輝度と正確な色の再現が特長です。DLP シネマ・テクノロジーは、映画をまとめて配給しやすくするほか、観客は制作者が意図したとおりの映像を楽しむことができます。

DLP チップは、1977 年に TI の中央研究所で開発がスタートし、ホーンベック博士は当初、ミラーをアナログ制御することにより光をコントロールしていましたが、期待通りに安定動作させるのが難しいものでした。1987 年、博士は画期的なデジタル制御の DMD を開発、現在 DLP チップとして知られるようになりました。TI は、1990 年代中頃に DLP シネマ・チームを発足させ、35mm 動画フィルムに匹敵する品質の映画上映用デジタル・プロジェクタ開発を行いました。

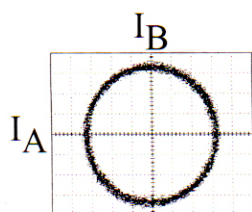
1999 年に世界で初めて「スター・ウォーズ エピソード 1/ ファントム・メナス」がデジタル上映されて以来 15 年、DLP シネマ・テクノロジー搭載のデジタル・プロジェクタは全世界の 117,000 * を超える映画館スクリーンで採用されています。(*TI 調べ)

DMD テクノロジーに関する画期的な研究で 38 件の米国特許を所有する ホーンベック博士は、次のように述べています。「アカデミー賞を受賞し大変光栄です。コアテクノロジーを定義付けた最初の考案に続き、TI の優秀なエンジニアチームと協業し、初の DMD を画期的な技術革新につなげられたことは、とても幸運な出来事でした。この革新的なデジタル・シネマ・テクノロジーの開発を続けたことで、TI の DLP Cinema 部門は、映画業界の誰も想像もしなかった決定的な進歩につながりました」

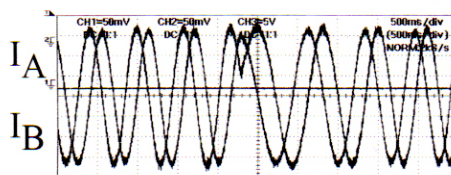
A6 光エンコーダ (NTT)



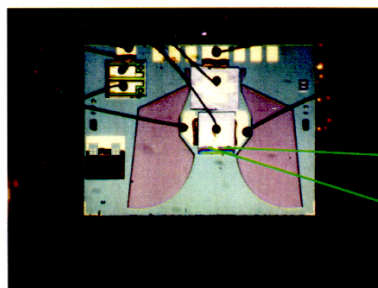
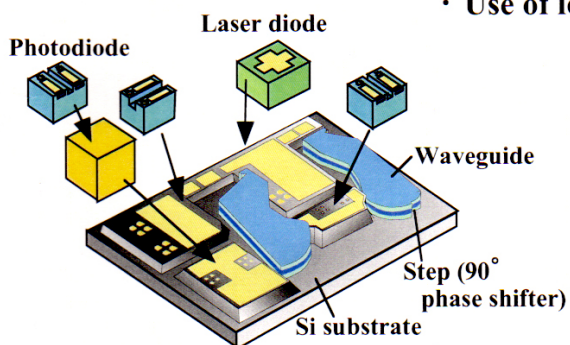
One revolution of Lissajous curve corresponds to displacement of 0.8 or 1.6 μm .



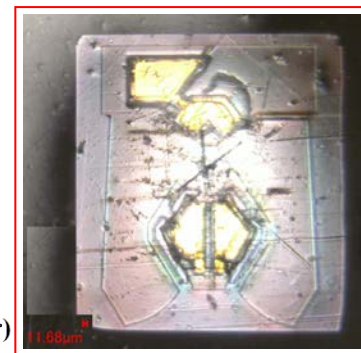
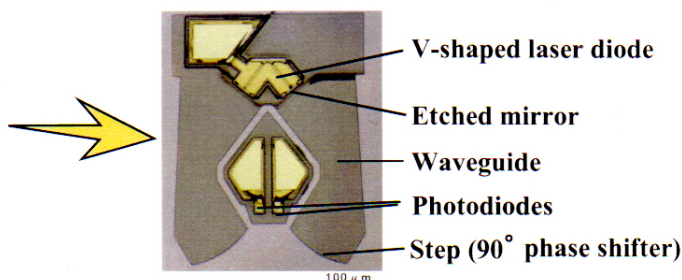
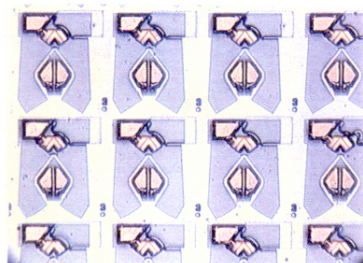
変位測定例



- Accurate bonding on silicon substrate
- Use of long-life optical elements (LD, PD)

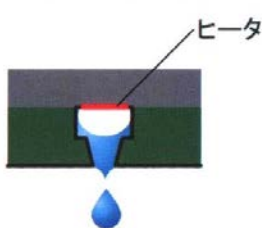


- 4000 chips fabricated using batch process on 2-inch GaAs substrate



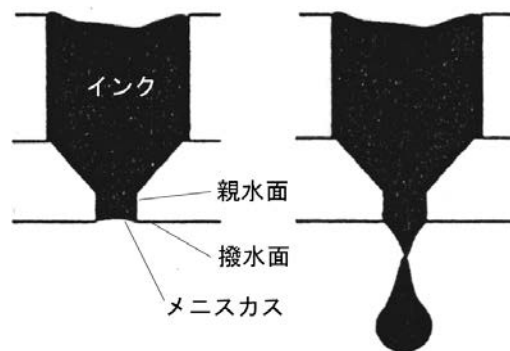
参考文献 : R.Sawada, O.Ohguchi, K.Mise and M.Tsubamoto, Fabrication of Advanced Integrated Optical Micro-encoder Chip, IEEE MEMS' 94 (1994) pp.337-342

A7 圧電型・熱型インクジェットプリンタヘッド



圧電型（ピエゾ方式）

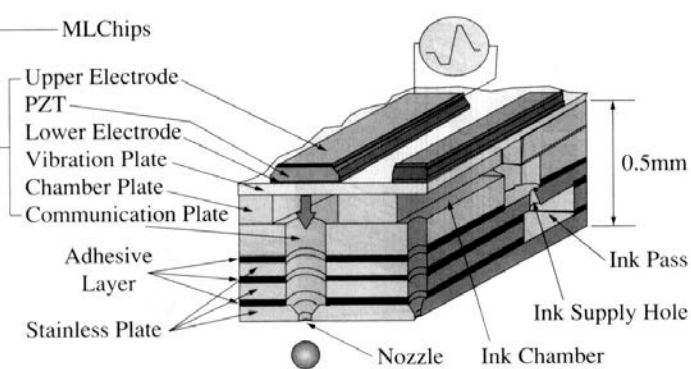
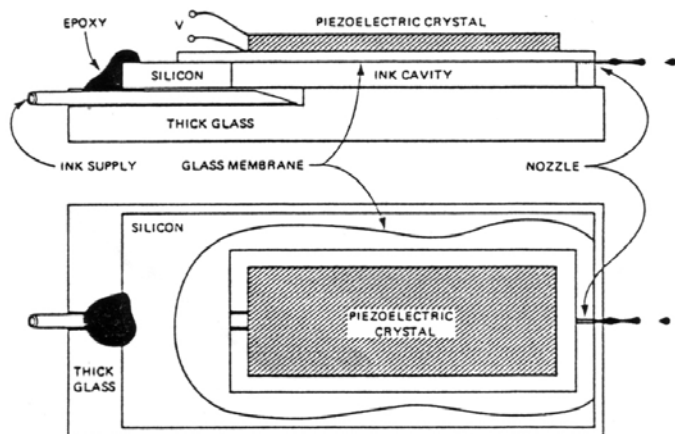
熱型（バブルジェット、サーマルインクジェット）



インク吐出の原理

(EPSON, XAAR.)

(CANON, HP, Lexmark, XEROX.)

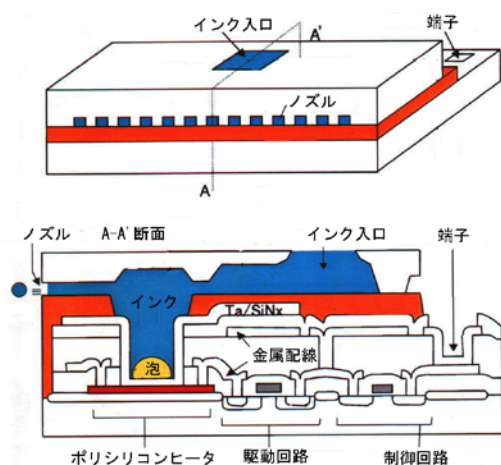


圧電インクジェットプリントヘッド（セイコーエプソン）

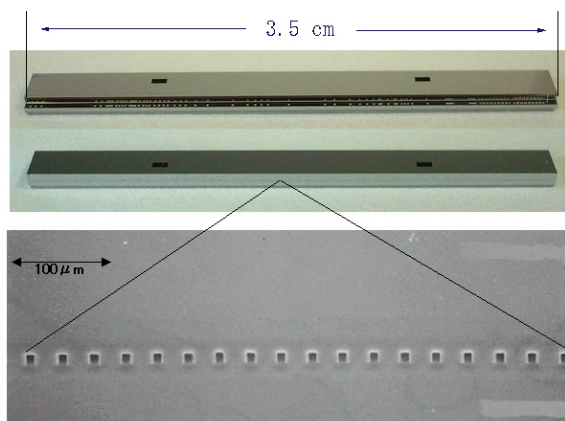
オンデマンド圧電インクジェットプリントヘッド

参考文献：K.P.Petersen, Fabrication of an Integrated, Planar Silicon Ink-Jet Structure, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-26 (1979) pp.1918-1920

インクジェットヘッド（セイコーエプソン）, 2003 マイクロマシン / MEMS 技術大全 (2003) pp.71-74



構造

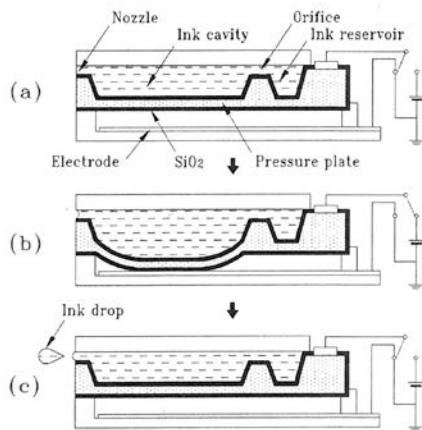


ノズル

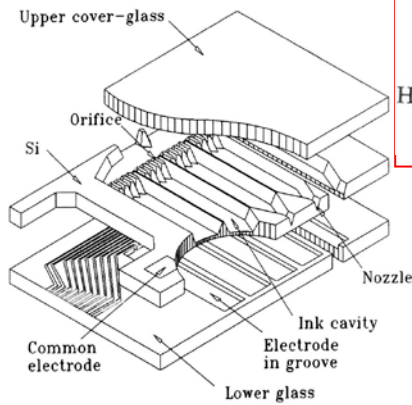


参考文献：M.Murata, M.Kataoka, R.Nayve, A.Furugawa, Y.Ueda, T.Mihara, M.Fujii and T.Iwamori, High Resolution Long Array Thermal Ink Jet Printhead with On-chip LSI Heater Plate and Micromachined Si Channel Plate, IEICE Trans. Electronics, E-84-C (2001) pp.1792-1800

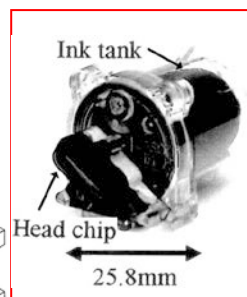
A8 静電インクジェットプリンタヘッド



原理



構造

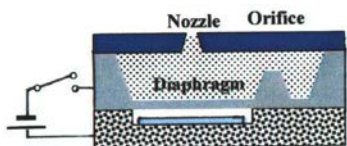


インクタンクとヘッド

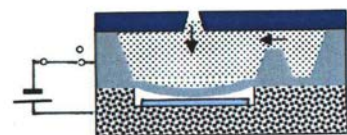


静電インクジェットプリンタヘッド (セイコーエプソン)

参考文献 S.Kamisuki, T.Hagata, C.Tezuka, Y.Nose, M.Fujii and M.Atobe, A Low Power, Electrostatically-driven Commercial Inkjet Head, Proc. of IEEE MEMS (1998) pp.63-68



(1) Initial state

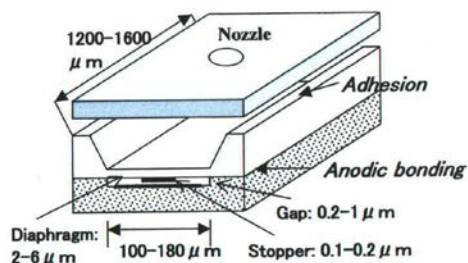


(2) DC voltage applied



(3) DC voltage is stopped and Ink is ejecting

原理

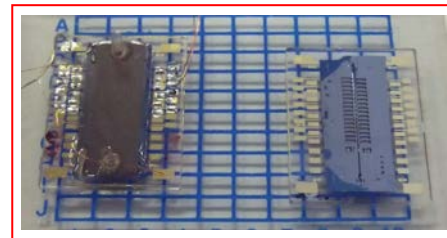


Schematic structure

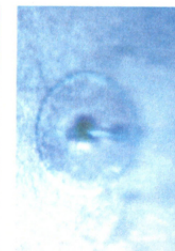
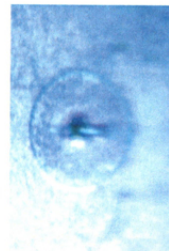


Cavity

構造とノズル写真

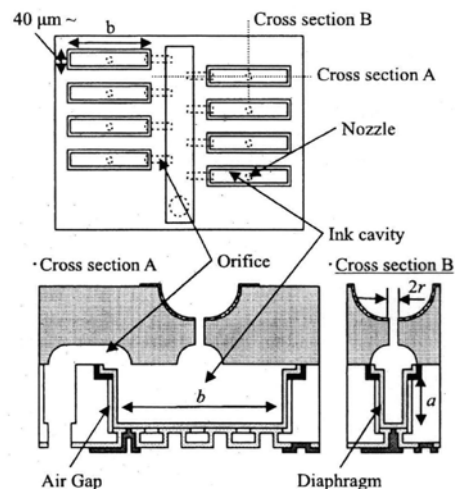


インクヘッド

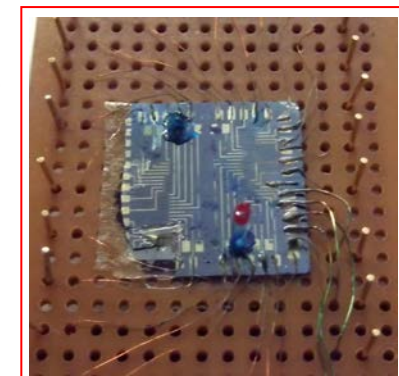
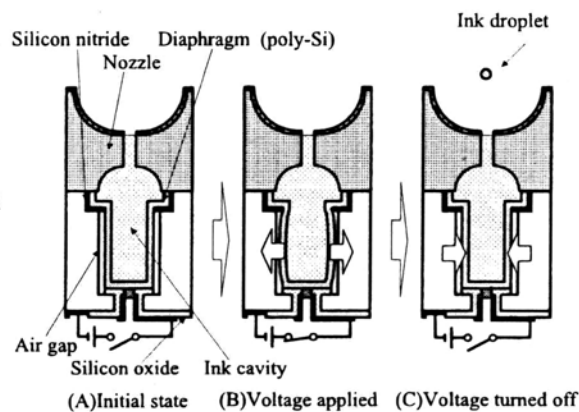


インク吐出のストロボ観察

高速低電力ラインプリンタ用静電インクジェットプリンタヘッド (東北大学 - ソニー)

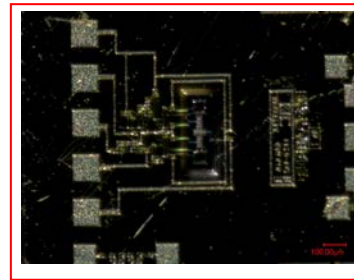
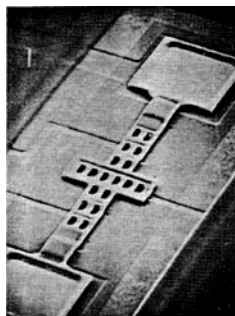
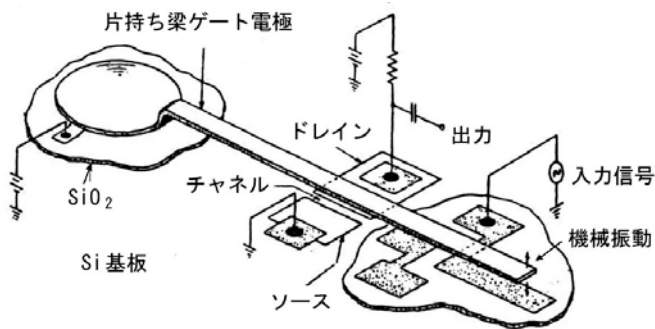


垂直ダイアフラム静電インクジェットプリンタヘッド



参考文献 : T.Norimatsu, S.Tanaka and M.Esashi, Vertical Diaphragm Electrostatic Actuator for a High Density Ink Jet Printer Head, 電気学会論文誌E, 125-E (2005) pp.350-354

A9 MEMS 共振子 (米国)

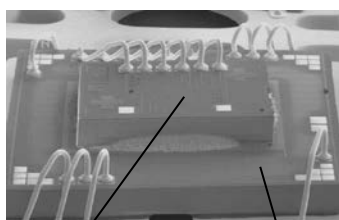
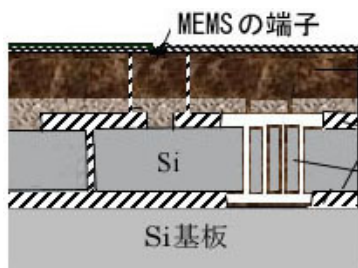


共振ゲートトランジスタ (ウェスティングハウス)

参考文献 : H.C.Nathanson et.al. The resonant gate transistor, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-14 (1967) 117-133

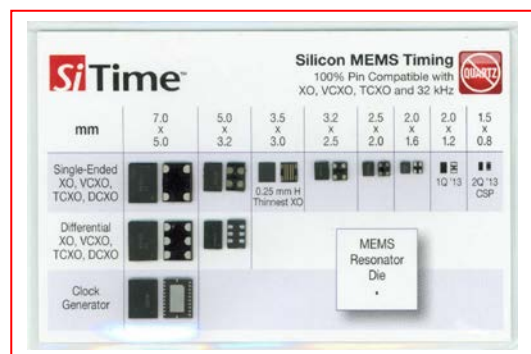
共振マイクロブリッジ (U.C.Berkeley)

R.T.Howe and R.S.Muller, Resonant-Microbridge Vapor Sensor, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-33 (1986) pp.499-506

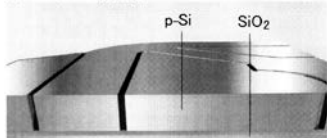


MEMS 発振器 (SiTime)

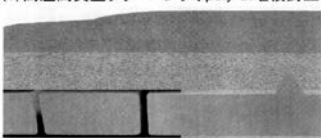
MEMS 共振子チップ 回路チップ



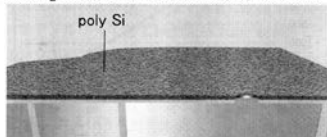
(1) SOIウェハ活性層のRIE



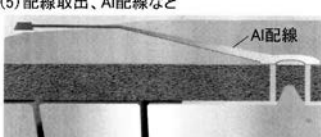
(4) 高温高真空クリーニング、poly Si堆積封止



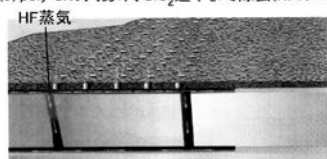
(2) SiO2による穴埋と部分除去、poly SiのCVD



(5) 配線取出、Al配線など

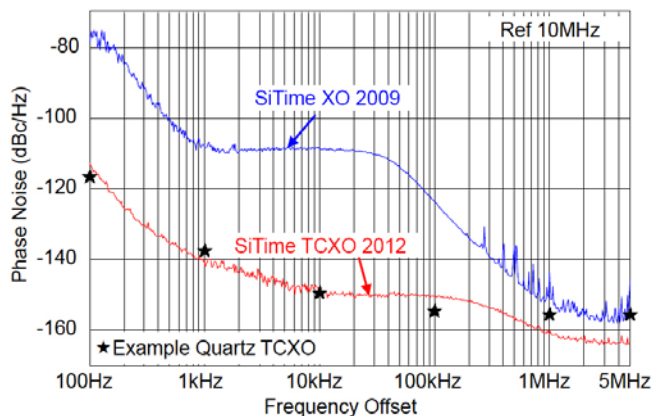


(3) poly Siの穴あけ、SiO2途中まで除去(HFガス)



100x Lower Phase Noise in 3 Years

SiTime



Silicon Always Wins

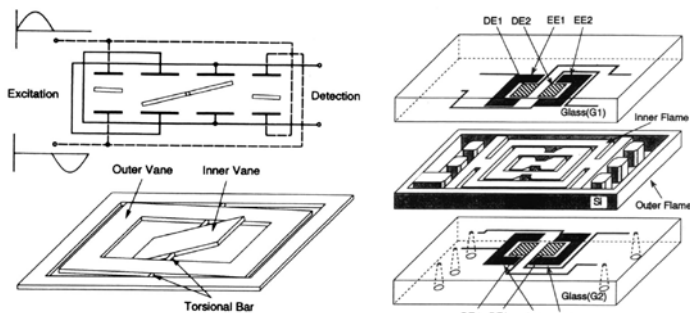
SiTime

Highest Performance, Best Reliability, Smallest, Lowest Cost



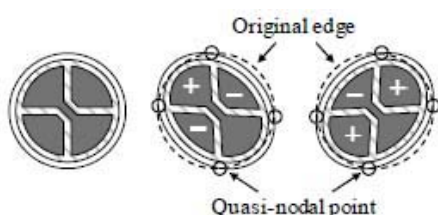
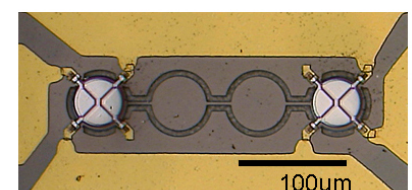
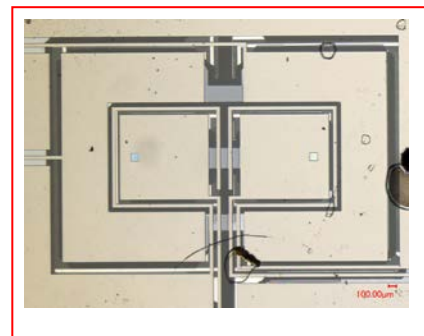
参考文献 : 江刺正喜, J.McDonald and A.Partridge : Si 技術を使った MEMS 発振器 水晶発振器の置き換えを狙う, 日経エレクトロニクス, 923 (2006/04/10) pp.125-134

A10 MEMS 共振子（ディスク、Lamb 波 他）

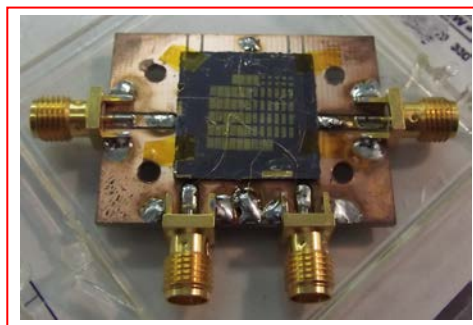


パッケージングした高 Q の MEMS 共振子（東北大 - 島津製作所）

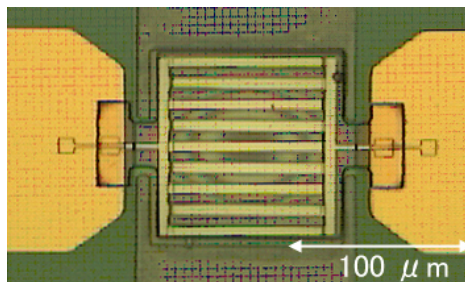
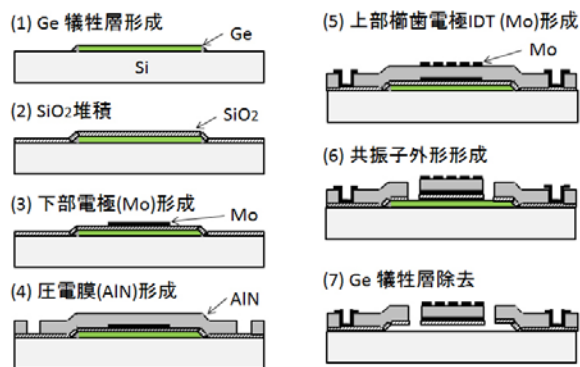
参考文献：K.Yoshimi, K.Minami, Y.Wakabayashi and M.Esashi, Packaging of Resonant Sensors, Technical Digest of the 11th Sensor Symposium(1992) pp.35-38



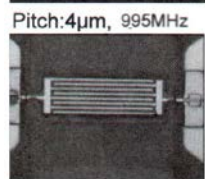
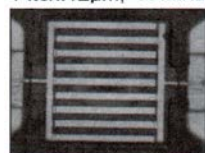
マイクロディスク共振子（東北大 - 情報通信研究機構(NICT)）



参考文献：T.Matsumura, M.Esashi, H.Harada and S.Tanaka : Multi-band Radio-frequency Filter Fabricated Using Polyimide-based Membrane Transfer Bonding Technology, J. of Micromech. Microeng., 20, 9 (2010) 095027(9pp)

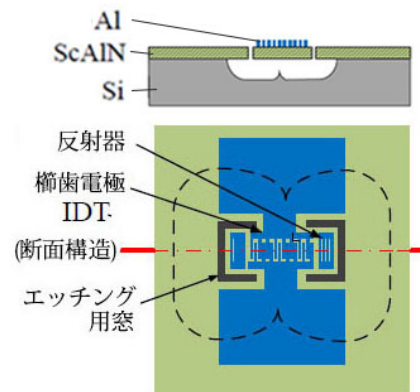


Pitch:12μm, 331MHz



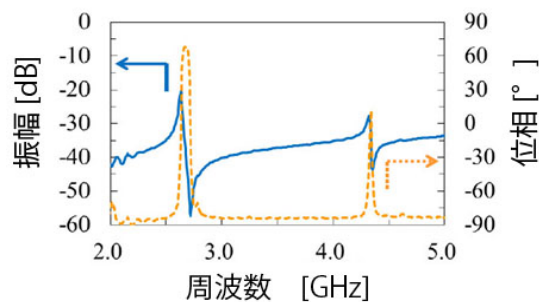
Lamb 波共振子（東北大 - 日本電波）

参考文献：K.Hirano, M.Esashi and S.Tanaka, Aluminum Nitride Lamb Wave Resonator Using Germanium Sacrificial Layer, 2nd International Workshop on Piezo-devices Based on Latest MEMS Technologies (2008) pp.111-117

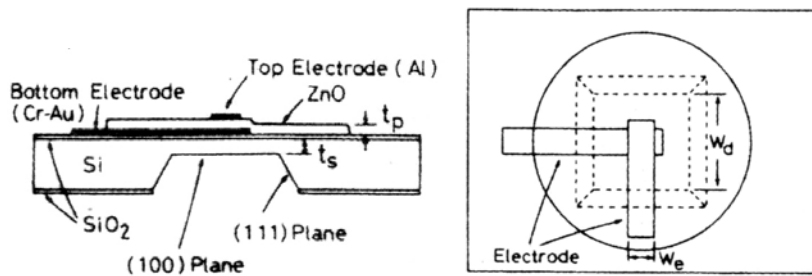


Sc-AIN を用いた Lamb 波共振子,

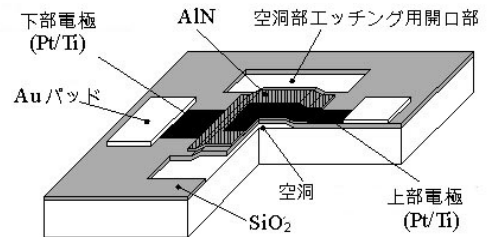
参考文献：A.Konno et.al : ScAlN Lamb Wave Resonator in GHz Range Released by XeF₂ Etching, 2013 IEEE Ultrasonics Symposium 2013 1378-1381)



A11 FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) 薄膜バルク音響波共振子



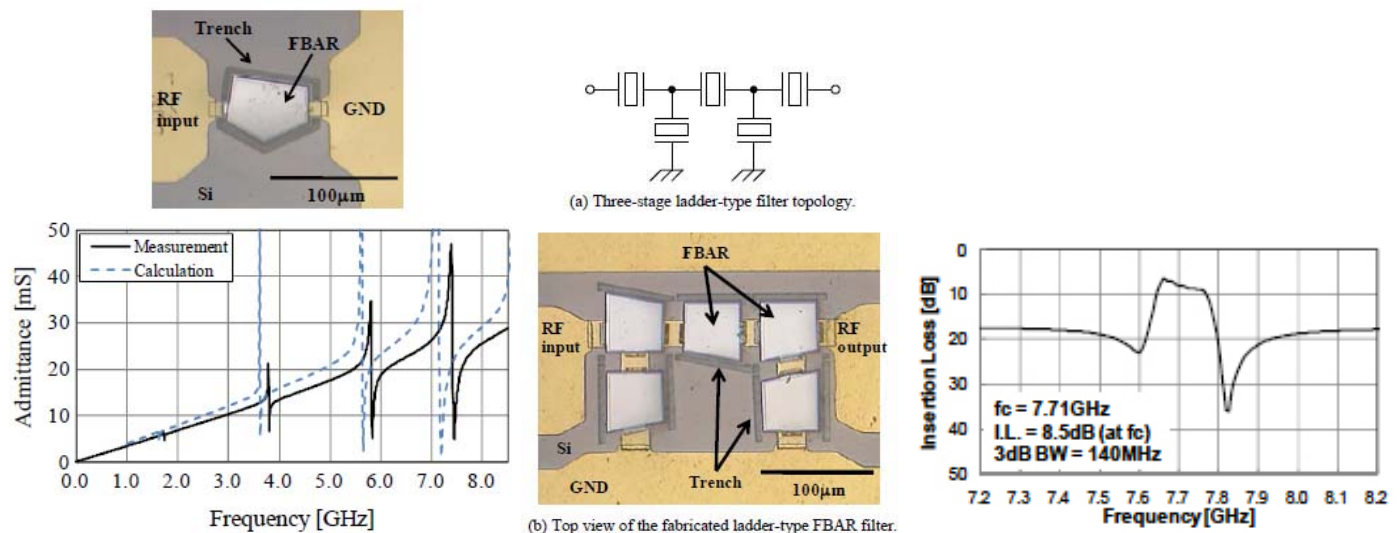
FBAR (東北大 中村 僖良)



FBAR

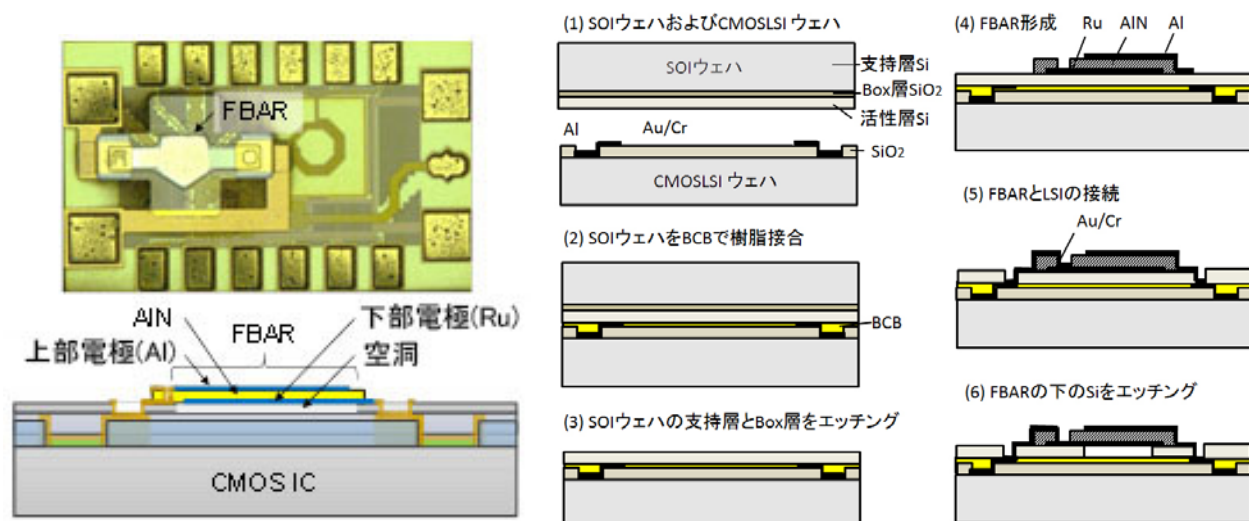
参考文献 : K.Nakamura, H.Sasaki and H.Shimizu, A Piezoelectric Composite Resonator Consisting of a ZnO Film on an Anisotropically Etched Silicon Substrate, Proc. of 1st Symp. On Ultrasonic Electronics (1980), Jap. J. of Applied Physics, 20(1981) Supplement 20-3, pp.111-114

M.Hara, J.Kuypers, T.Abe and M.Esashi, Surface Micromachined AIN Thin Film 2GHz Resonator for CMOS Integration, Sensors & Actuators A, 117 (2005) pp.211-216



FBAR (Film Bulk Acoustic Resonator) (東北大 - 情報通信研究機構(NICT))

参考文献 : T.Matsumura, M.Esashi, H.Harada and S.Tanaka, Multi-band Radio-frequency Filter Fabricated Using Polyimide-based Membrane transfer Bonding Technology, J. of Micromech. Microeng., 20 (2010) 095027(9pp)

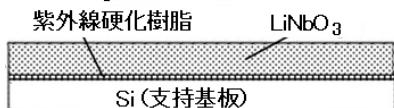


LSI 上に製作した FBAR(film bulk acoustic resonator)

参考文献 : Kochhar et. al, 2012 IEEE Internl. Ultrasonic Symp. (2012) 1047

A12 LSI 上の SAW デバイス (集積回路上の表面弾性波素子)

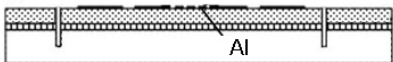
1. LiNbO_3 の Si への接合



2. LiNbO_3 の研磨



3. Al 電極パターン形成と溝加工



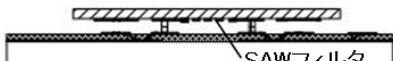
4. Au パンプ形成



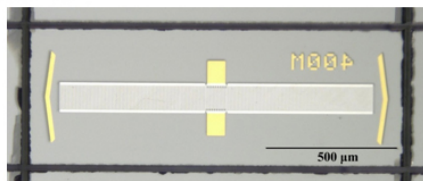
5. Au-Au 接合



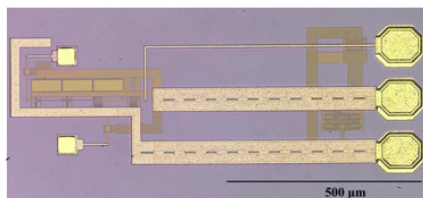
6. 樹脂のアッシングによる支持基板除去



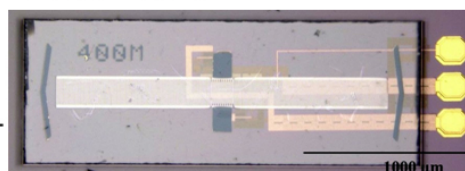
SAW フィルタ



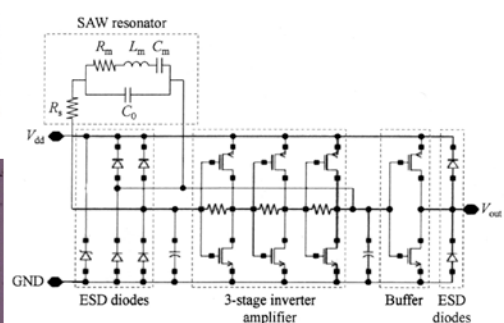
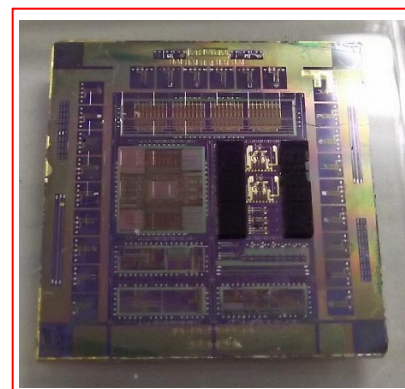
LSI



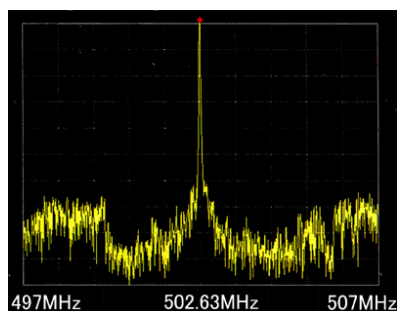
LSI 上の SAW フィルタ



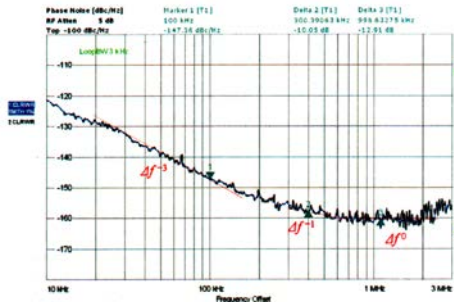
製作工程



集積回路

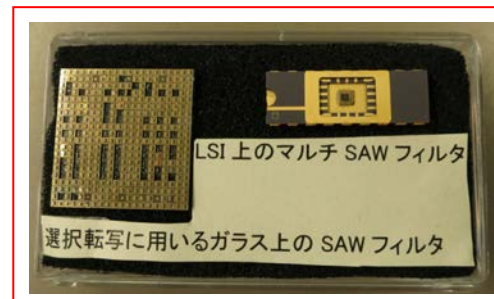


発振スペクトル

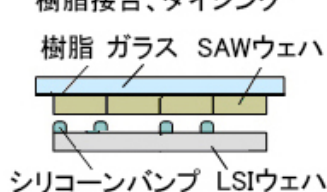


ジッター特性

参考文献: K.D.Park, M.Esashi and S.Tanaka, Preparation of Thin Lithium Niobate Layer on Silicon Wafer for Wafer-level Integration of Acoustic Devices and LSI, 電気学会論文誌E, 130-E (2010) pp.236-241



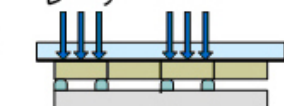
1. パンプ形成、SAW ウェハ樹脂接合、ダイシング



2. パンプの接合



3. レーザデボンディング



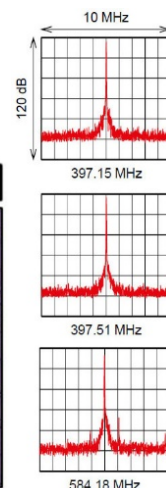
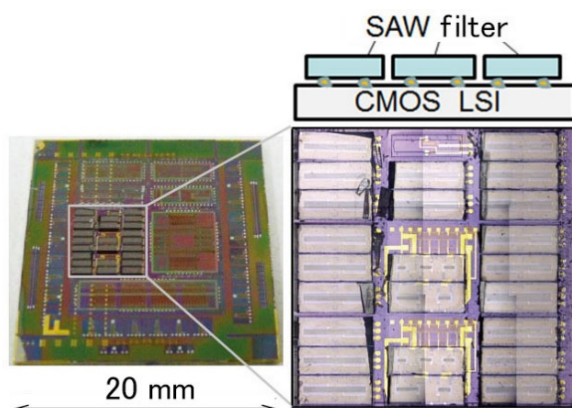
4. デバイス転写



5. ダイシング

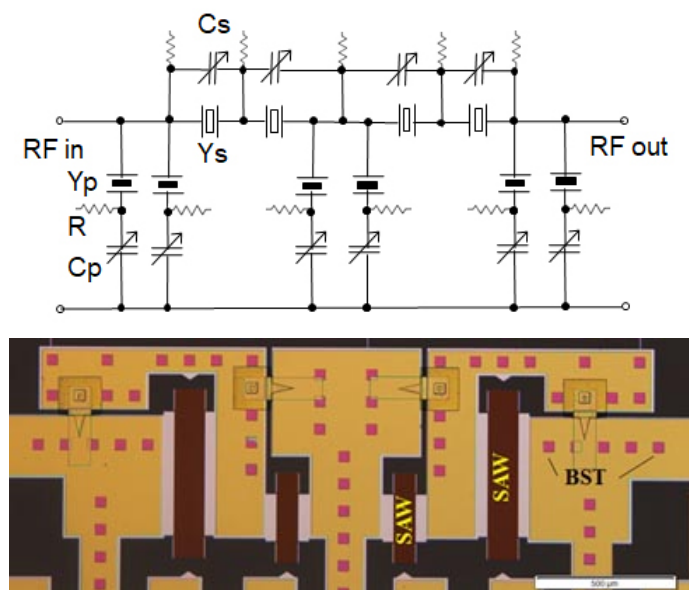


選択転写工程とそれを用いた LSI 上マルチ SAW フィルタ

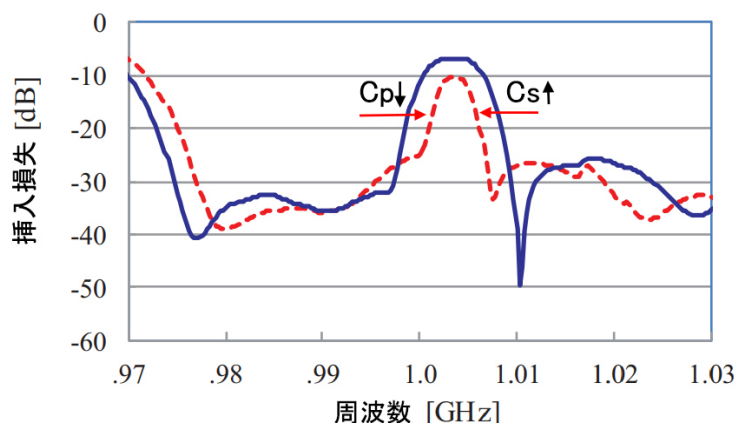


Reference: S. Tanaka, M. Yoshida, H. Hirano and M. Esashi, Lithium Niobate SAW Device Hetero-transferred onto Silicon Integrated Circuit Using Elastic and Sticky Bumps, 2012 IEEE International Ultrasonics Symposium (2012) p.1047

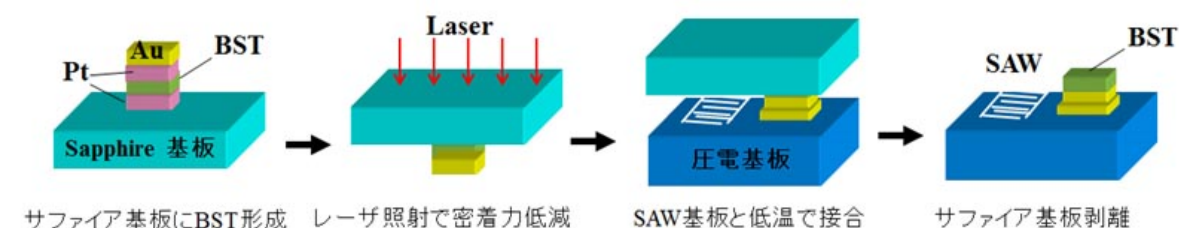
A13 可変容量付帯域可変 SAW フィルタ



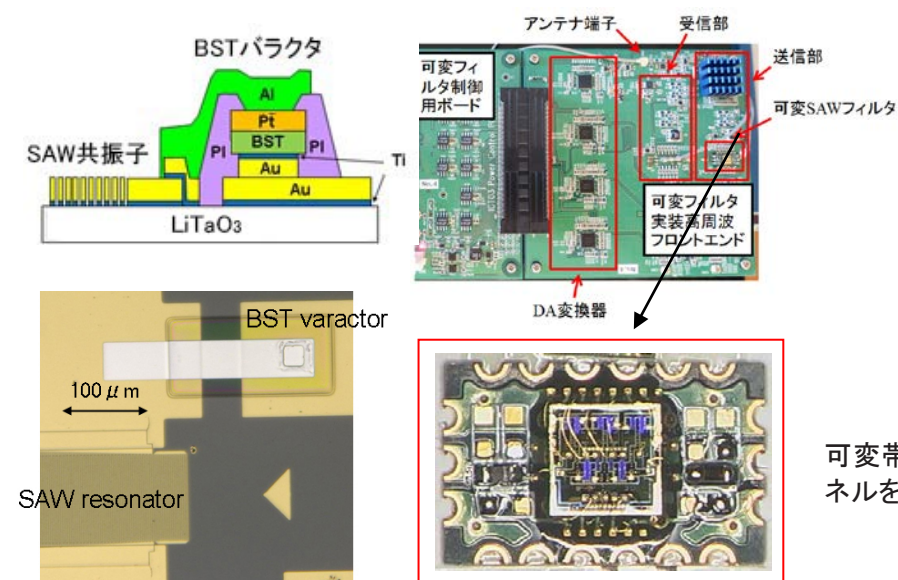
原理と写真



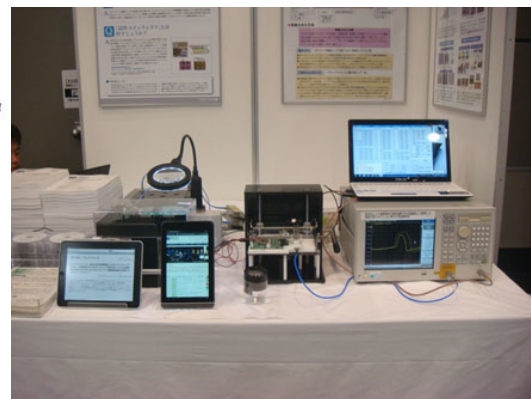
可変帯域フィルタの特性



強誘電体(BST($\text{Ba}_{1-x}\text{Sr}_x$) TiO_3)を用いた可変容量素子の製作工程



可変帯域フィルタ



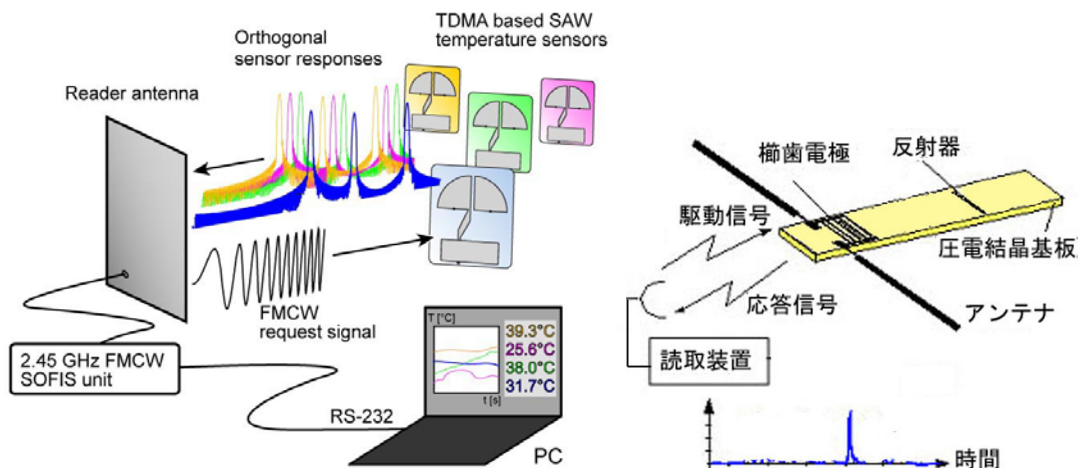
可変帯域フィルタを用い非常時にデジタルTVのチャネルを用いて通信するワイヤレスシステムのデモ

参考文献 : Hideki Hirano et.al, Bandwidth-tunable SAW Filter Based on Wafer-level Transfer-integration of BaSrTiO₃ Film for Wireless LAN System using TV White Space, Proc. IEEE Ultrason. Symp., Chicago, USA (2014) 803-806

参考文献 : H.Hirano, T.Kimura, I.P.Koutsaroff, M.Kodato, K.Hashimoto, M.Esashi and S.Tanaka, Integration of BST Varactors with Surface Acoustic Wave Device by Film Transfer Technology for Tunable RF Filters, J. of Micromech. Microeng., 23, 2 (2013) 025005 (9pp)

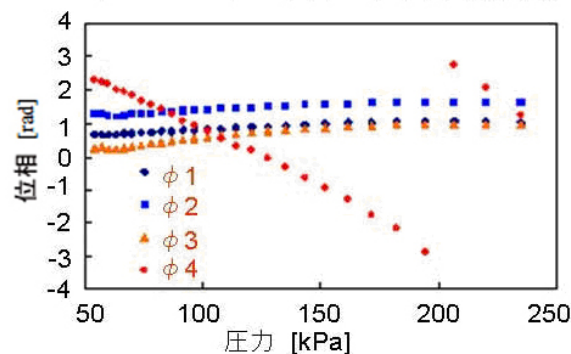
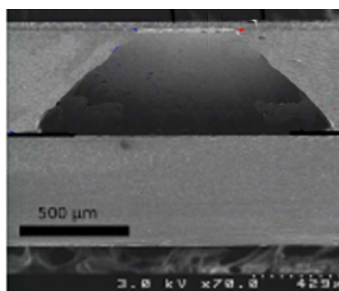
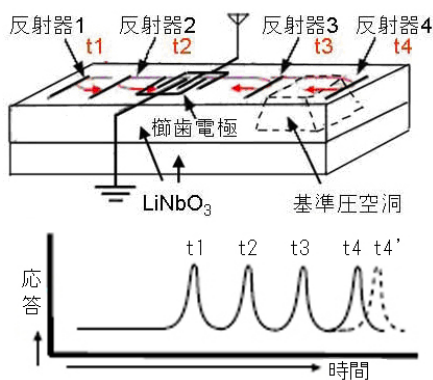
A14 SAW パッシブワイヤレスセンサ

(戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE) 2006 年度 - 2008 年度)



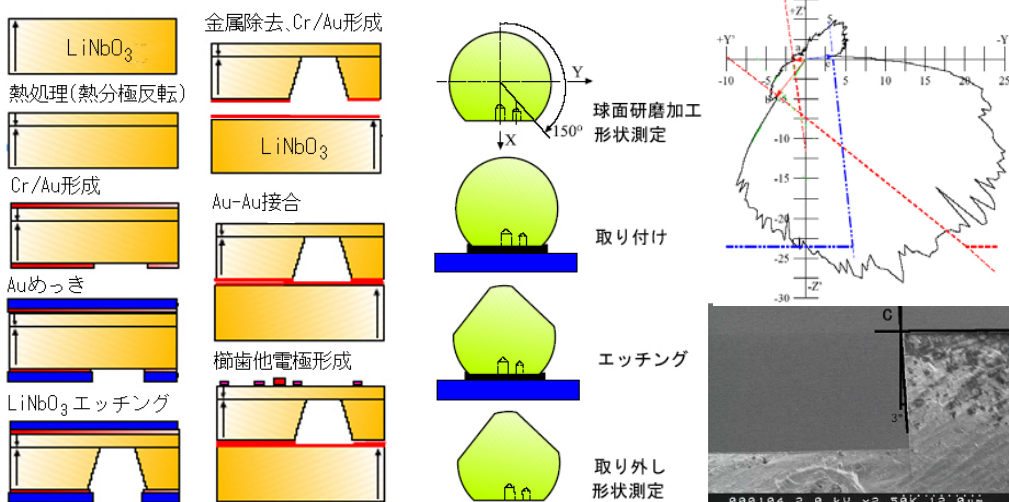
SAW パッシブワイヤレスセンサの原理

参考文献 : J. H. Kuypers, L. M. Reindl, S. Tanaka and M. Esashi, Maximum Accuracy Evaluation Scheme for Wireless SAW Delay Line Sensors, IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 55 (2008) pp.1640-1652



タイヤ圧モニタへの応用 (東北大学 - 日産自動車)

参考文献 : S.Hashimoto, J.H.Kuypers, S.Tanaka and M.Esashi, Design and Fabrication of Passive Wireless SAW Sensor for Pressure Measurement, 電気学会論文誌E, 128 (2008) pp.231-234



LiNbO₃ の選択エッチングと結晶異方性エッチングシミュレーション



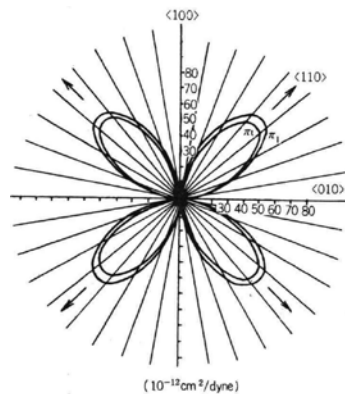
参考文献 : A. B. Randles, M. Esashi and S. Tanaka, Etch Stop Process for Fabrication of Thin Diaphragms in Lithium Niobate, Jap. J. of Applied Physics, 46 (2007) pp.L1099-L1101

A.B.Randles, M.Esashi and S.Tanaka, Etch Rate Dependence on Crystal Orientation of Lithium Niobate, IEEE Trans. on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control, 57 (2010) pp.2372-2380

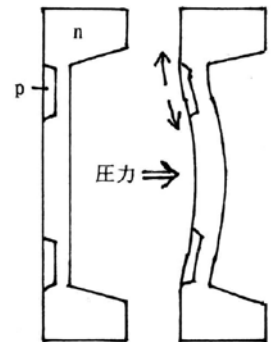
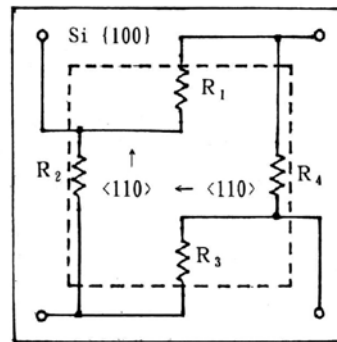
B1 ピエゾ抵抗型圧力センサ



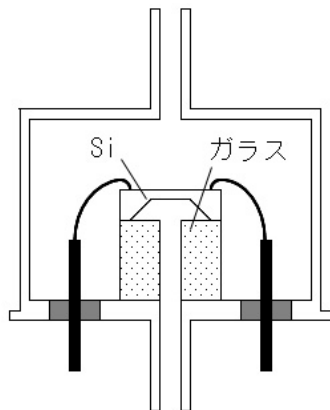
五十嵐 伊勢美 氏
(豊田中央研究所)



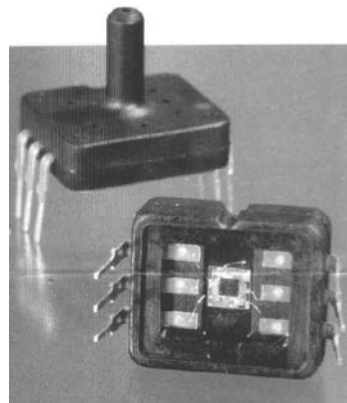
(100)面 p 型 Si のピエゾ抵抗係数
<110>方向で最大



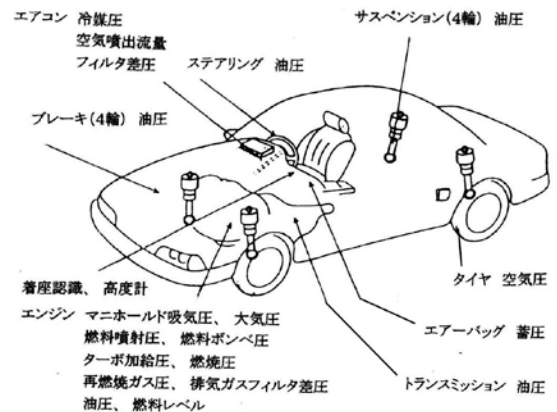
Si 感圧ダイアフラムに p 型拡散層のピエゾ抵抗を
配置したピエゾ抵抗型圧力センサ



圧力センサのパッケージング例



(株)フジクラの圧力センサ

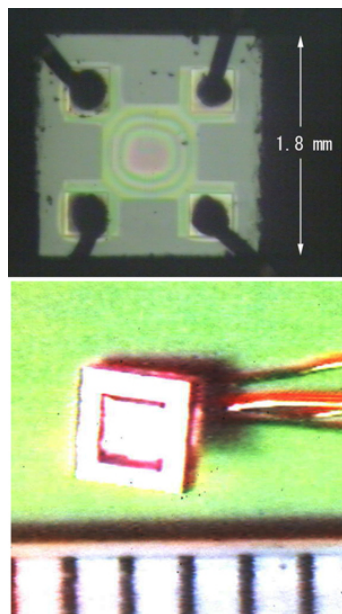


自動車に使われる圧力センサ

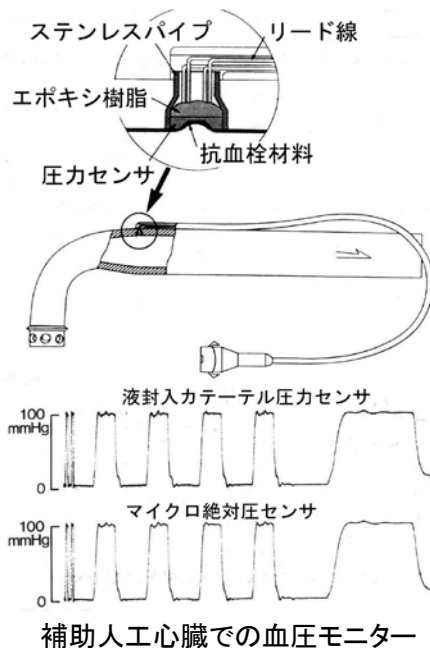
参考文献：五十嵐伊勢美, Ge の piezo 抵抗効果及びその歪計への応用, 応用物理, 29 (1960) pp.73-78

O.N.Tufle (Honeywell), Silicon Diffused-element Piezoresistive Diaphragms, J. of Applied Physics, 33 (1962) pp.3322-3327

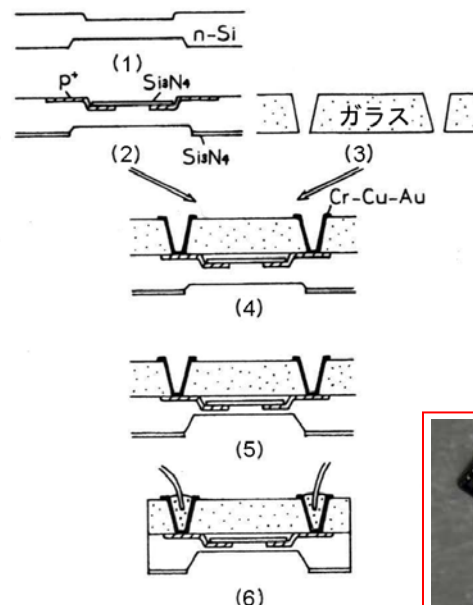
ピエゾ抵抗型絶対圧センサ



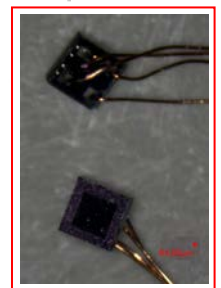
写真



補助人工心臓での血圧モニター

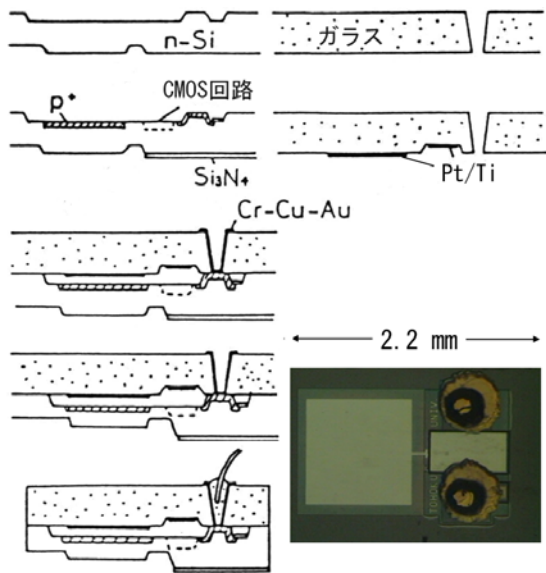


製作工程

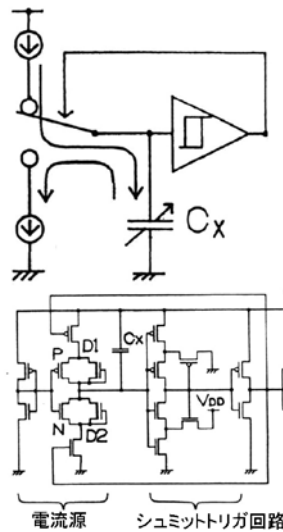


参考文献：M.Esashi, Y.Matsumoto and S.Shoji, Absolute Pressure Sensors by Air-tight Electrical Feedthrough Structure, Sensors and Actuators, A21-A23 (1990) pp.1048-1052

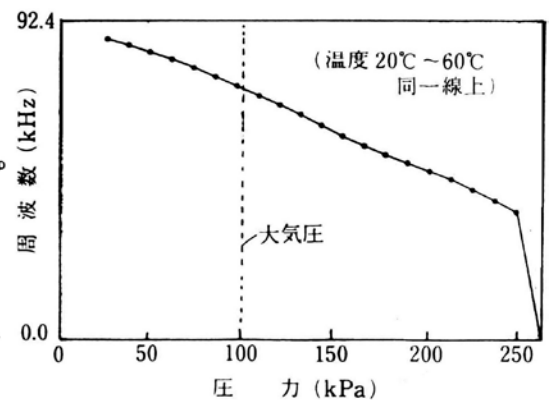
集積化容量型圧力センサ



製作工程



回路



特性

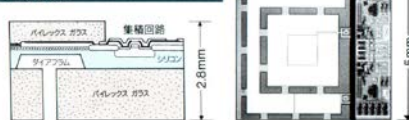
静電容量形モノリシック
圧力センサ

TOYODA
CS 2000
SERIES



- 超微圧測定に最適
測定定格は10mmHg0～。超微圧領域まで測定できます。
- 超小形
- プロセス制御機器 ●家電製品
- 医療機器 ●コンピュータ周辺機器
- 空圧制御機器

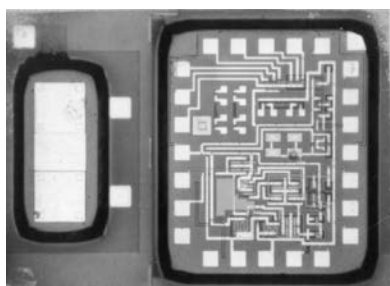
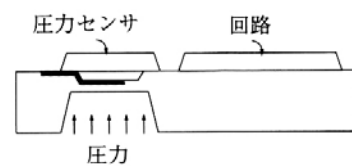
形状・主な仕様



仕様	形式	CS2000F	CS2000P	CS2000D	CS2000E
圧力の種類		差圧	絶対圧	差圧	絶対圧
定格圧力		10, 50, 100, 200 mmHg	1, 10, 50, 100, 200 mmHg	10, 50, 100, 200 mmHg	1, 10, 50, 100, 200 mmHg
圧力媒体		乾燥空気 (非侵食性の気体)	乾燥空気 (非侵食性の気体)	乾燥空気 (非侵食性の気体)	乾燥空気 (非侵食性の気体)
過負荷 (%)		定格圧力の400倍	定格圧力の400倍	定格圧力の400倍	定格圧力の400倍
出力形式		周波数 (約250~350kHz)	周波数 (約250~350kHz)	周波数 (約250~350kHz)	周波数 (約250~350kHz)
使用温度範囲 (°C)		0~50	0~50	0~50	0~50
ダイアフラム材質		シリコン	シリコン	シリコン	シリコン

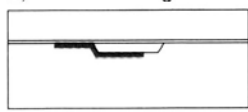
ウェハレベルパッケージによる集積化容量型圧力センサ (東北大学 - 豊田工機)
(エアコンのフィルタの目詰まり検知に 20 年程使われた)

参考文献 : Y.Matsumoto, S.Shoji and M.Esashi, A Miniature Integrated Capacitive Pressure Sensor, Extended Abstracts of the 22nd International Conference on Solid State Devices and Materials (1990) pp.701-704

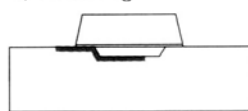


構造と写真

1) Direct bonding



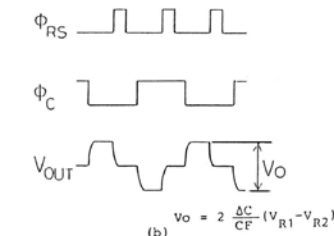
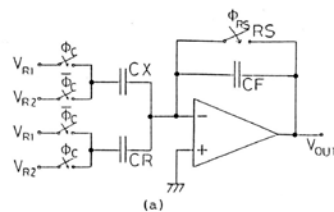
2) Si etching



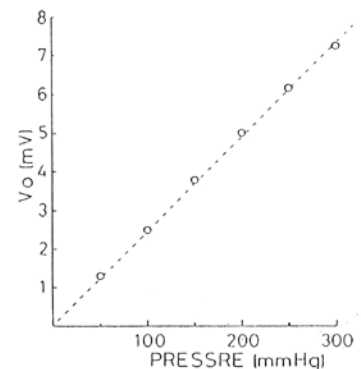
3) Si etching for diaphragm



製作工程



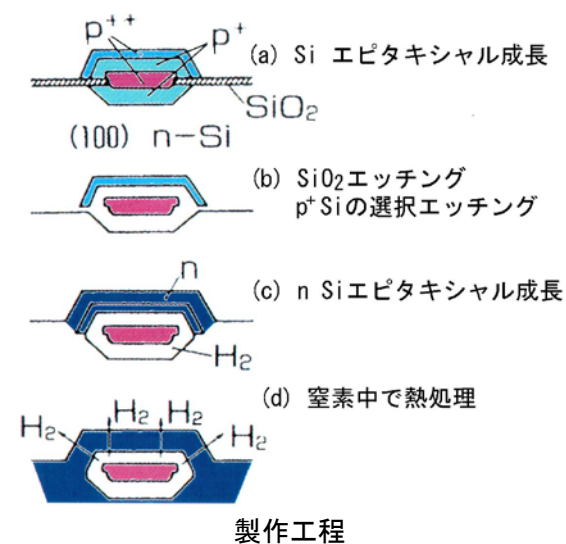
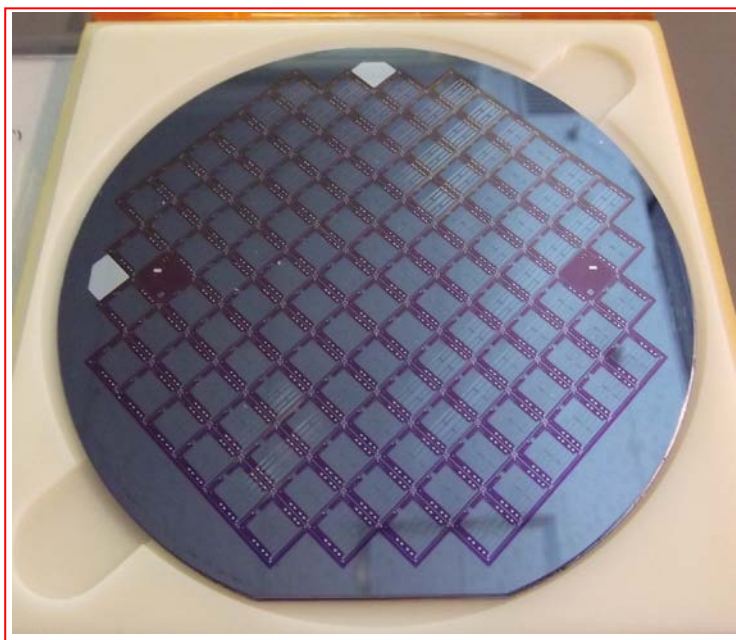
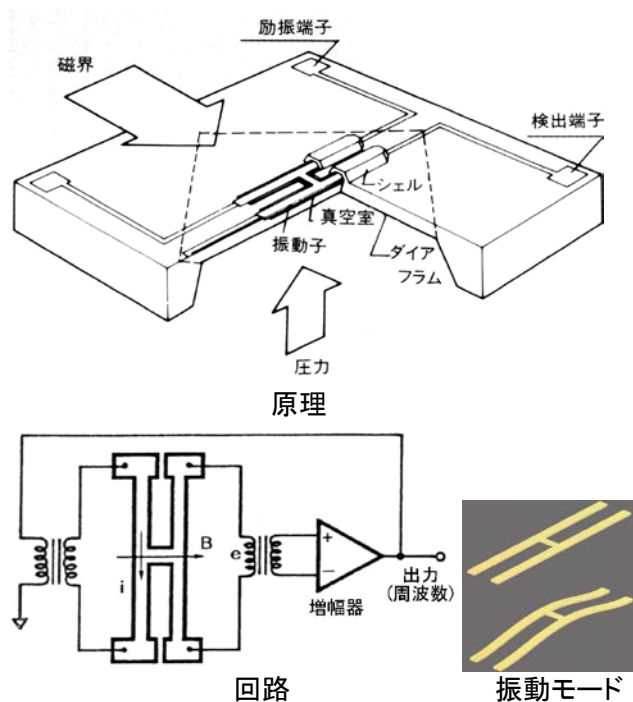
回路



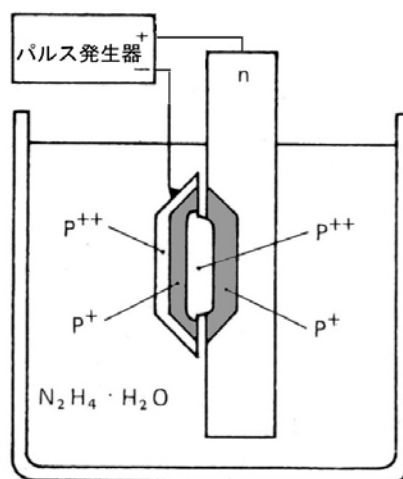
Si 直接接合による集積化容量型圧力センサ

参考文献 : S.Shoji, T.Nisase, M.Esashi and T.Matsuo, Fabrication of an Implantable Capacitive Type Pressure Sensor, The 4th Int. Conf. on Solid State Sensors and Actuators (transducers' 87), (1987) pp.305-308

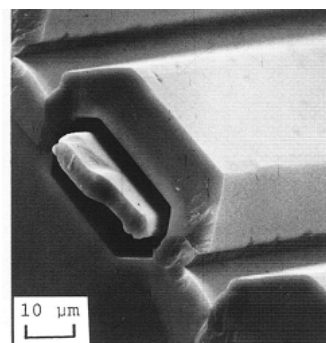
B3 振動型圧力センサ (横河電機)



製作工程



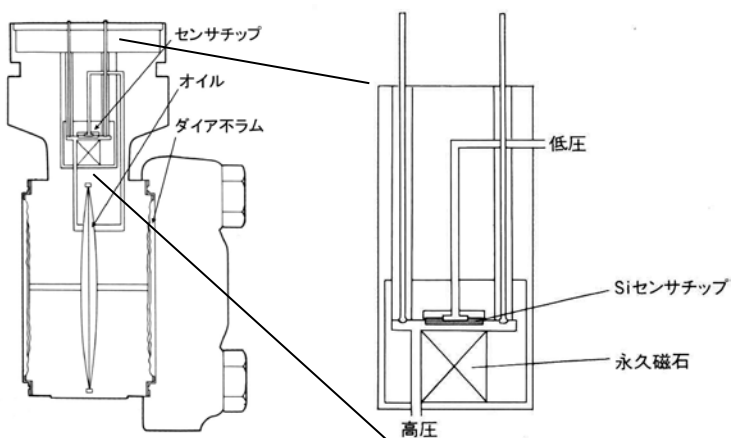
エッチング装置 (工程(b))



振動子断面写真

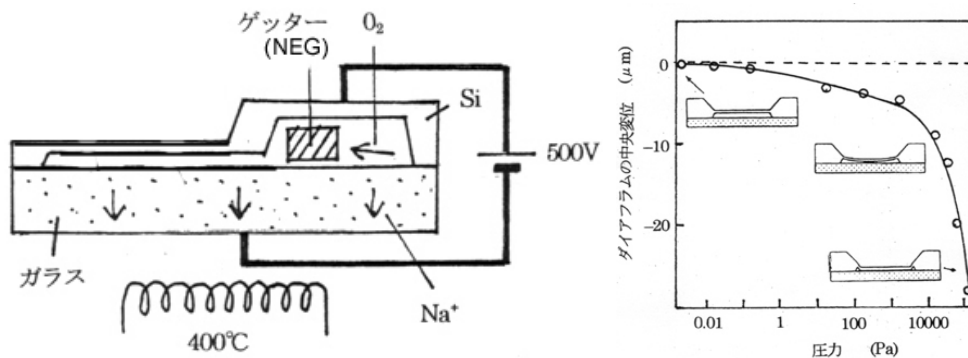


差圧・圧力伝送器 (DP harp)



参考文献 : K.Ikeda, H.Kuwayama, T.Kobayashi, T.Watanabe, T.Nishikawa and T.Yoshida, Silicon Pressure Sensor with Resonant Strain Gages Built into Diaphragm, Tech. Digests of the 7th Sensor Symposium (1988) pp.55-58

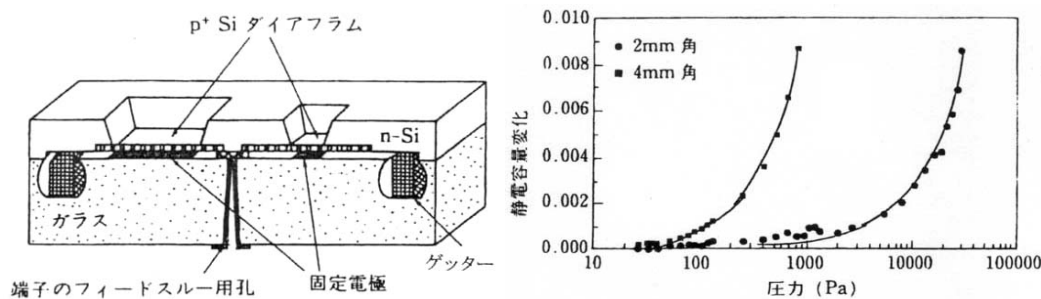
容量型真空センサ



ゲッター付陽極接合による真空封止

参考文献：H.Henmi, S.Shoji, Y.Shoji, K.Yoshimi and M.Esashi, Vacuum Packaging for Micro-sensors by Glass-Silicon Anodic Bonding, Sensors and Actuators A, 43 (1994) pp.243-248

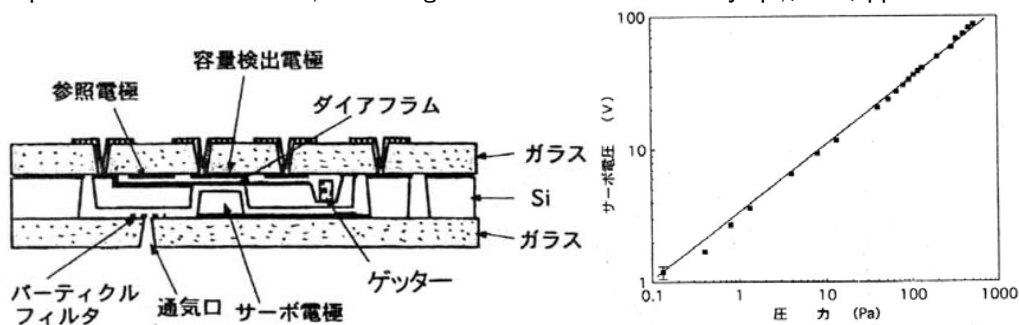
参考文献：M.Esashi, S.Sugiyama, K.Ikeda, Y.Wang and H.Miyashita, Vacuum-Sealed Silicon Micromachined Pressure Sensors, Proc. of the IEEE, 86 (1998) pp.1627-1639



デュアルダイアフラム真空センサ

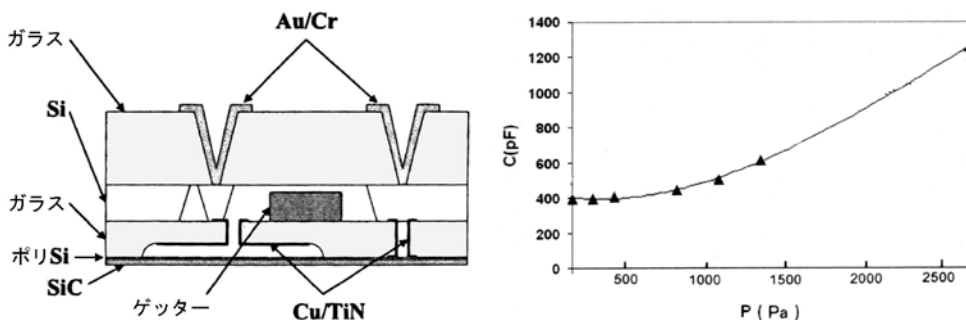
参考文献：K.Hatanaka, D.Y.Sim, K.Minami and M.Esashi, Silicon Diaphragm

Capacitive Vacuum Sensor, Tech. Digest of the 13th Sensor Symp.,(1995) pp.37-40



静電サーボ真空センサ

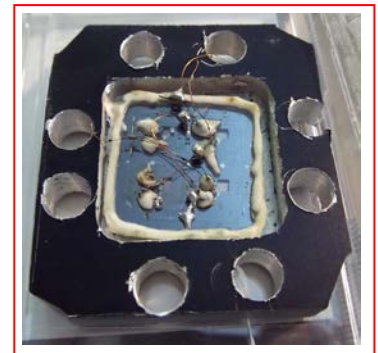
参考文献：H.Miyashita and M.Esashi : Wide Dynamic Range Silicon Diaphragm Vacuum Sensor by Electrostatic Servo System, J.Vac.Sci.Technology, B18, (2000) pp.2692-2697



SiC ダイアフラム耐蝕真空センサ

参考文献：B.Larangot, S.Tanaka and M.Esashi, Fabrication of Anti-Corrosive Capacitive Vacuum Sensors with a Silicon Carbide/Polysilicon Bi-Layer Diaphragm and Electrical

Through-Hole Connections on the Opposite Side, 電気学会論文誌E,128-E (2008) pp.331-336



B5 容量型真空センサ製品 (キャノンアネルバ, 大亜真空)

キャパシタンスゲージ
M-340DG



●概要
マイクロマシン技術による、小型、高性能キャパシタンスゲージ
絶対圧測定も可能なキャパシタンスゲージ（静電容量型隔膜真空計）をマイクロマシン（MEMS）技術を用いて作製し、小型化、高性能、低価格を実現した画期的な真空計です。

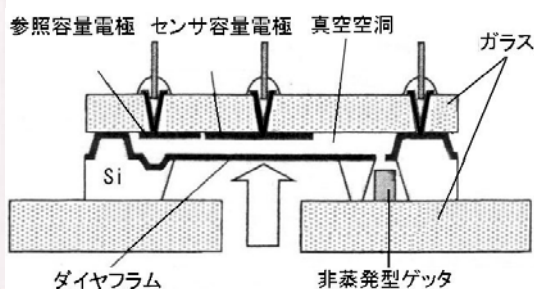
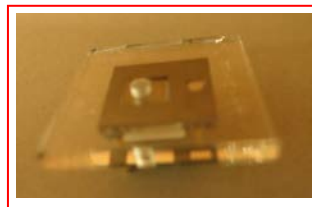
●特長

- ・コンパクト、低価格
マイクロマシン（MEMS）技術を用いて、小型化、低価格（量産化）を実現
- ・測定レンジ 5 タイプをラインアップ
33Pa、133Pa、1.33kPa、13.3kPa、133kPa の 5 タイプ
- ・高感度、高再現性
単結晶シリコンダイアフラムの採用により、高感度、高再現性を実現
- ・メンテナンスコスト低減
センサチップのみ交換可能*
- ・優れた耐振動・ノイズ性
小型・軽量ダイアフラムのため、機械振動ノイズを受けにくい
- ・取付け方向を選ばない
垂直、水平、逆さ、どの取付け方向においても正確な測定が可能

●用途

- ・スパッタリング装置のプロセス圧力測定
- ・ロードロックチャンバの圧力測定
- ・ガス分析装置の圧力測定
- ・真空乾燥装置の圧力測定
- ・ランプのガス封入プロセス圧力測定
- ・正確な大気圧測定

*メーカーでのチップ交換・調整作業が必要です。



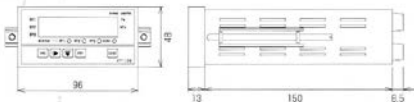
参考文献：宮下治三、北村恭志、マイクロマシン技術を用いた静電容量型真空計、アネルバ技報, 11 (2005) pp.37-41

■隔膜真空計主仕様

●センサー仕様 SG-133K		●表示部仕様 ST-1DB	
測定範囲	0.1~133kPa	測定範囲	0.1~133kPa
精度	1% of R	入力電圧	DC0~10V
分解能	0.005% of FS	表示行数	41/2桁
温度係数	ゼロ 0.01% of F/°C スパン 0.1% of R/°C	センサー用電源	DC±15V 60mA±5%
応答速度	0.5sec	ゼロ補正範囲	±200mV 前面キー操作
定格電源	DC±15V 60mA±5%	出力 アナログ	DC0~10V
温度範囲	0~50°C	設定	3点 プログラム方式
内容量	2mL	定格電源	AC100V 50/60Hz
標準継手	φ15	外形寸法 (mm)	96 (W) × 48 (H) × 172 (D)
外径寸法	φ15×94 140g	取付寸法 (mm)	92 (W) × 45 (H)
		質量	600g

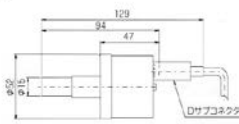
■外径寸法図

ST-1DB 【表示部】

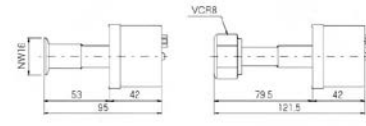


SG-133K 【センサー部】

●標準品



●オプション品



DIAVAC LIMITED

2000.7

DIAVAC LIMITED

Diaphragm Vacuum Gauge
ST-1DB
シリコン隔膜真空計

●相対圧から絶対圧へ！
センサー部にシリコンダイアフラムを採用した小型で絶対圧測定可能な隔膜真空計です。表示部にはオートゼロ機能を有し、外部出力3点、更にアナログ出力として0~10Vを標準装備しています。小型で使い易さを追求した真空計です。

- 気体の圧力を力として検出しますので気体の種類に関係なく測定ができます。但し、強腐食性気体を除く。
- ダイアフラムにシリコンチップを採用することにより小型で再現性に優れています。
- 検出回路は静電容量方式ですので安定して低圧力まで測定出来ます。
- 表示部はシンプル機能とし、小型で使い易さを追求しました。

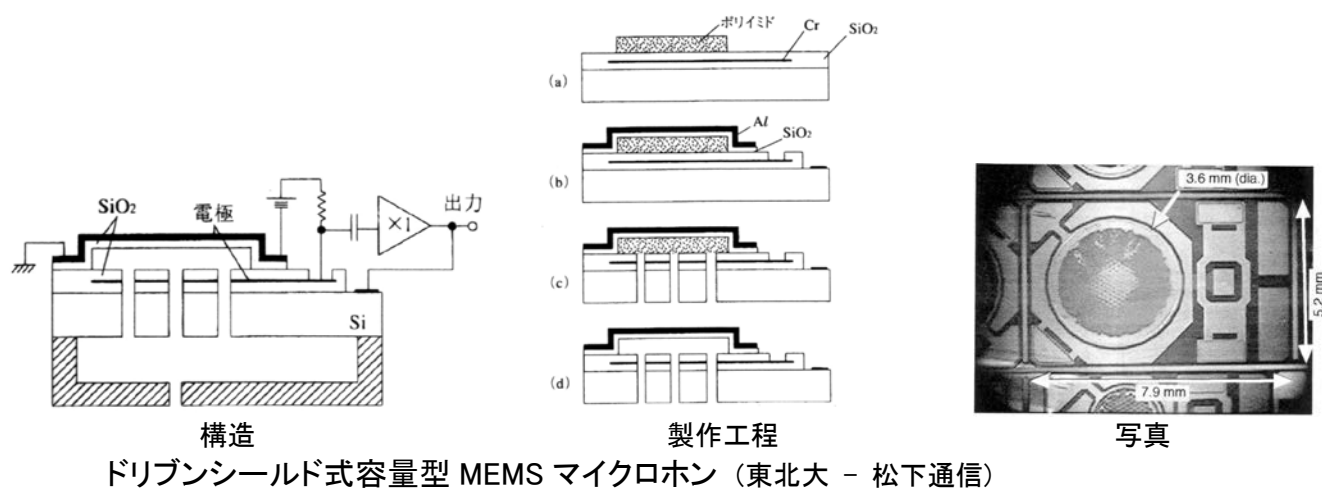


大亜真空株式会社
DIAVAC LIMITED

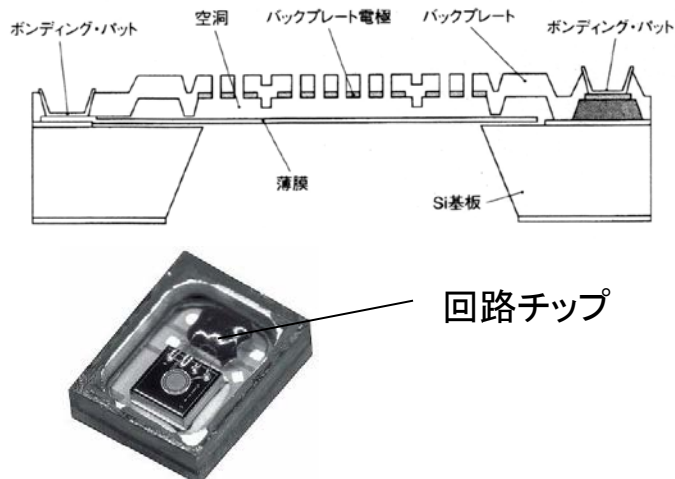
東京都中央区新富1-10-13 大亜ビル4階（東京営業所）
TEL: 03(459)7628
FAX: 03(459)7629
大阪府大阪市東淀川区東中島2-14-14 大亜ビル4F（大阪営業所）
TEL: 06(6398)1771
FAX: 06(6398)1772



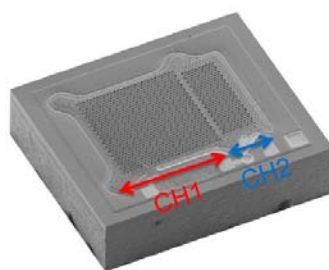
MEMS マイクロホン



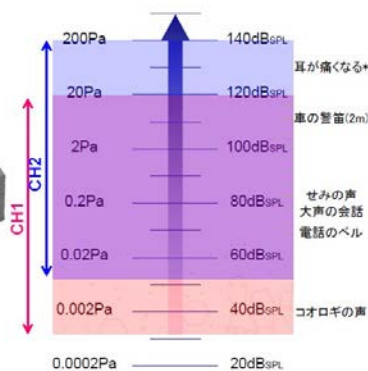
参考文献 : M.Ikeda, N.Shimizu and M.Esashi, Surface Micromachined Driven Shielded Condenser Microphone with a Sacrificial Layer Etched from the Backside, Tech. Digest of the Transducers' 99, (1999) pp.1070-1073



■2つのチャンネル(高感度CH + 大音量対応CH)を有することにより、MEMSマイクロホンとして初めて、最大入力音圧を140dB SPLまで引き上げたデジタルマイクロホンを実現。



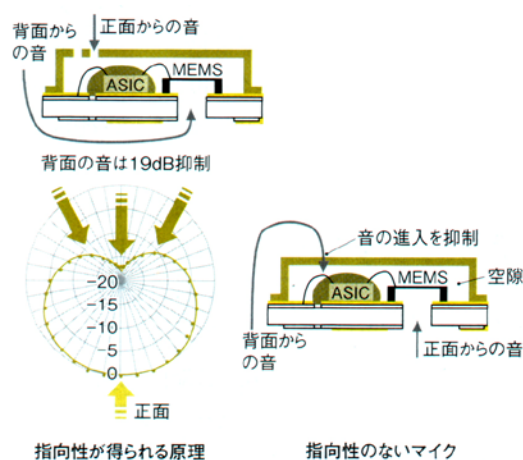
T. Kasai et al. "NOVEL CONCEPT FOR A MEMS MICROPHONE WITH DUAL CHANNELS FOR AN ULTRA WIDE DYNAMIC RANGE", IEEE MEMS 2011 Technical Digest, Cancun, MEXICO, January 23-27, 2011, pp605-608



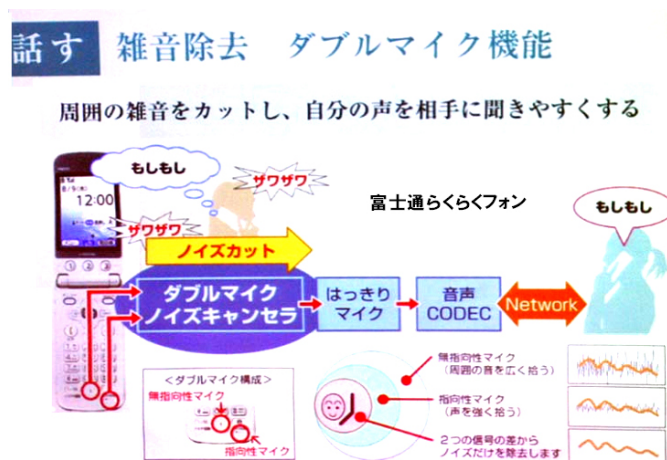
*音圧の目安: "音響の基本と仕組み", 岩宮

スマートホンに使われる MEMS マイクロホン(Knowles) 高ダイナミックレンジ MEMS マイクロホン (オムロン)

参考文献 : 日経マイクロデバイス, 248 (2006/2) p.38

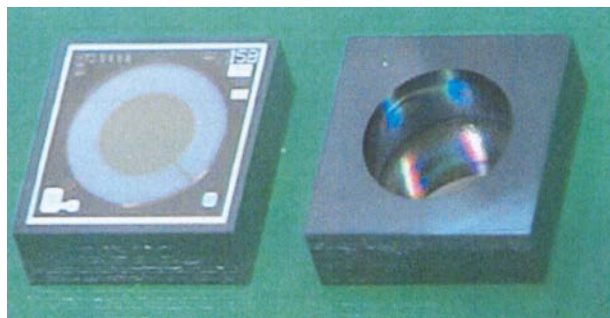


マイクロホンの周囲雑音除去

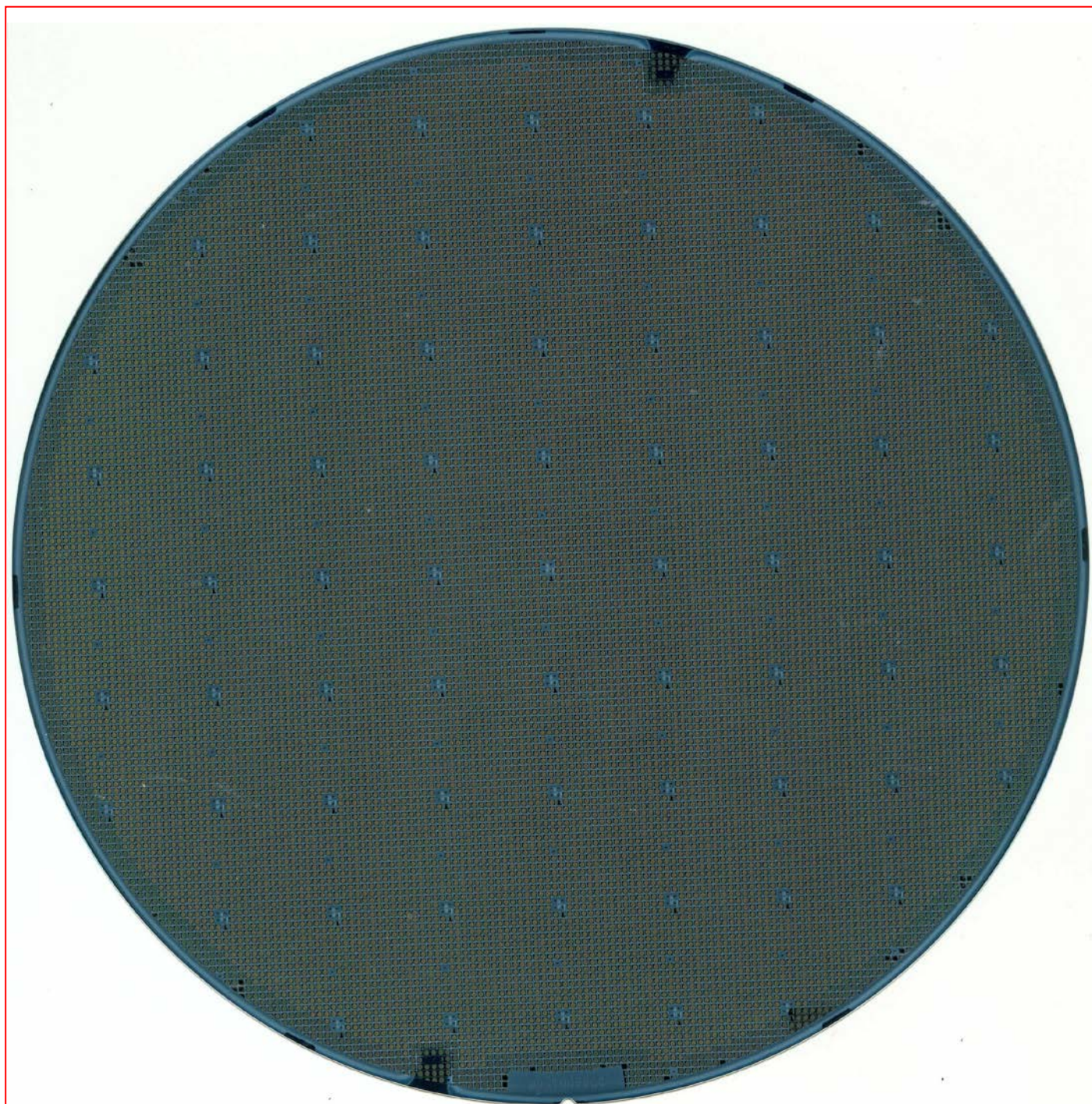


参考文献 : Marc Fueledner (ドイツ Infineon Tech.AG), 日経マイクロデバイス, 280 (2008/10) 53

MEMS マイクロホン ウェハ (日清紡マイクロデバイス)

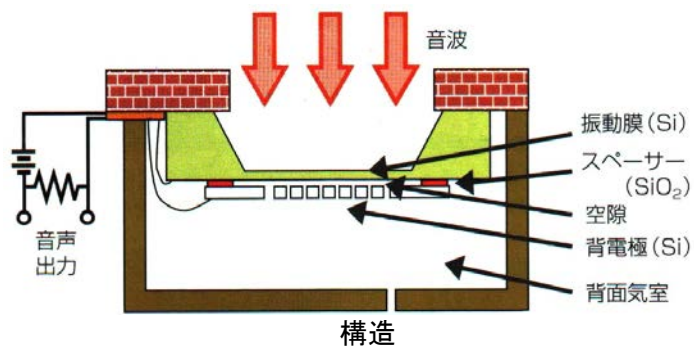


容量型 MEMS マイクロホンチップ

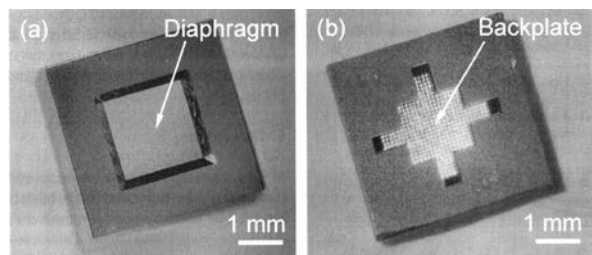
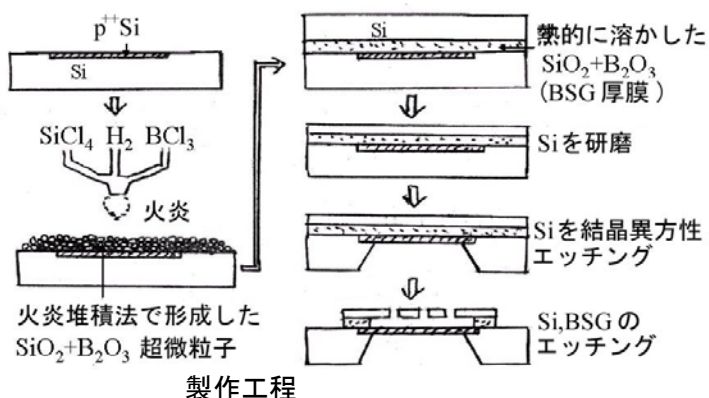


8 インチ (直径 20cm) ウェハ上に作られた MEMS マイクロホンチップ (2 万個)

耐湿性 MEMS マイクロホン



TV 放送例

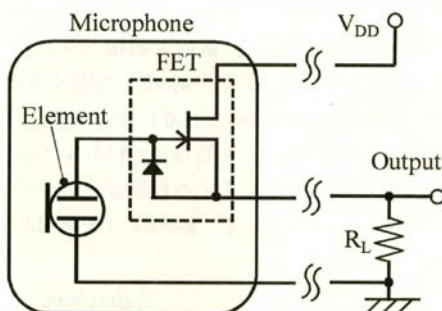
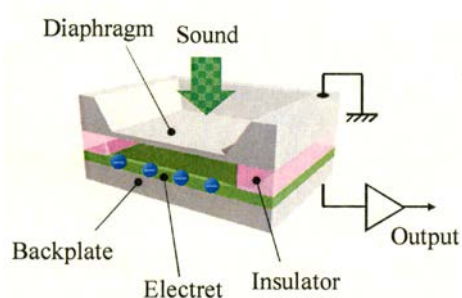
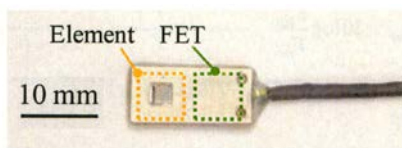


表裏写真

北京オリンピック水泳 などに使用

放送用容量型 MEMS マイクロホン (NHK-東北大-パナソニック)

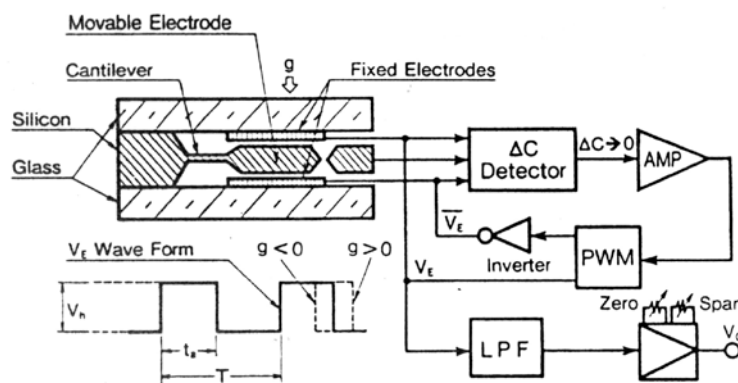
参考文献 : T.Tajima, T.Nishiguchi, S.Chiba, A.Morita, M.Abe, K.Tanioka, N.Saito and M.Esashi, High-performance Ultra-small Single Crystalline Silicon Microphone of an Integrated Structure, Microelectronic Engineering, 67-68 (2003) pp.508-519



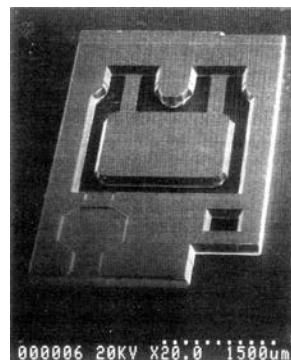
無機エレクトレットを用いた防滴型シリコンマイクロホン (NHK, 小林理研, リオン) (試作コインランドリ利用)

(後藤正英 他, 無機エレクトレットを用いた電荷蓄積型シリコンマイクロホン、電気学会誌 E, 132 (2012) 309-315)

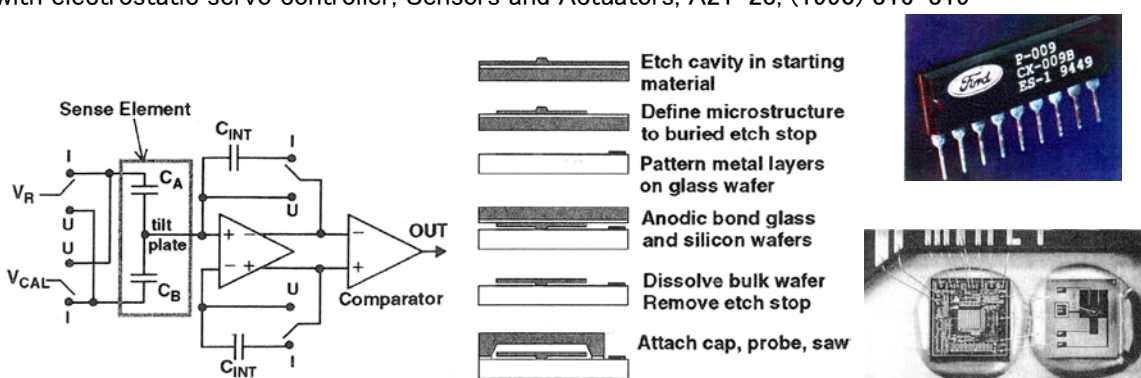
B9 自動車用容量型加速度センサ



静電サーボ加速度センサ（日立）

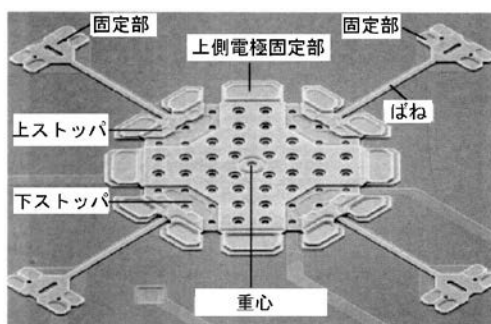
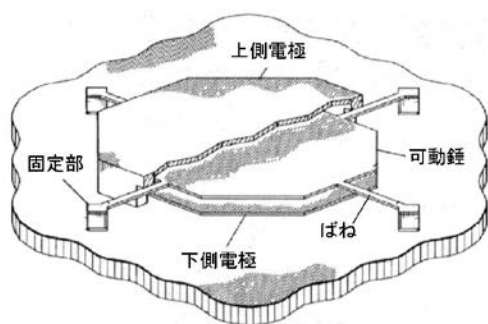


参考文献：S.Suzuki, S.Tuchitani, K.Sato, Y.Yokota, M.Sato and M.Esashi：Semiconductor capacitance type accelerometer with electrostatic servo controller, Sensors and Actuators, A21-23, (1990) 316-319

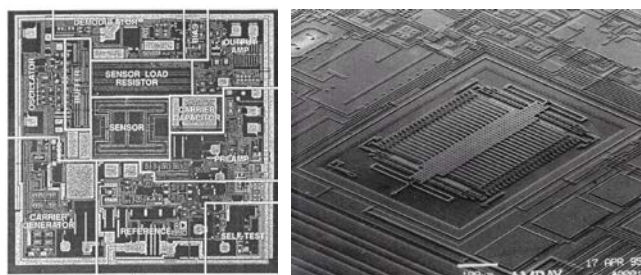
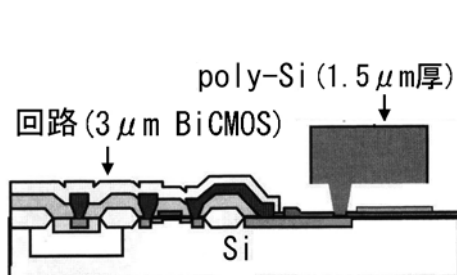
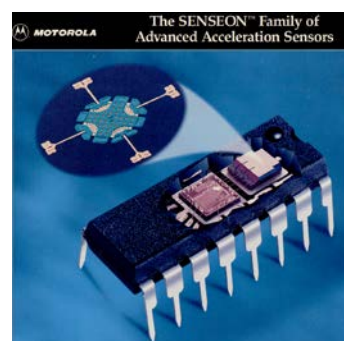


ΔΣ変調加速度センサ（フォード自動車 米国）

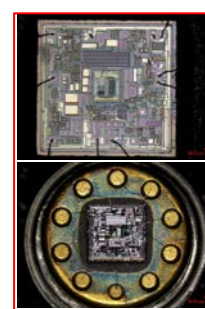
参考文献：L.(Chip) Spangler and C.J.Kemp, ISAAC—Integrated Silicon Automobile Accelerometer, Transducers' 95 (1995) pp.585-588



表面マイクロマシニングによるZ軸2チップ加速度センサ（モトローラ 米国）



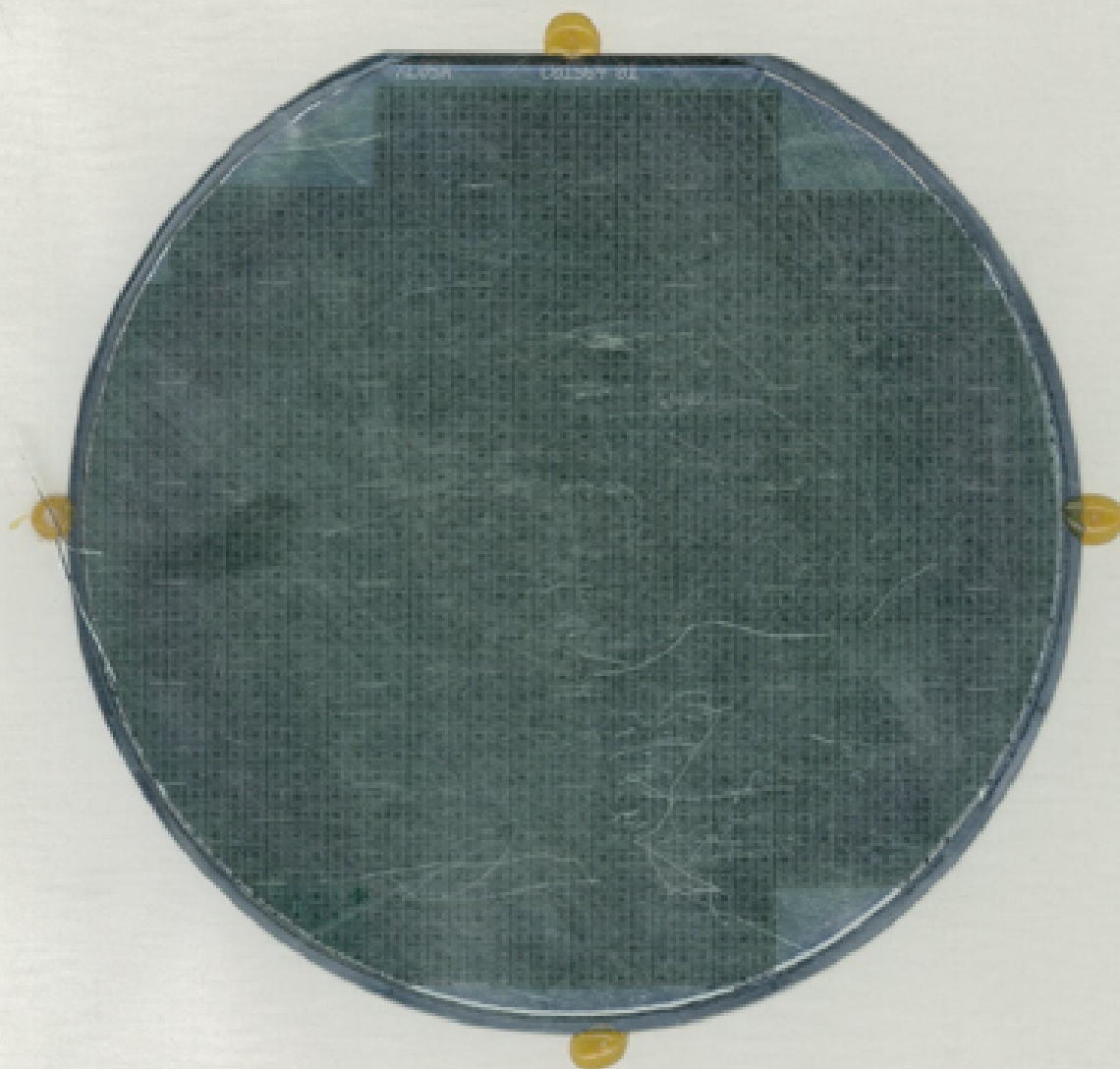
モノリシック集積化加速度センサ（アナログデバイス 米国）（ウェハ・チップ A12）



参考文献：K.H.-L.Chau, S.R.Lewis, Y.Zhao, R.T.Howe, S.F.Bart and R.G.Marcheselli, An Integrated Force-Balanced Capacitive Accelerometer for Low-G Applications, Transducers' 95 (1995) pp.563-596

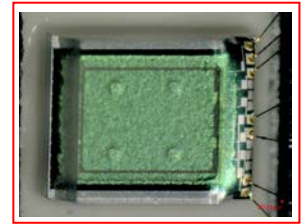
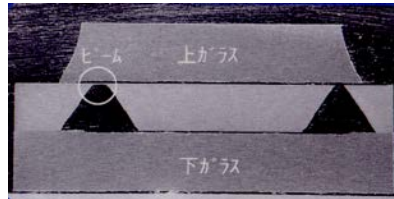
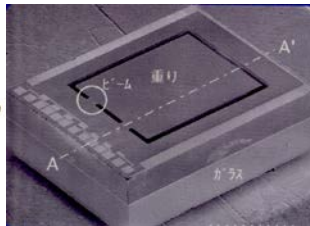
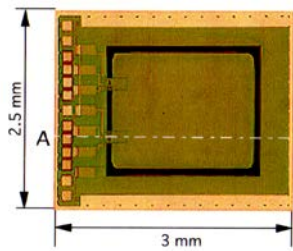


ADXL05



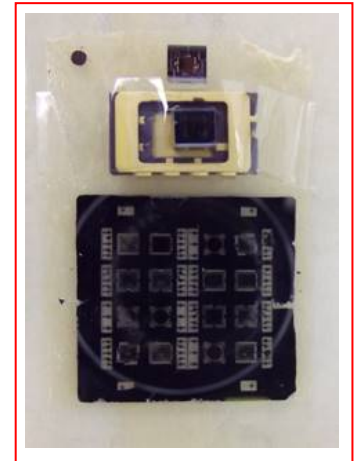
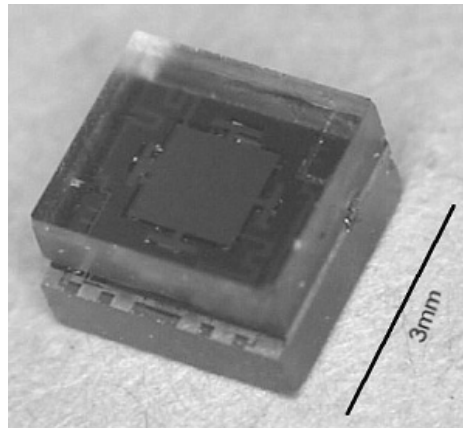
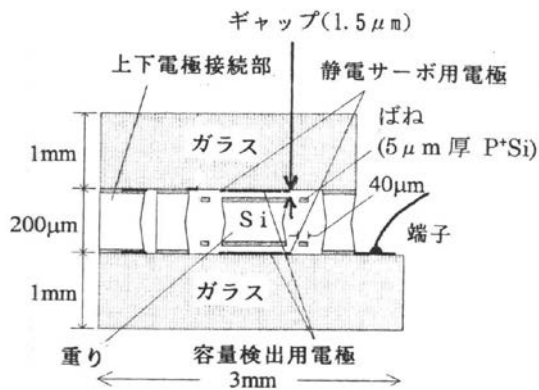
*6" Production Wafer
Manufactured in 1999 by
Analog Devices, Inc.
Micromachined Products Division
Cambridge, Massachusetts
U.S.A*

B11 各種加速度センサ



ピエゾ抵抗型加速度センサ (松下電工)

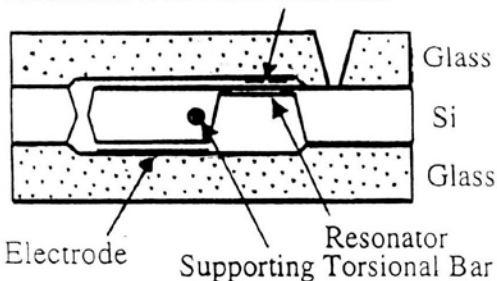
参考文献：高精度高信頼性 MEMS 加速度センサ, 松下電工技報 (Nov.2003) pp.15-21



狭ギャップ容量型静電サーボ加速度センサ (東北大学 - Samsung)

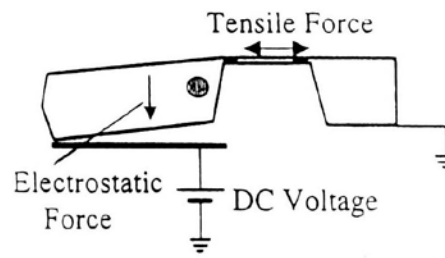
参考文献：G.Lim, S.Baek and M.Esashi : A New Bulk-Micromachining Using Deep RIE and Wet Etching for an Accelerometer, 電気学会論文誌E, 118-E (1998) pp.420-424

Excitation/Detection Electrodes

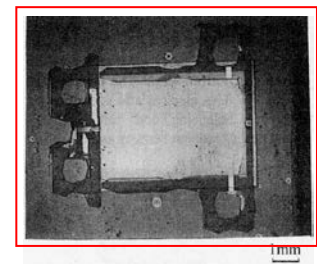


(a) Structure

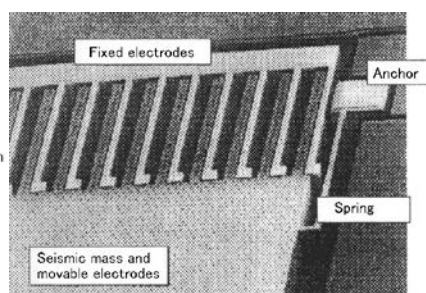
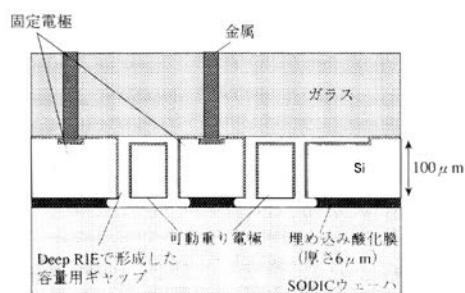
振動型加速度センサ



(b) Working Principle

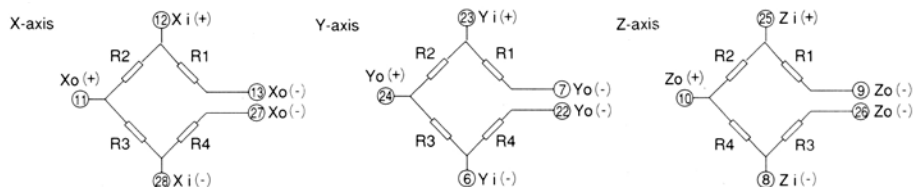


参考文献：H.Hashimoto, K.Minami and M.Esashi, Silicon Resonant Accelerometer, Technical Digest of the 13th Sensor Symposium (1995) pp.181-184

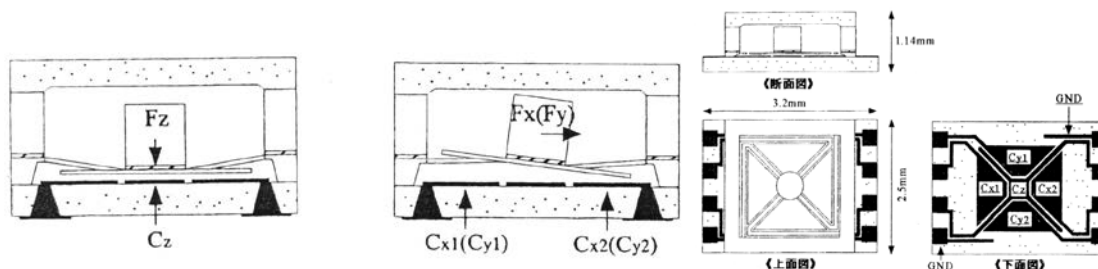


厚い埋込酸化膜の SOI を Deep RIE で加工した櫛歯電極の容量型加速度センサ (東北大学 - ダイムラークライスラー)

B13 3 軸加速度センサ

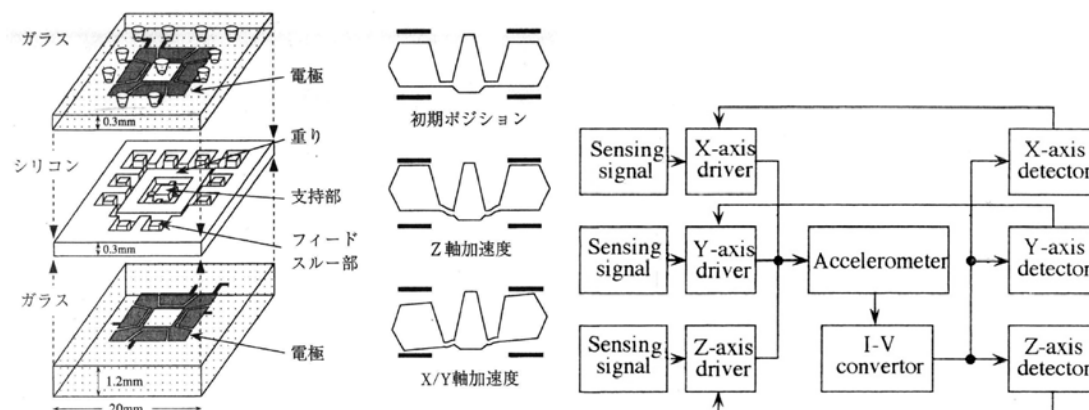


ピエゾ抵抗型 3 軸加速度センサ (フジクラ)



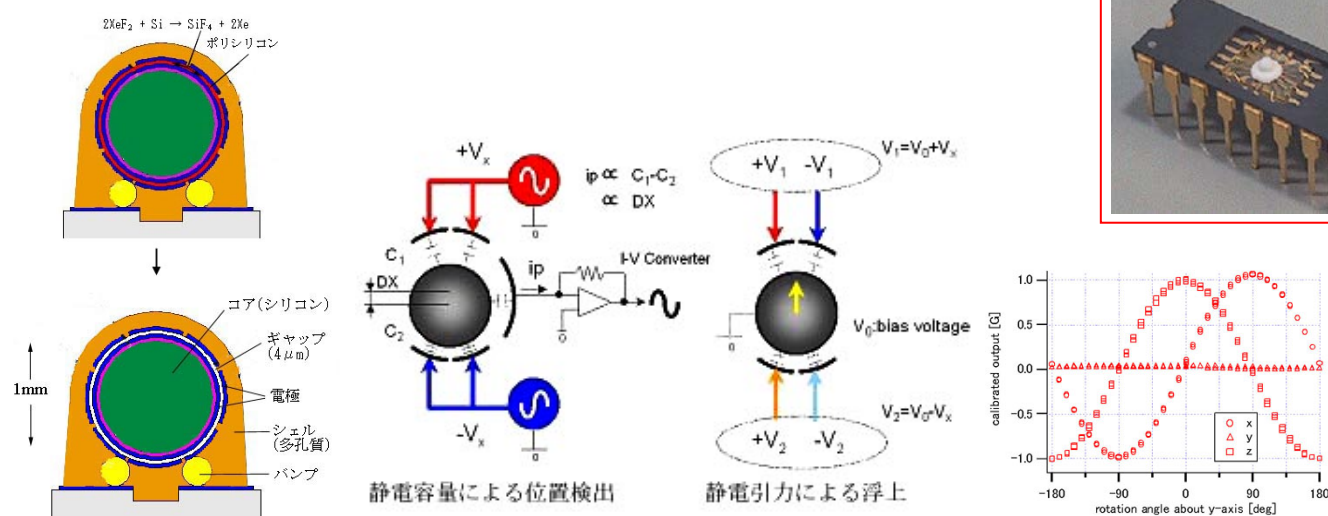
静電容量型 3 軸加速度センサ (東北大学 - 立山化学)

参考文献 : M.Mizusima and M.Esashi : Capacitive 3-axis Accelerometer Using SOI Wafer, Technical Digest of the 17th Sensor Symposium, (2000) pp.225-230



静電サーボ 3 軸加速度センサ (東北大学 - 神戸製鋼)

参考文献 : K.Jono, K.Minami and M.Esashi, Electrostatic Servo Type Three-axis Silicon Accelerometer, Measurement Science and Technology, 6 (1995) pp.11-15



静電浮上ボール 3 軸加速度センサ (ボールセミコンダクタ - 東北大学)

参考文献 : R.Toda, N.Takeda, T.Murakoshi, S.Nakamura and M.Esashi : Electrostatically Levitated Spherical 3-Axis Accelerometer, Technical Digest MEMS'2002 (2002) pp.710-713

The Electric Vacuum Gyro

電気真空ジャイロ

H.W. Knoebel: "The Electric Vacuum Gyro", Control Engng, 11, 2, p 70, (Feb. 1964).

この電気真空ジャイロは慣性航法用超精密 2 軸 ジャイロであって、金属性の球状回転体が超真空中（約 $10^{-8} \sim 10^{-9}$ mm Hg）で物理的支持物の代わりに高圧電界で浮揚されて回転する方式のもので、従来のジャイロ計器に有害であった物理的支持による機械的摩擦力を除去し、精度を上げるとともにドリフトをきわめて小さくしている。この方式は 1952 年にイリノイ大学の A. Nordsieck 教授がポラリス潜水艇の慣性誘導の研究中に考案したものである。

Pinpoint for Polaris Launching

0.0001 deg per hr

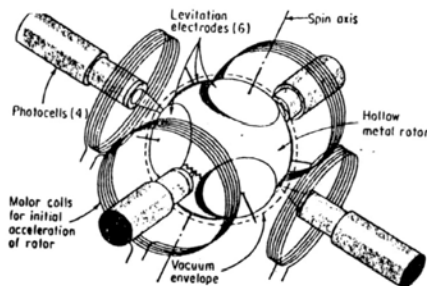


FIG. 1. Basic elements of the electric vacuum gyro include hollow rotor and levitation electrodes.

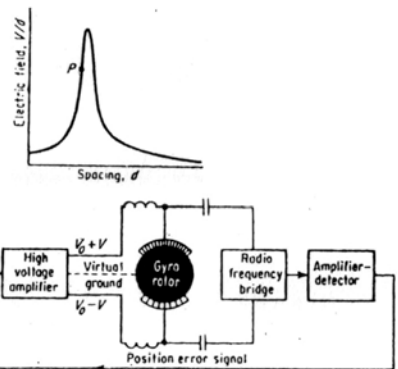
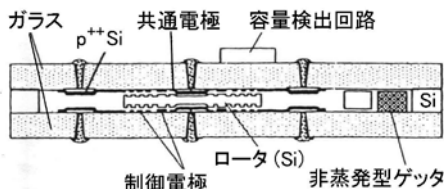
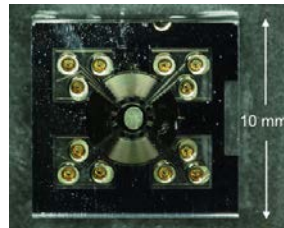
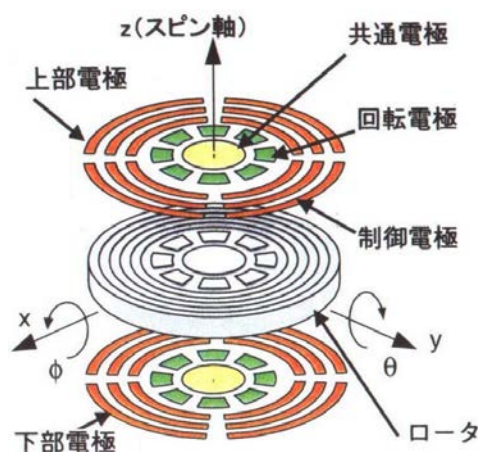
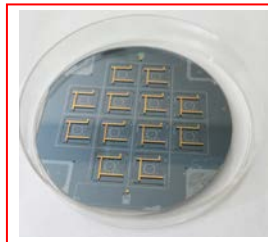


FIG. 6. Electronic levitation servo can be used to support rotor centrally in gap between electrodes (single axis).

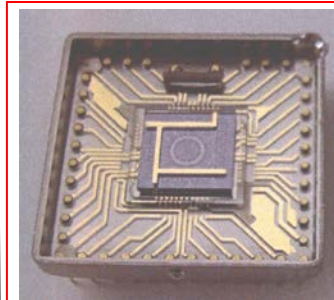


静電浮上ディスクロータ回転ジャイロ（東北大学 - トキメック(現 東京計器)）

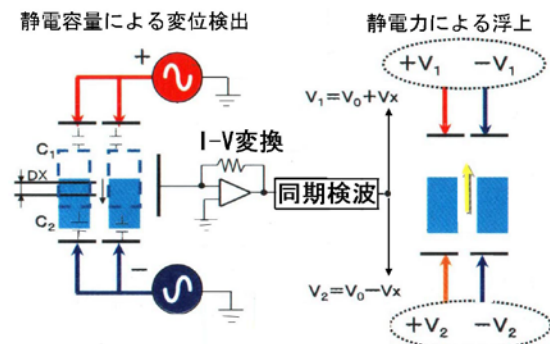
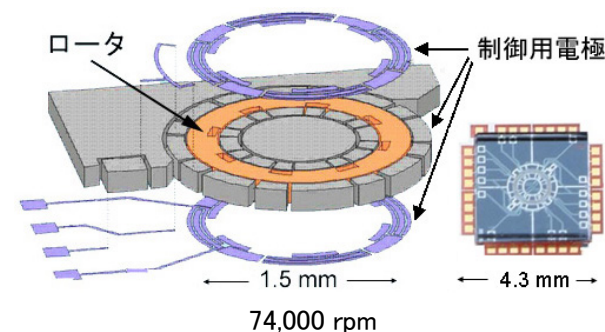
参考文献：K.Fukatsu, T.Murakoshi and M.Esashi, Electrostatically Levitated Micro Motor for Inertia Measurement System, Tech. Digest of the Transducers' 99 (1999) pp.1558-1561



静電浮上
リングロータ（大）
回転ジャイロ
ウェハ



静電浮上リングロータ(大小)回転ジャイロ



静電浮上リングロータ回転ジャイロ（2 軸角速度、3 軸加速度センサ）（東北大学 - トキメック(現 東京計器)）

参考文献：T.Murakoshi, Y.Endo, K.Sigeru, S.Nakamura and M.Esashi: Electrostatically levitated ring-shaped rotational-gyro/accelerometer, Jpn. J. Appli. Phys., 42, Part1 (2003) 2468-2472

列車動揺測定装置

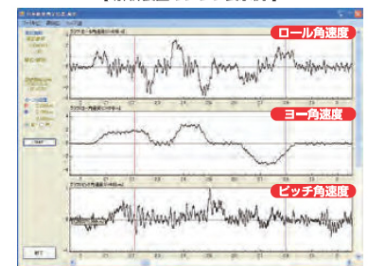
Motion Logger

型式：MLG-1

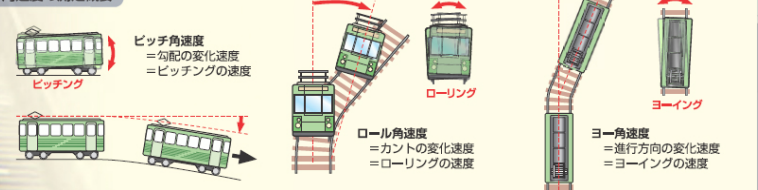
列車動揺測定装置「モーションロガー」は、超小型ジャイロセンサを搭載した全く新しいタイプの動揺測定装置で、列車に発生する「6軸」の運動特性を計測・記録します。



【解析装置のグラフ表示例】

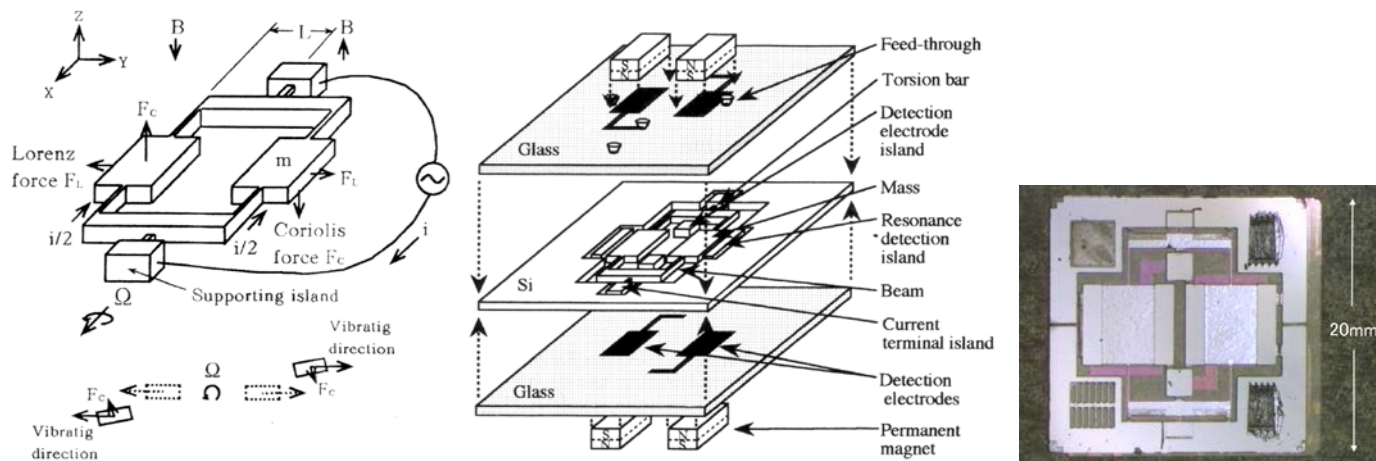


角速度の測定概要



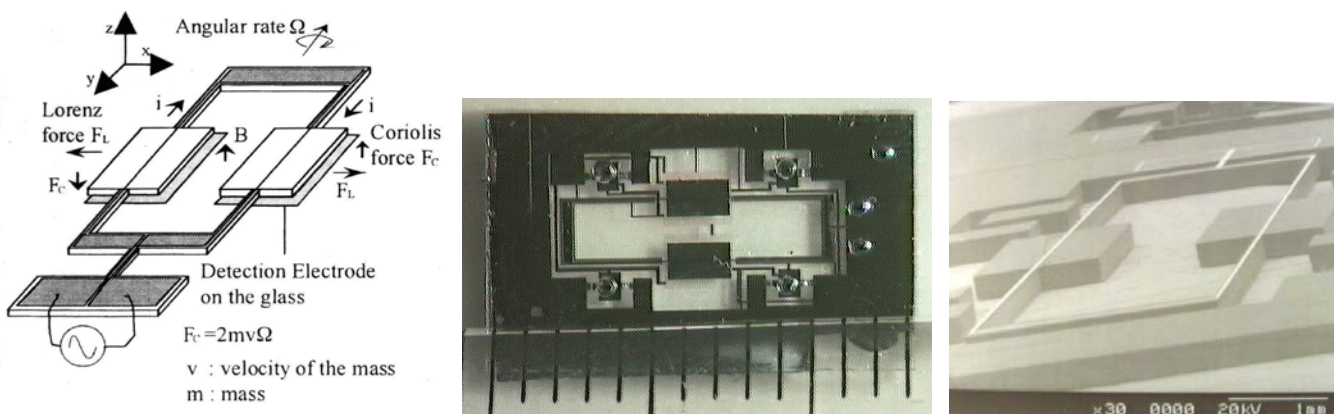
東京地下鉄のモーションロガーへの応用

C1 電磁駆動振動ジャイロ



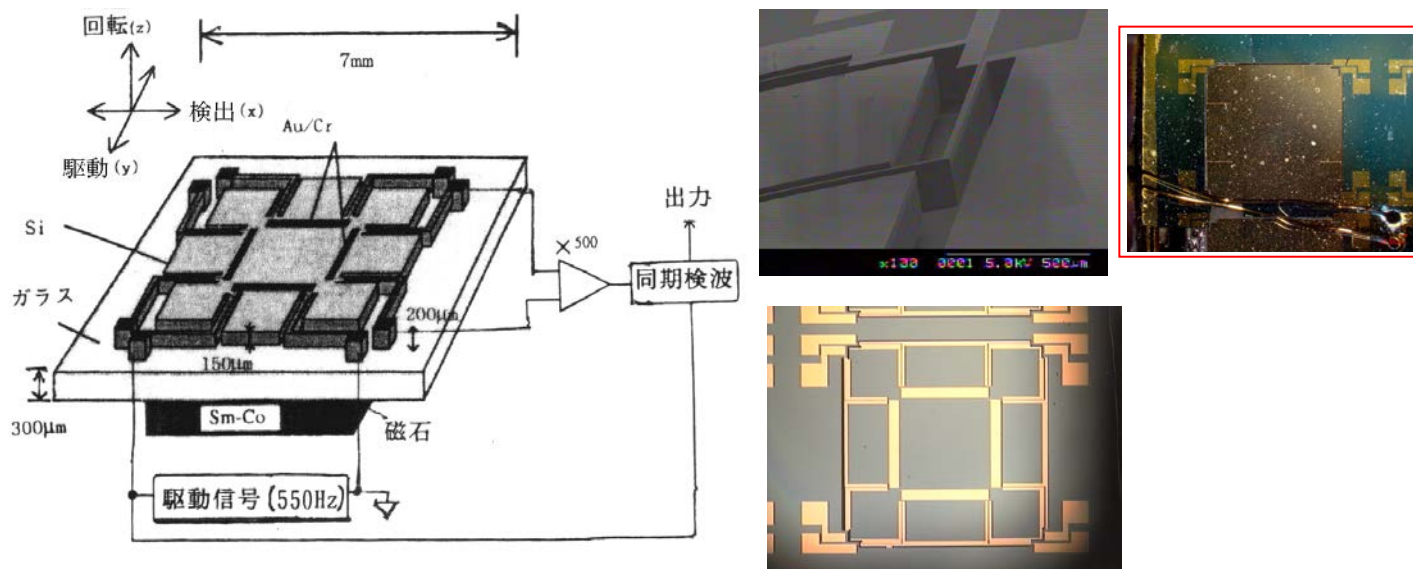
(110)Si の結晶異方性エッチングで製作した電磁駆動静電容量検出振動ジャイロ (東北大学 - トヨタ自動車)

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

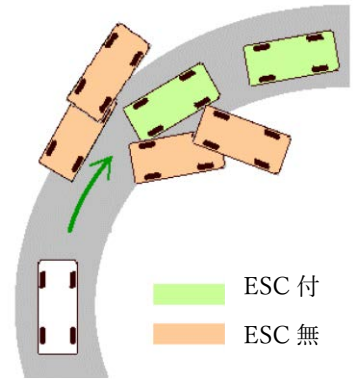
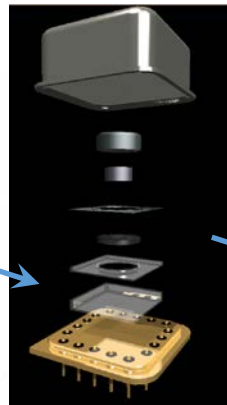
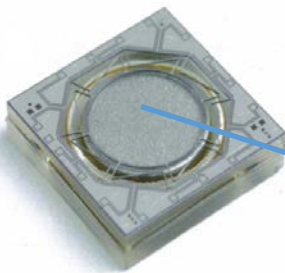
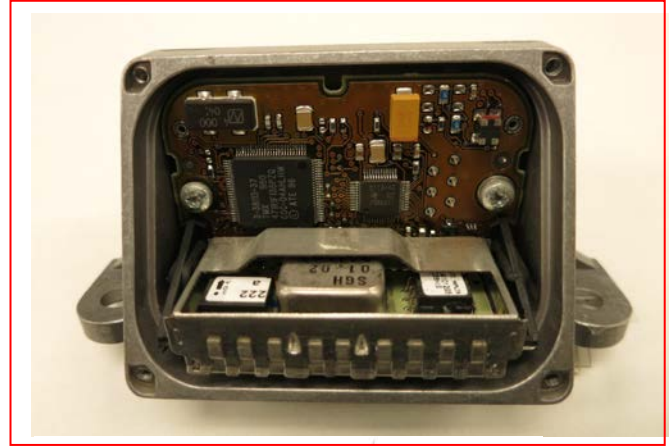
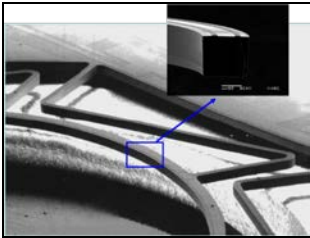
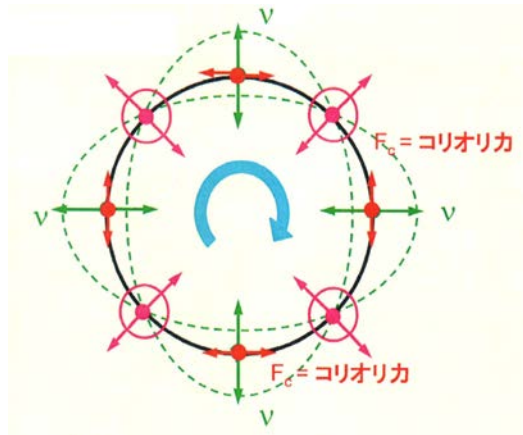
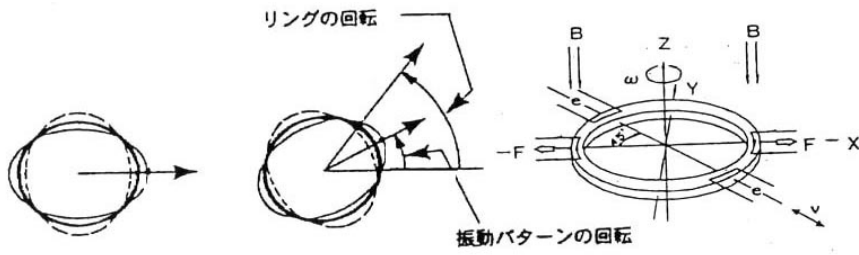
参考文献 : J.Choi, K.Minami and M.Esashi : Application of Deep Reactive Ion Etching for Silicon Angular Rate Sensor, Microsystem Technologies, 2 (1996) pp.186-199



Z 軸用電磁駆動電磁(誘導起電力)検出振動ジャイロ

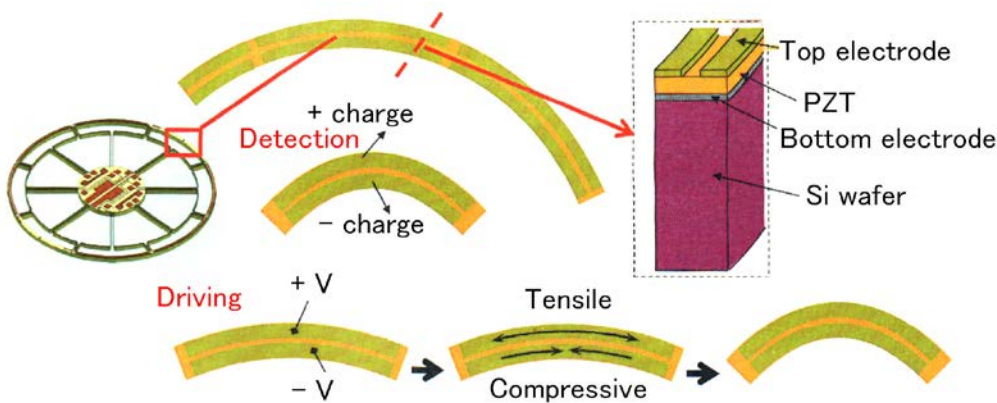
参考文献 : J.-J.Choi, 南和幸, 江刺正喜, 電磁駆動誘導起電力検出型シリコン角速度センサ, 電気学会論文誌E, 118-E (1998) pp.641-646

C2 シリコンリング式ジャイロ

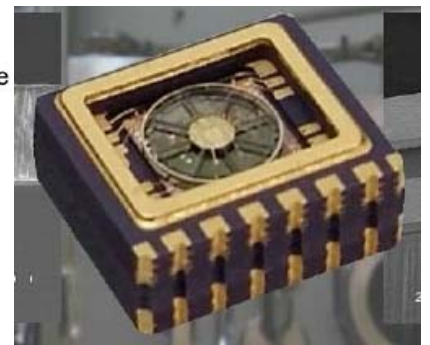


電磁式シリコンリング式ジャイロ

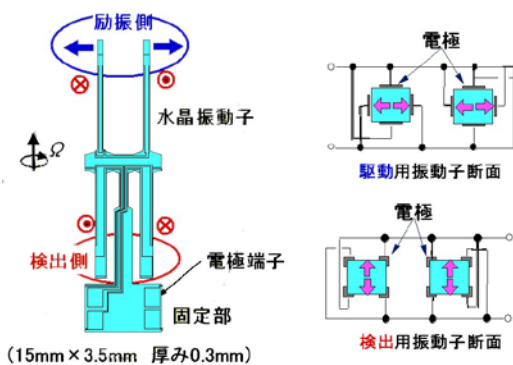
ESC (Electronic Stability Control)



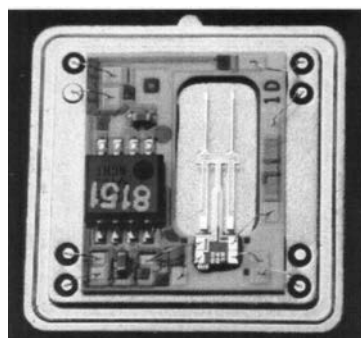
圧電式シリコンリング式ジャイロ



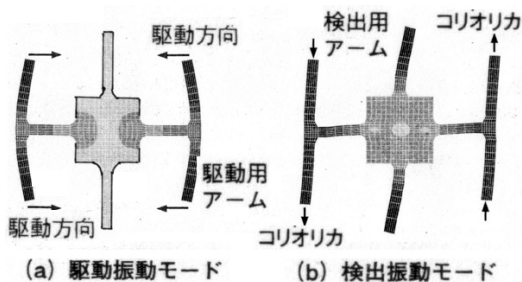
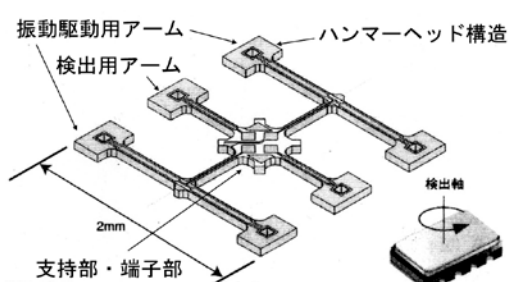
C3 圧電ジャイロ



水晶式振動ジャイロ (豊田中央研究所)



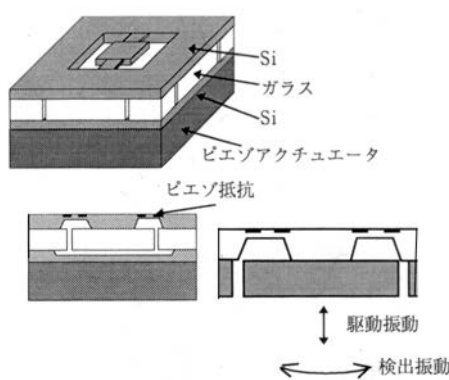
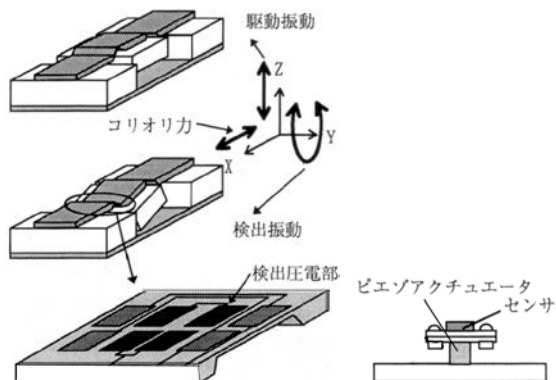
参考文献 : Y.Nonomura, M.Fujiyoshi, Y.Omura, K.Tsukada, M.Okuwa, T.Morikawa, N.Sugitani, S.Satou, N.Kurata and S.Matsushige, Quartz rate gyro sensor for automotive control, Sensors and Actuators A, 110 (2004) pp.136-141



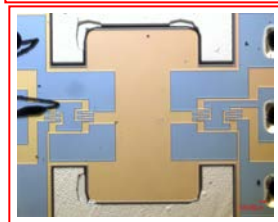
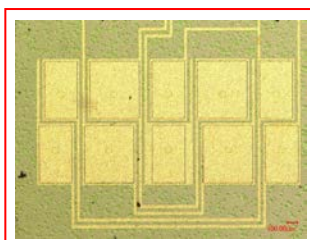
水晶式振動ジャイロ (エプソントヨコム)



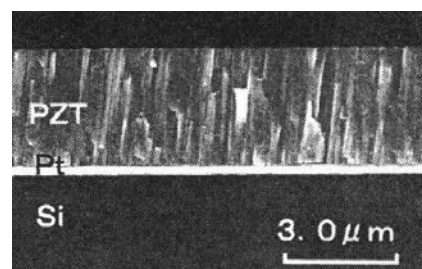
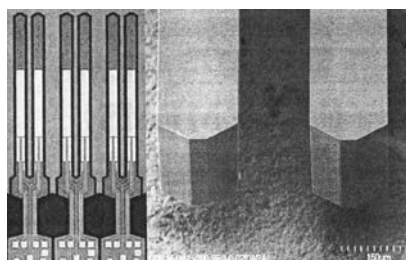
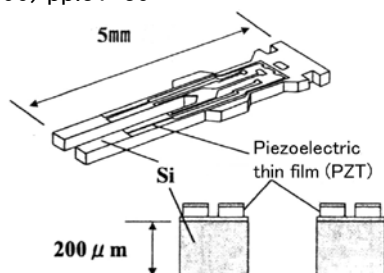
参考文献 : 小林祥宏, 指先に載る振動ジャイロ・センサ 外形寸法は $5.0 \times 3.2 \times 1.3 \text{mm}^3$, 日経エレクトロニクス (2004.11.8) pp.119-130



圧電薄膜振動ジャイロ (東北大学 - トヨタ自動車)



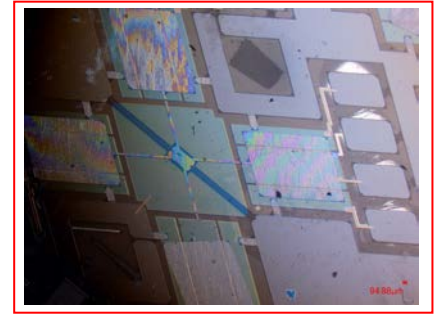
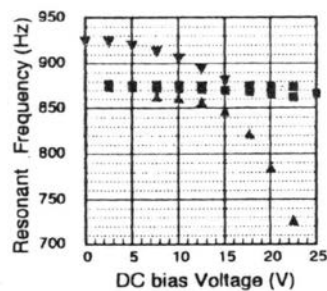
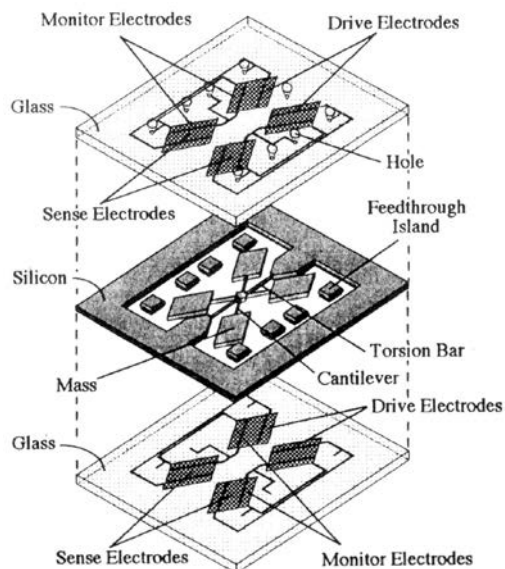
参考文献 : M.Nagao, K.Minami and M.Esashi, Silicon Angular Rate Sensor Using PZT Thin Film, Sensors and Materials, 11 (1999) pp.31-39



圧電薄膜振動ジャイロ (松下電器産業)

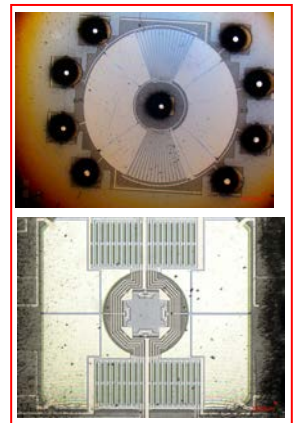
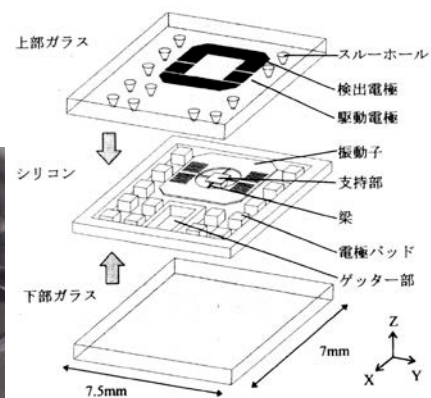
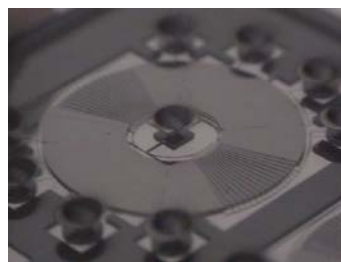
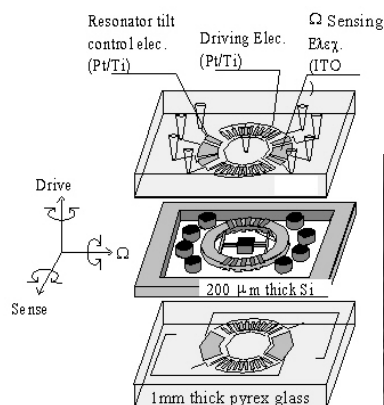
参考文献 : 高山良一, 藤井映志, 鎌田健, 村田晶子, 平澤拓, 友澤淳, 藤井覚, 鳥井秀雄, 野村幸治, <001>配向 PZT 薄膜の作製とマイクロ圧電素子への応用, 電気学会論文誌 E, 127 (2007) pp.553-557

C4 静電駆動容量検出ジャイロ



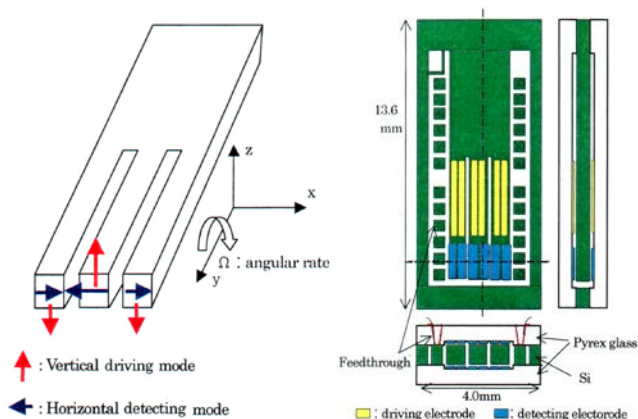
静電力の共振周波数調整機構を持つ静電駆動容量検出ジャイロ（東北大学 - 松下電器）

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

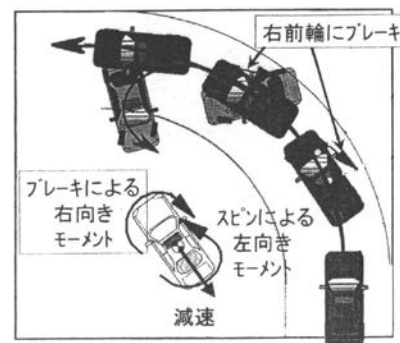
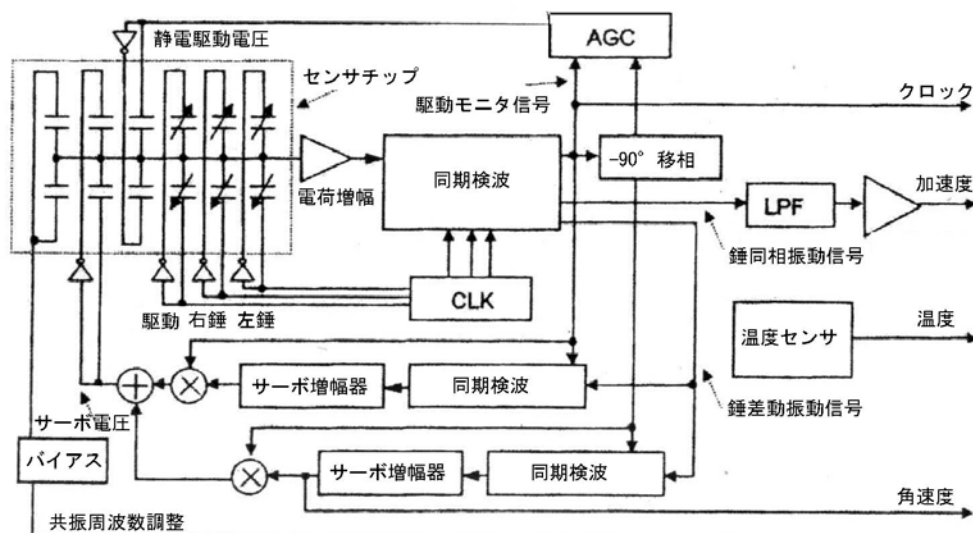
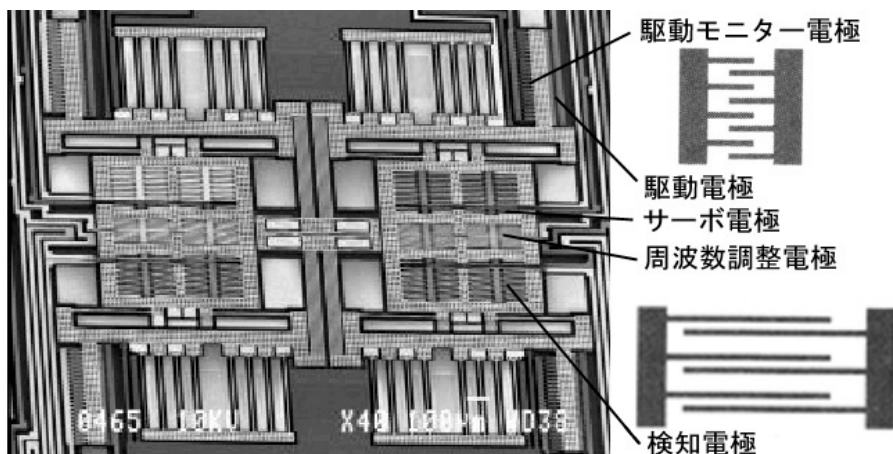
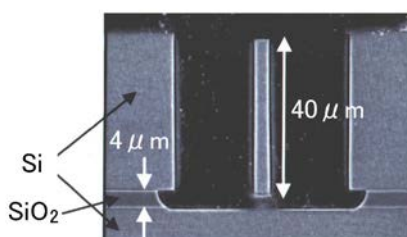
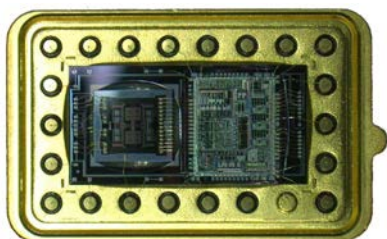
C5 ヨーレート・加速度センサ (トヨタ自動車)

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。

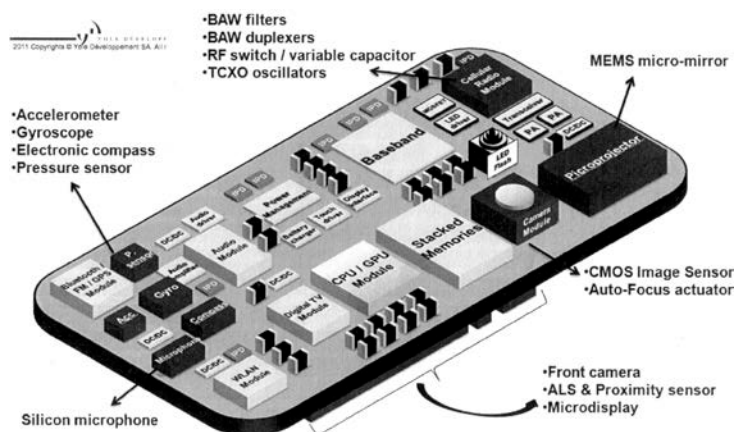
92	95	00
先端研究と人材育成 (東北大学-トヨタ自動車共同) ヨーレートセンサの半導体化研究 (原理確認) ・江刺研究室との共同研究 ・社員派遣による、 -マイクロマシン技術修得 -人材育成と人脈形成	先行開発 (トヨタ自動車) マイクロマシン技術開発 ・高アスペクト比 マイクロ加工技術 ・高精度静電 容量検出技術 等	製品開発 (トヨタ自動車) 車載性能実現、 低コスト化への製品開発 ・加速度センサー一体化 ・耐環境性能確保 等

加速度センサー内蔵 半導体式 ヨーレートセンサー

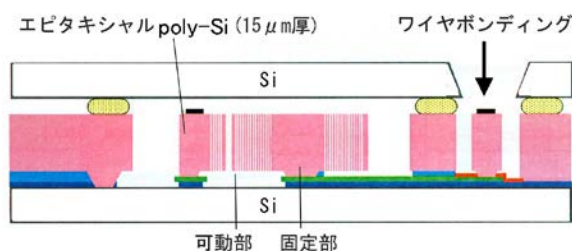
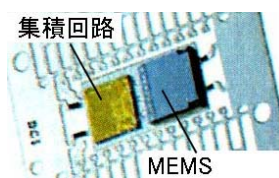


参考文献 : M.Nagao, H.Watanabe, E.Nakatani, K.Shirai, K.Aoyama and M.Hashimoto: A silicon micromachined gyroscope and accelerometer for vehicle stability control system, 2004 SAE World Congress, 2004-01-1113 (2004)

C6 自動車・スマホ他用 加速度センサ・ジャイロ

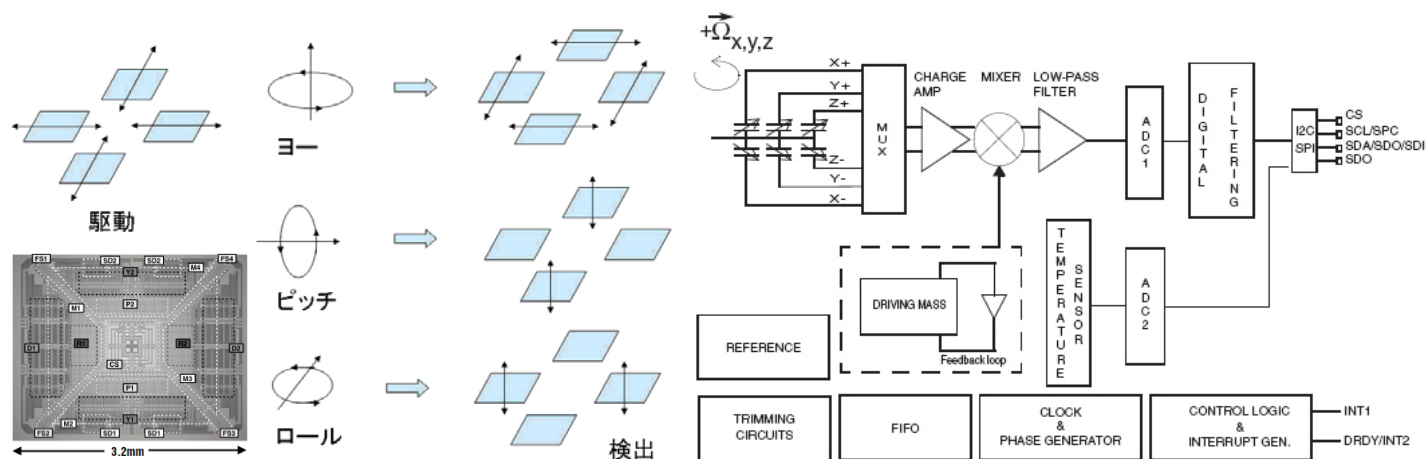


モバイル機器内の MEMS (Yole Development)



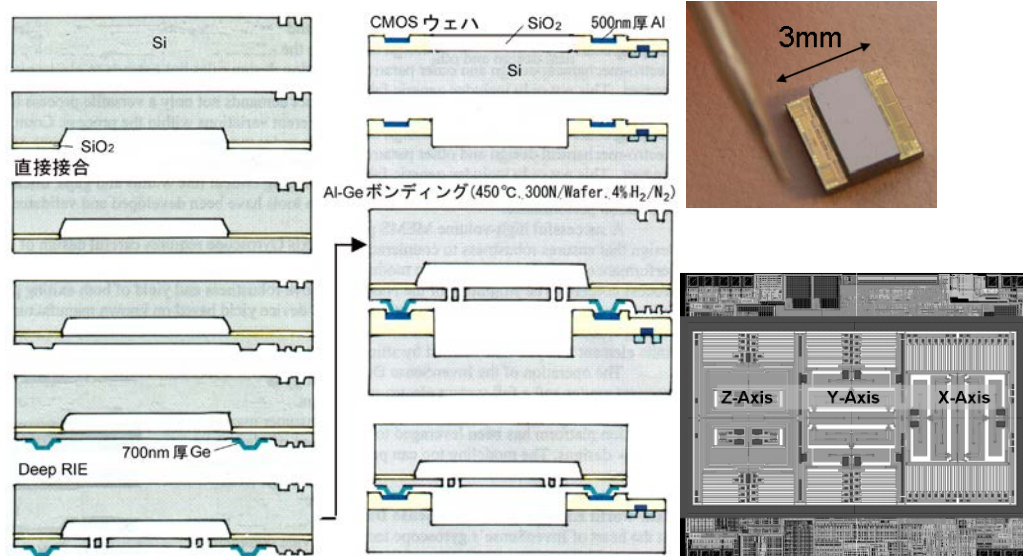
ST マイクロエレクトロニクス社の加速度センサ

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



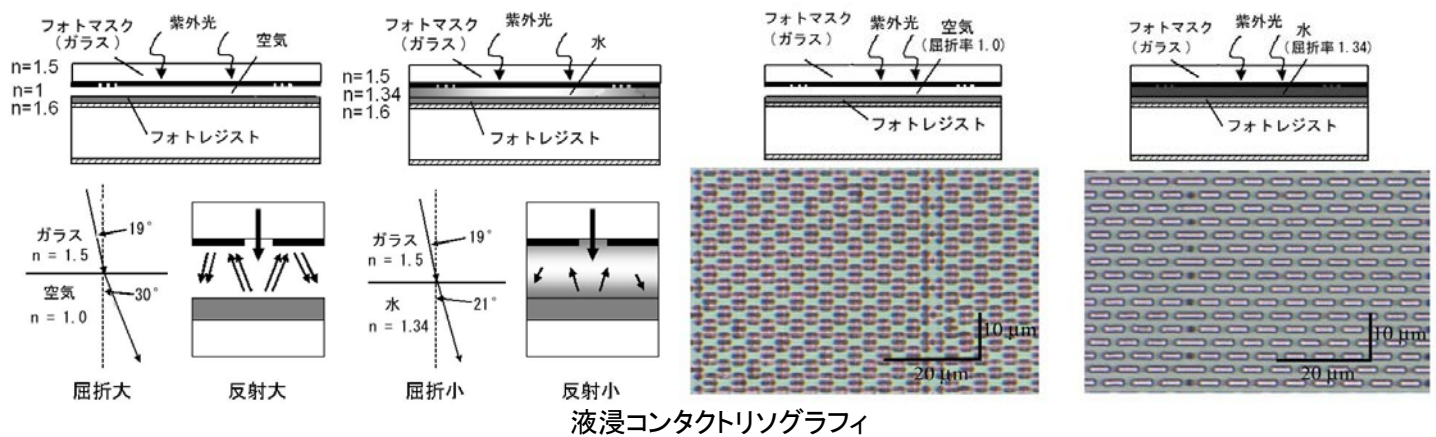
Invensense 社のジャイロ



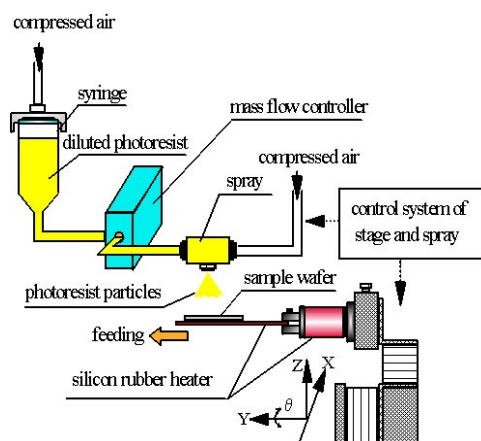
1 軸角速度センサ(ジャイロ)
2 軸加速度センサ
曙ブレーキ(株) 提供

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

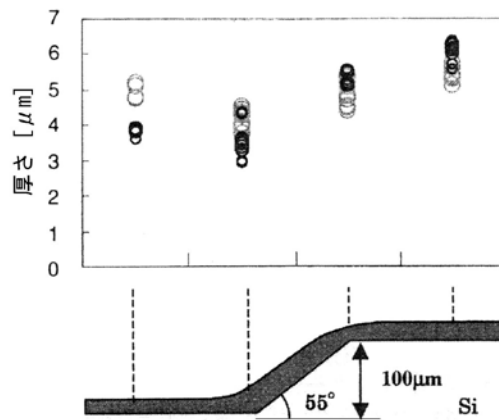
C7 パターニング



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

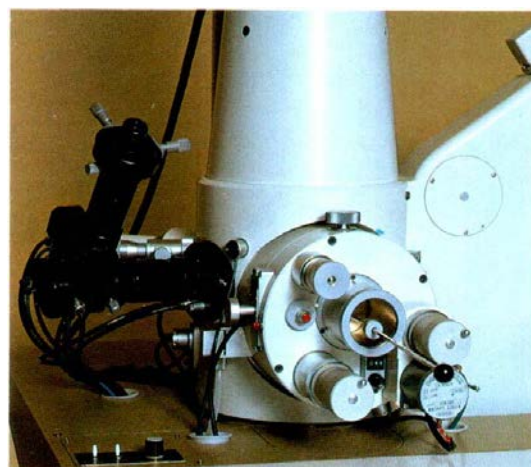
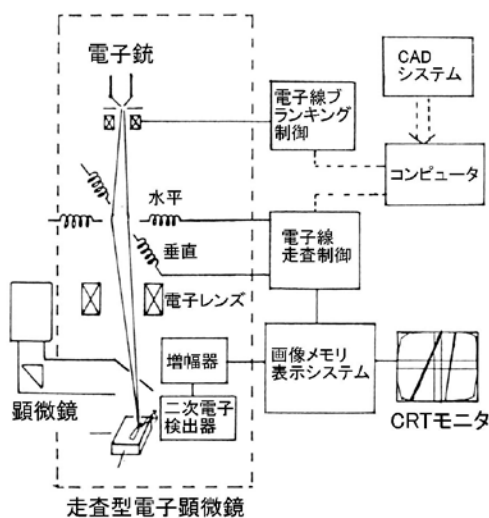


レジストのスプレーコーティング

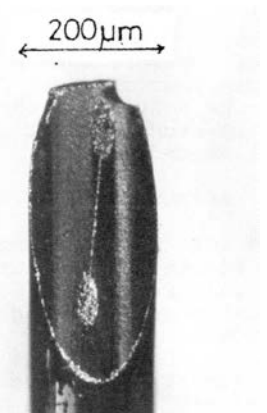


ウシオ電機

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

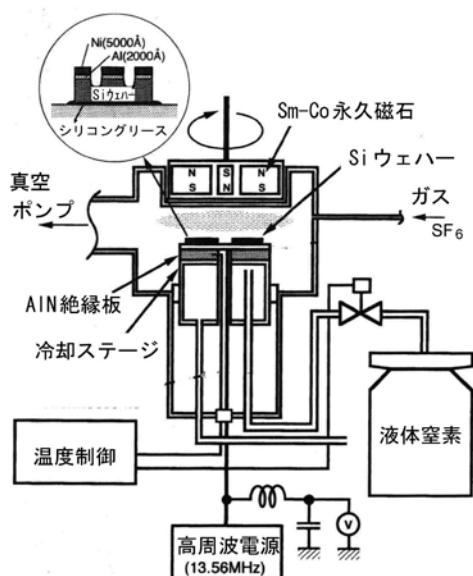


現物合わせ電子ビーム露光装置



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

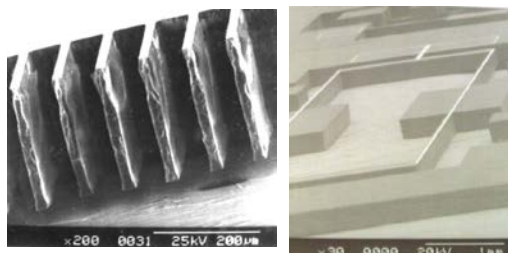
c8 エッチング (Deep RIE, XeF₂ エッチング, エッチング中厚さモニタ)



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

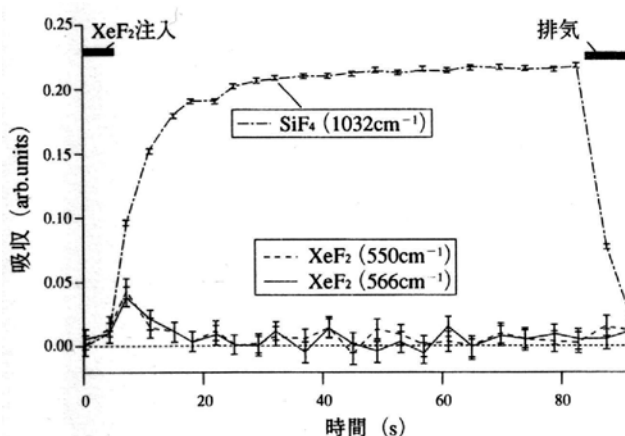
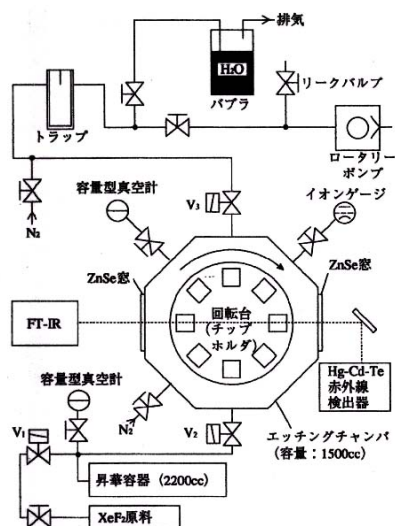
Si Deep RIE
200 μm 厚, -120°C

ポリイミド RIE
80 μm 厚, O₂ ガス



Deep RIE

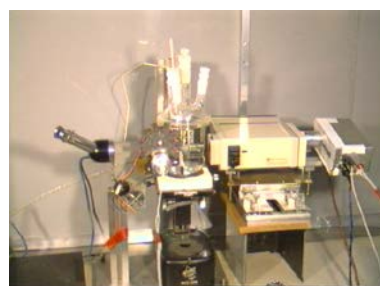
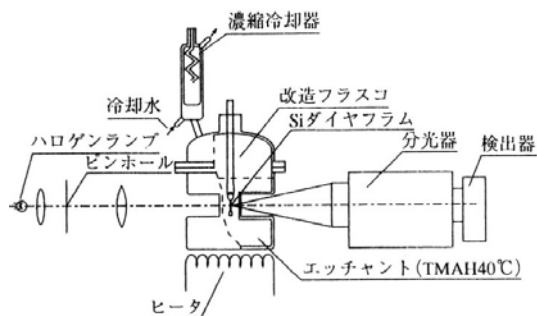
参考文献 : M.Takinami, K.Minami and M.Esashi : High-Speed Directional Low-Temperature Dry Etching for Bulk Silicon Micromachining, Technical Digest of the 11th Sensor Symposium (1992) pp.15-18



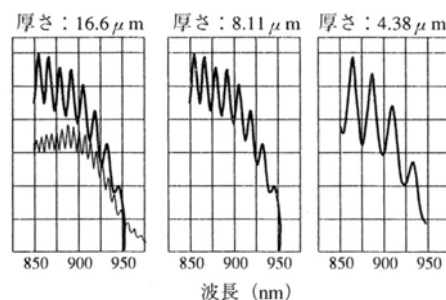
XeF₂による Siドライエッチング

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

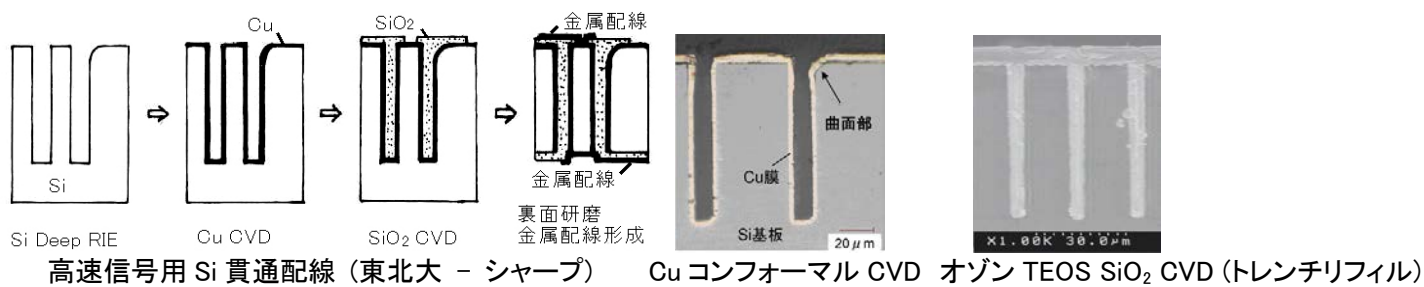


ウェットエッチング中の膜厚モニタ

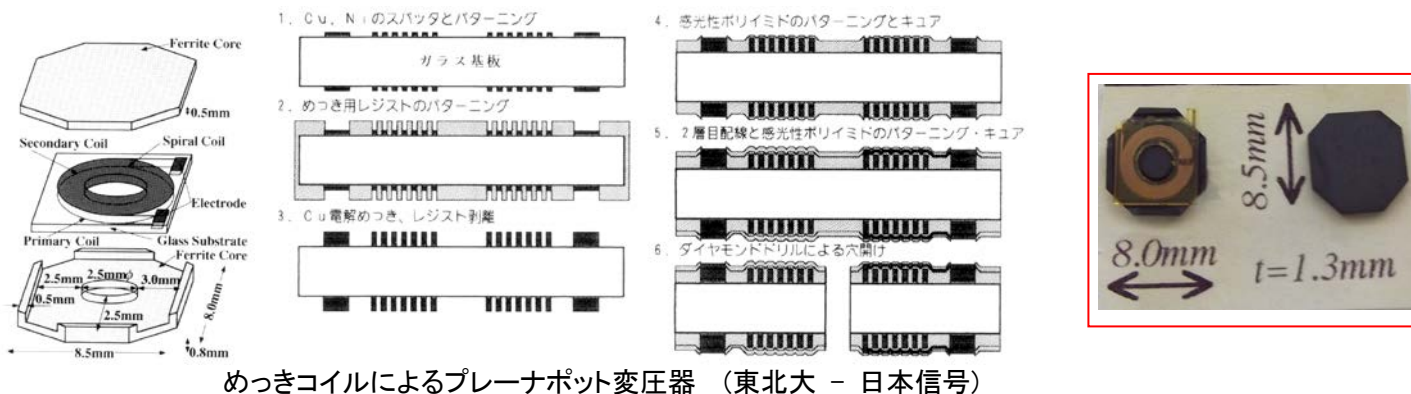


参考文献 : K.Minami, H.Tosaka and M.Esashi, Optical in-situ Monitoring of Silicon Diaphragm Thickness during Wet Etching, J. of Micromechanics and Microengineering, 5 (1995) pp.41-46

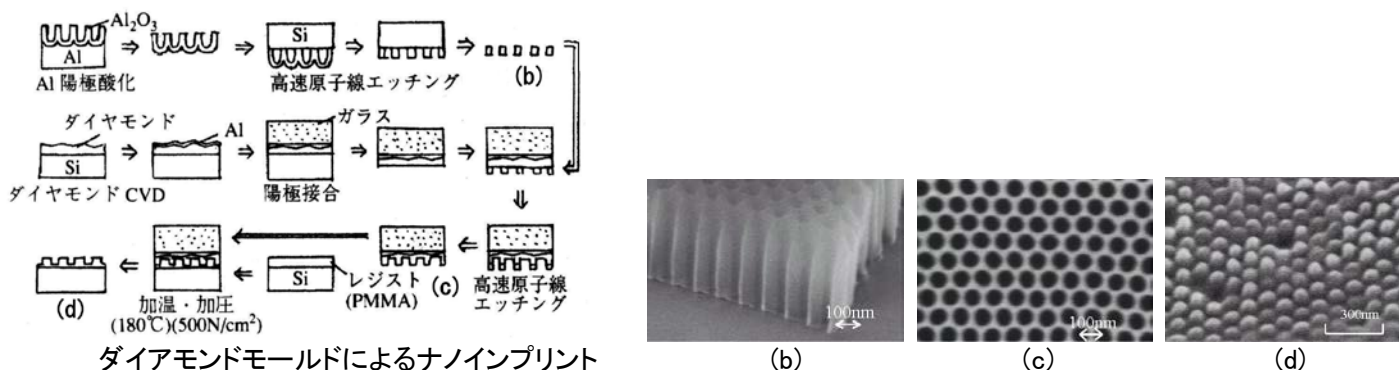
C9 堆積



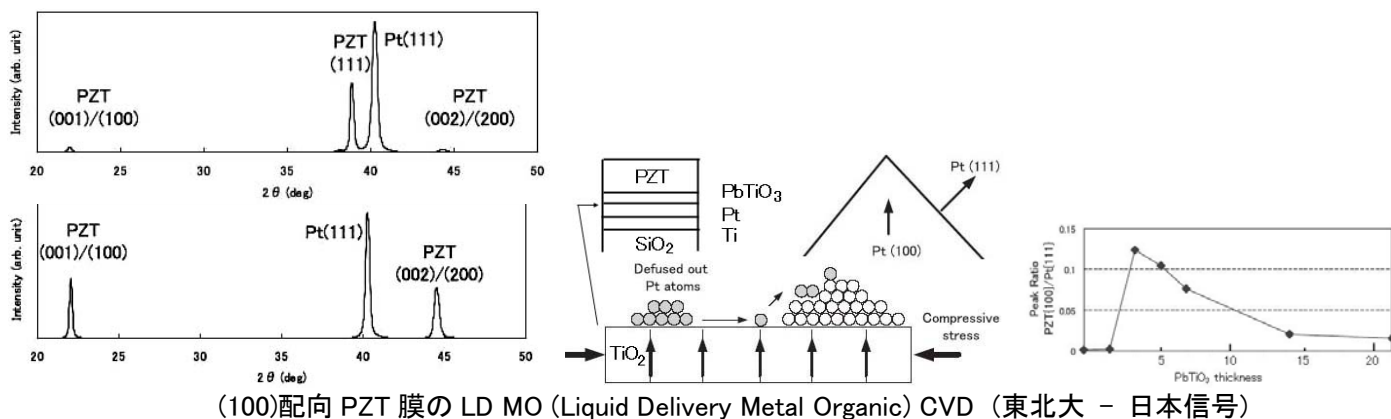
参考文献：住川雅人, 江刺正喜, 高速伝送対応の Si 貫通配線構造, 第 19 回エレクトロニクス実装学会学術講演大会, (2005) pp.117-118



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

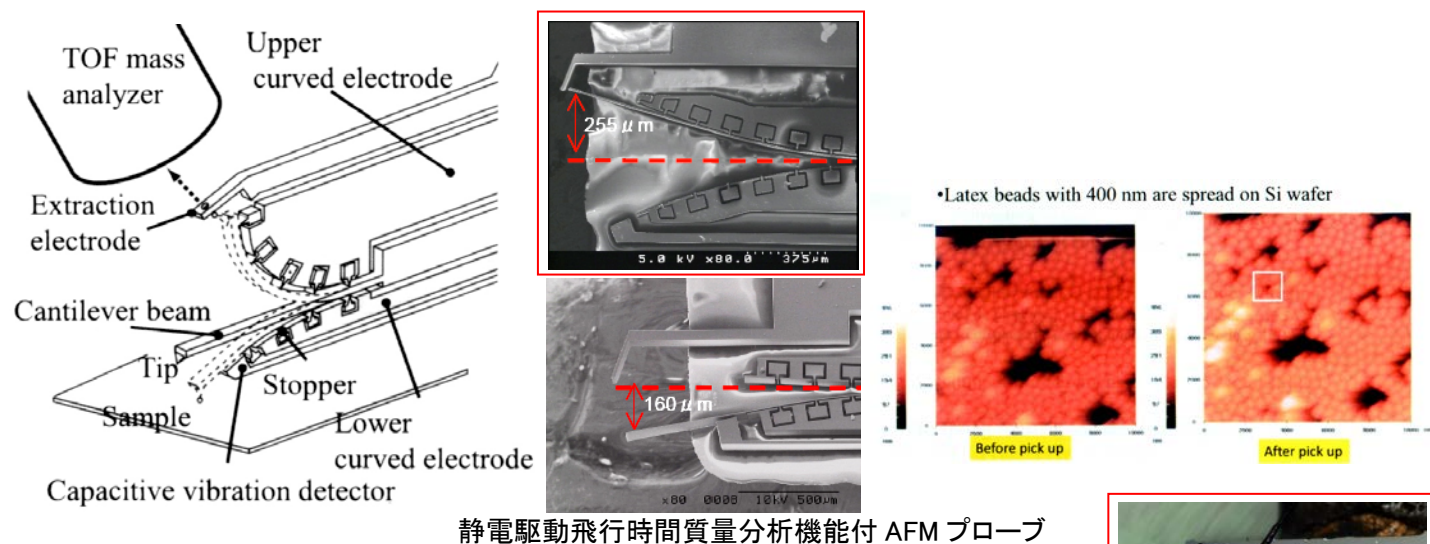


参考文献：T.Ono, C.Konoma, H.Miyashita, Y.Kanamori and M.Esashi, Pattern Transfer of Self-Ordered Structure with Diamond Mold, Jpn. J. Appl. Phys., 42, Part 1 (2003) pp.3867-3870

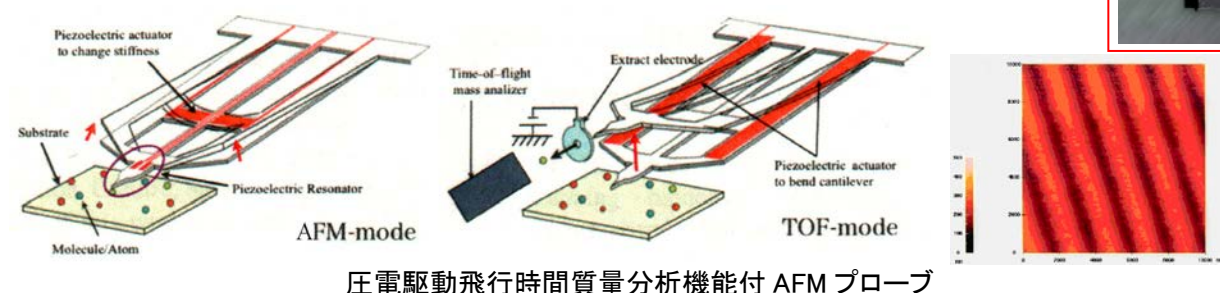


参考文献：H.Matsuo, Y.Kawai, S.Tanaka and M.Esashi, Investigation for (100)-/(001)-Oriented Pb(Zr,Ti)O₃ Films Using Platinum Nanofacets and PbTiO₃ Seeding Layer, Jap. J. Appl. Phys, 49 (2010) 061503

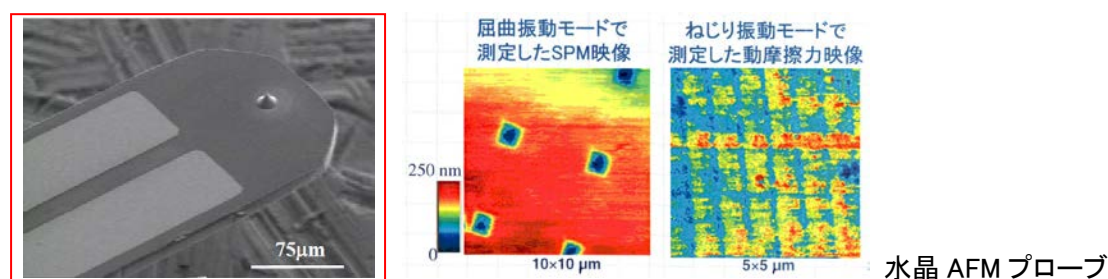
C10 走査プローブ顕微鏡(SPM)プローブ



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



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)

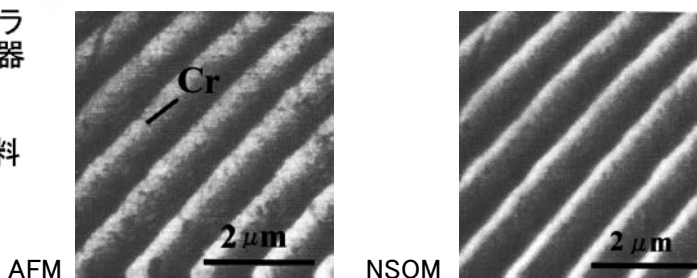
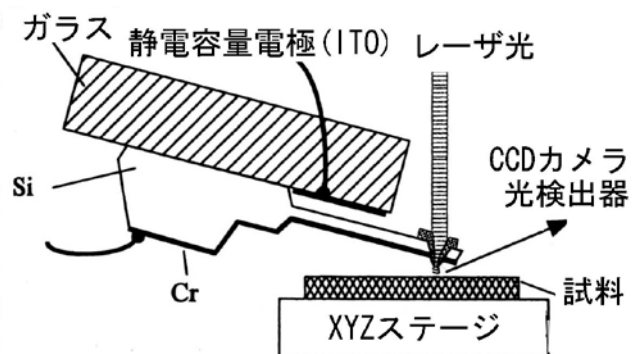
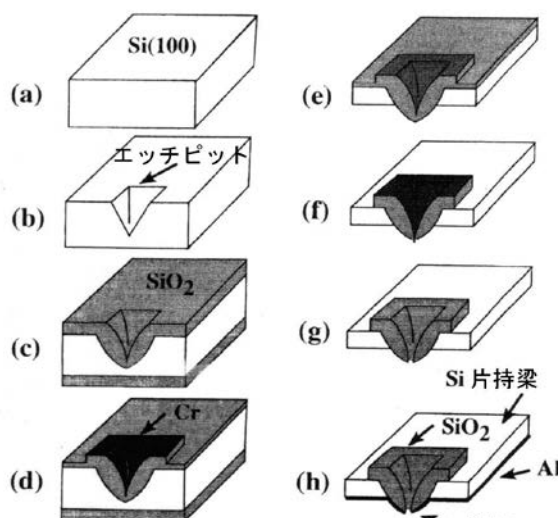
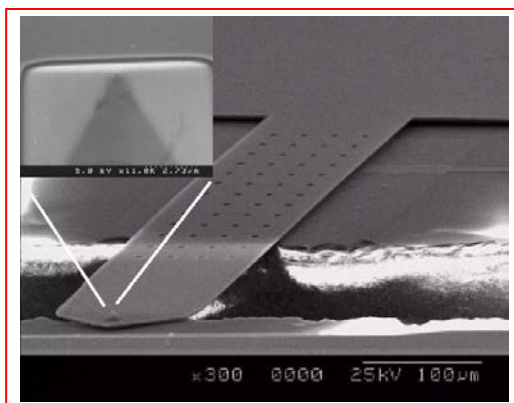


参考文献 : A.Takahashi, M.Esashi and T.Ono, Quartz-crystal Scanning Probe Microcantilevers with a Silicon Tip Based on Direct Bonding of Silicon and Quartz, Nanotechnology, 21 (2010) 405502(5pp)



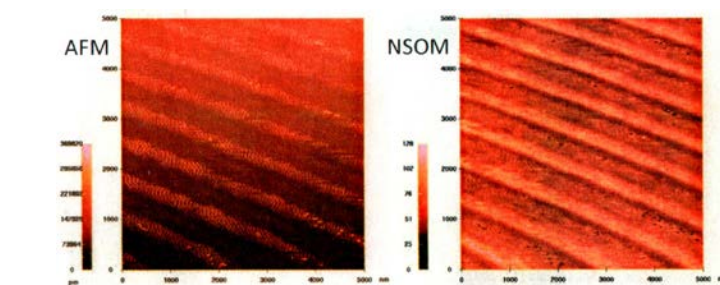
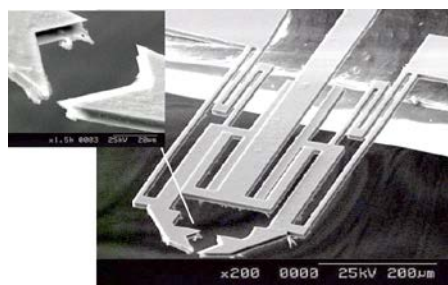
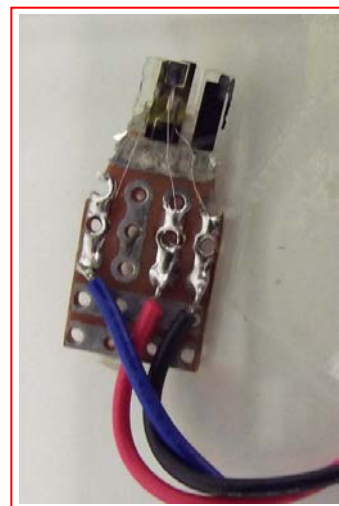
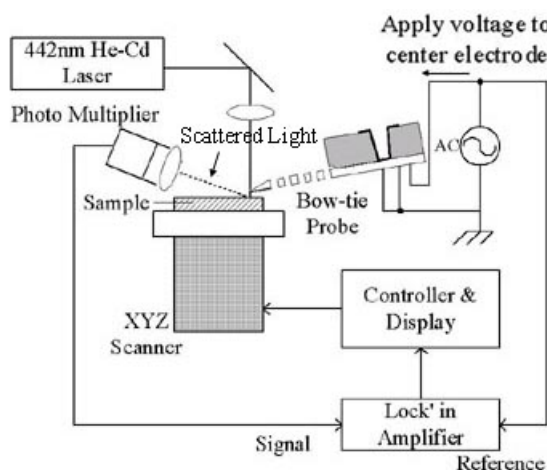
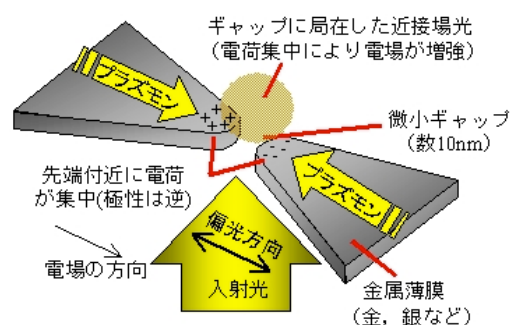
参考文献 : D.W.Lee, T.Ono and M.Esashi, High-Speed Imaging by Electro-Magnetically Actuated Probe with Dual Spring, J. of Microelectromechanical Systems, 9 (2000) pp.419-424

C11 近接場光プローブとボータアンテナ



近接場光 (NSOM) プローブ

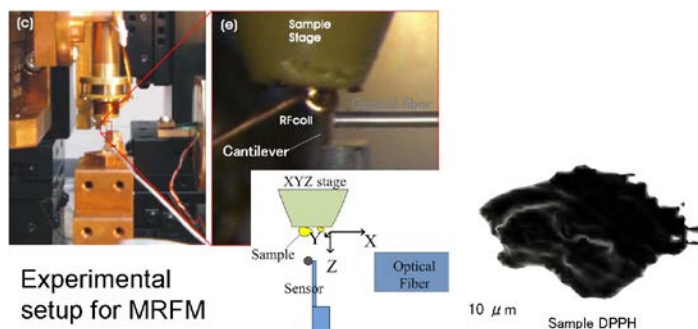
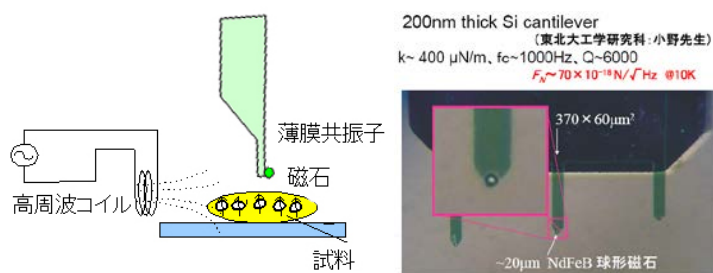
参考文献： P.N.Minh, T.Ono and M.Esashi, Microfabrication of Miniature Aperture at the Apex of SiO₂ Tip on Silicon Cantilever for Near-field Scanning Microscopy, Sensors and Actuators, A80 (2000) pp.163-169



ボータアンテナ

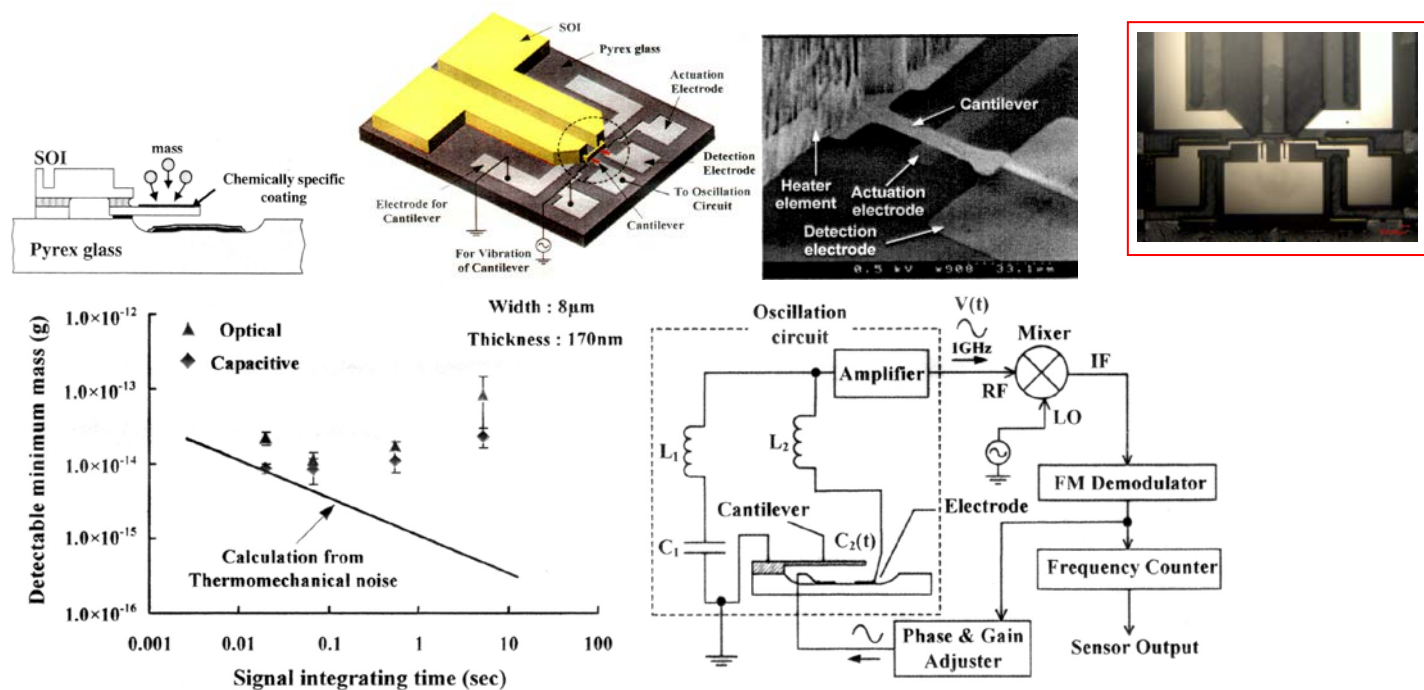
参考文献： K.Iwami, T.Ono and M.Esashi, Optical Near-Field Probe Integrated with Self-Aligned Bow-Tie Antenna and Electrostatic Actuator for Local Field Enhancement, J. of Microelectromechanical Systems, 15 (2006) pp.1201-1208

C12 薄膜共振子による高感度センサ



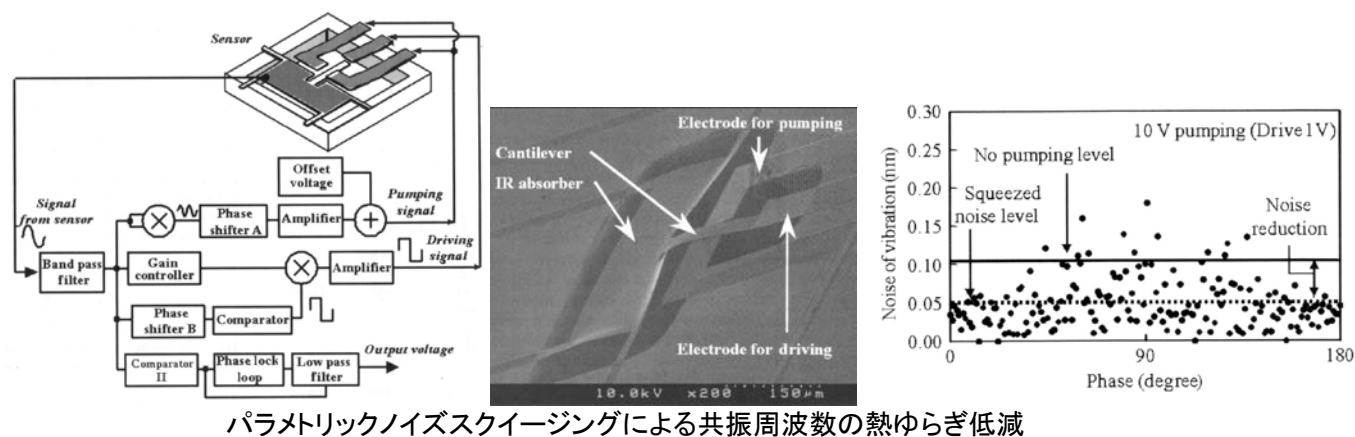
MRFM (Magnetic Resonance Force Microscope)による ESR (Electron Spin Resonance)イメージング (日本電子 - 東北大)

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

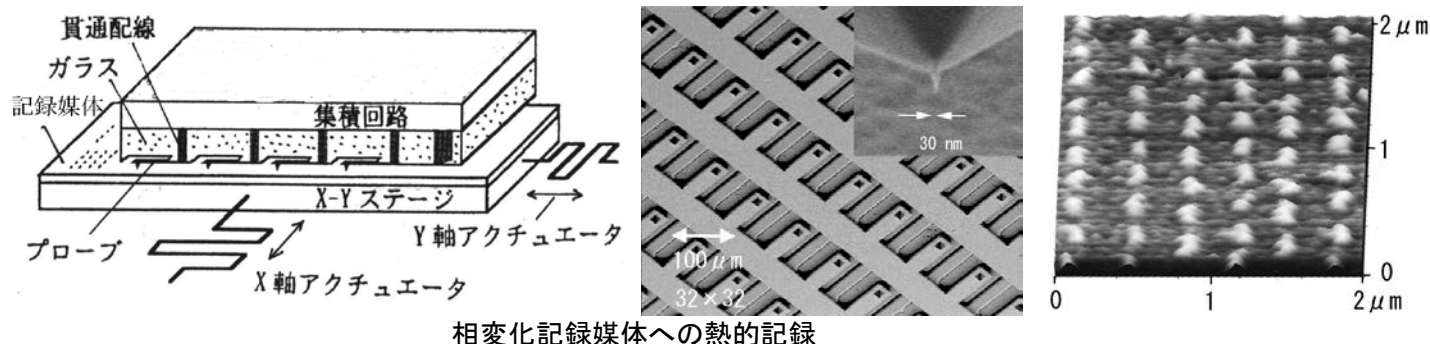
参考文献 : S.-J.Kim, T.Ono and M.Esashi, Mass Detection Using Capacitive Resonant Silicon Resonator Employing LC Resonant Circuit Technique, Rev. of Sci. Instru., 78 (2007) 085103(6)



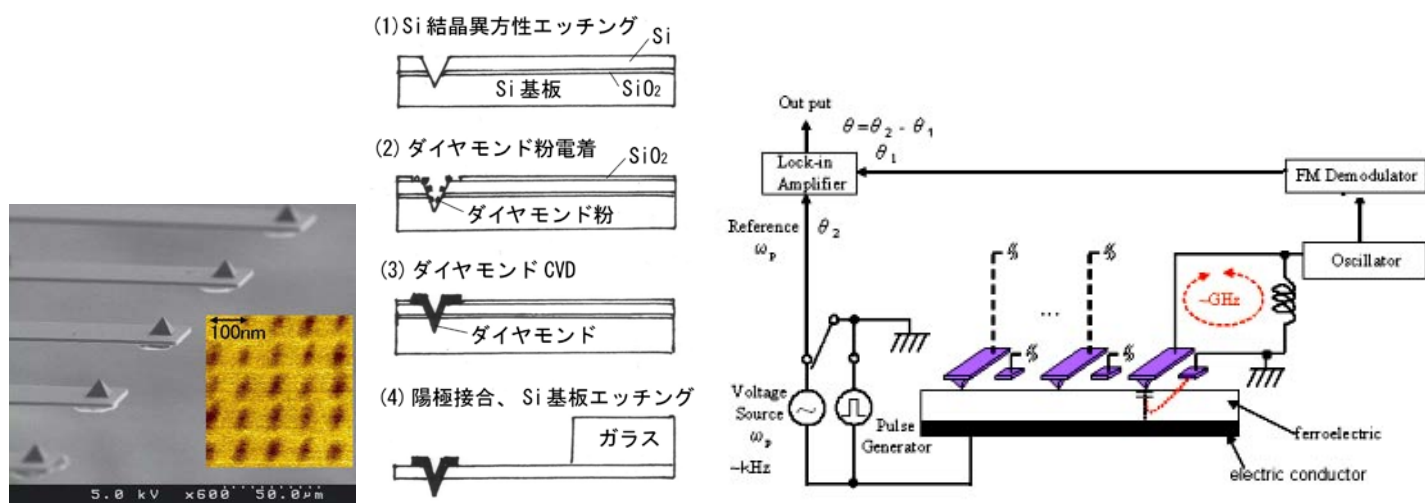
パラメトリックノイズスキューイングによる共振周波数の熱ゆらぎ低減

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

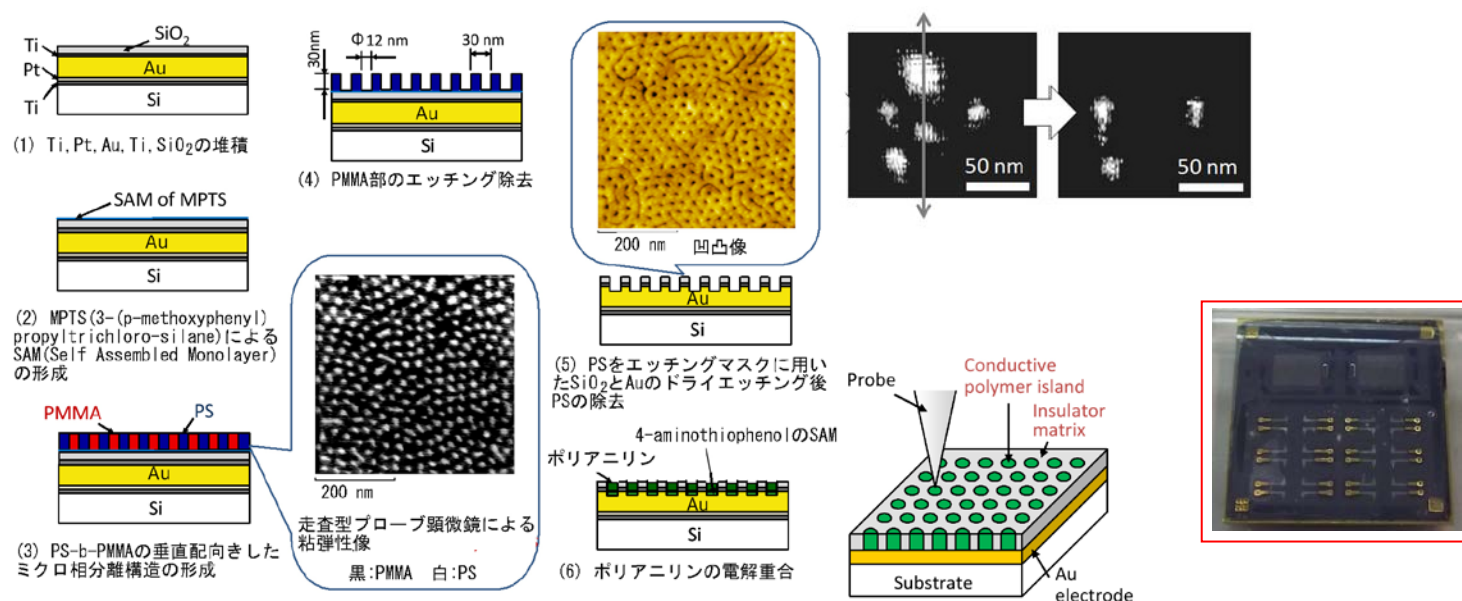


参考文献：D.W.Lee, T.Ono, T.Abe and M.Esashi, Microprobe Array with Electrical Interconnection for Thermal Imaging and Data Storage, J. of Microelectromechanical Systems, 11 (2002) pp.215-219



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)

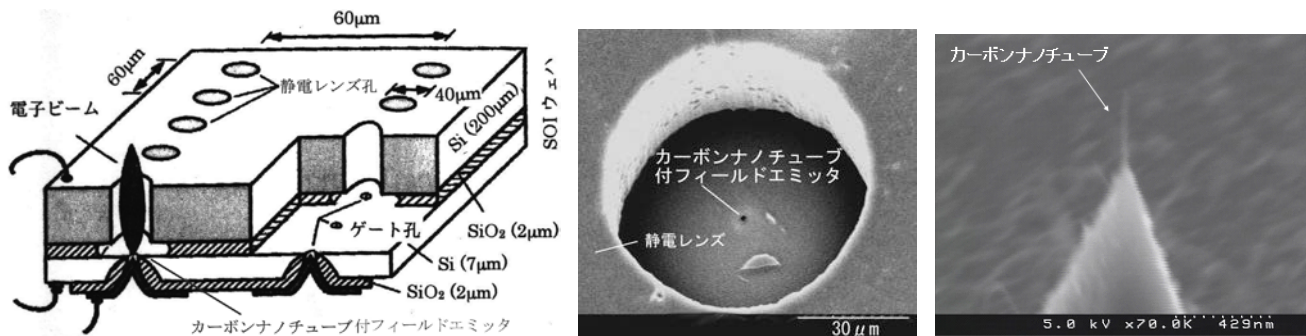
参考文献：H.Takahashi, A.Onoe, T.Ono, Y.Cho and M.Esashi, High-Density Ferroelectric Recording Using Diamond Probe by Scanning Nonlinear Dielectric Microscopy, Jap. J. of Applied Physics. 45 (2006) pp.1530-1533



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

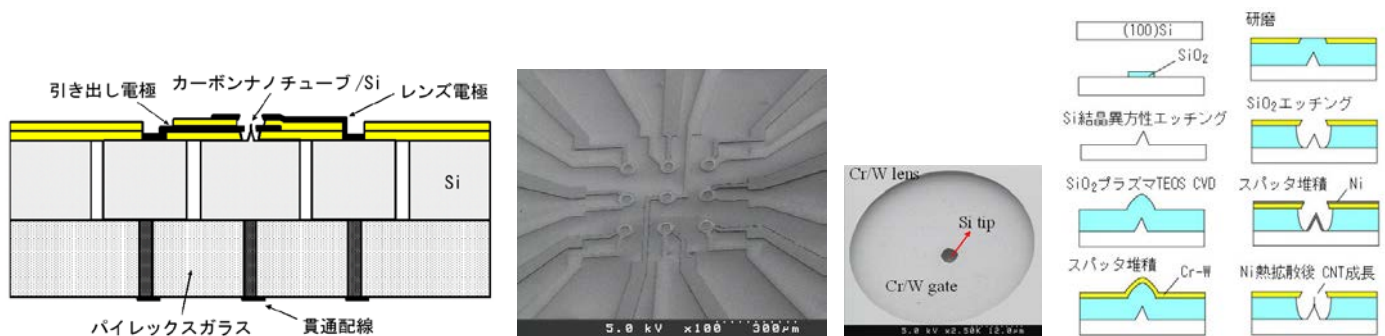
参考文献：S.Yoshida, T.Ono and M.Esashi, Conductive Polymer Patterned Media for Scanning Multiprobe Data Storage, Nanotechnology, 18 (2007) 505302(5pp)

C14 電子源



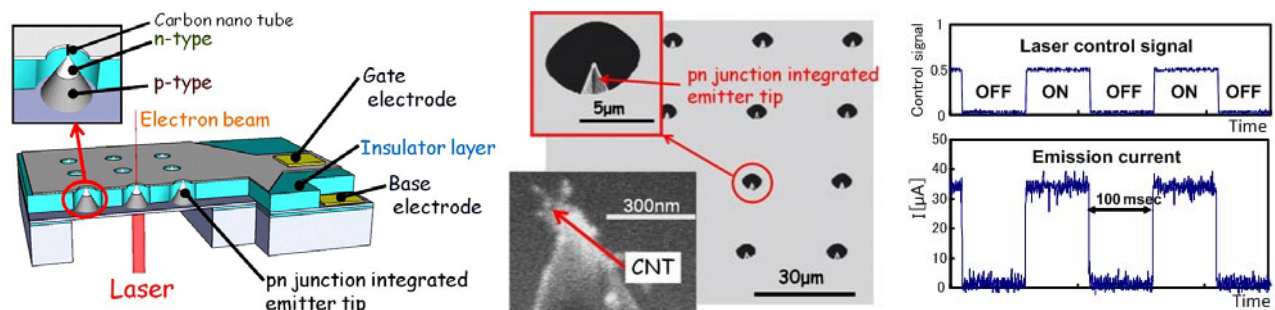
カーボンナノチューブ電子源

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



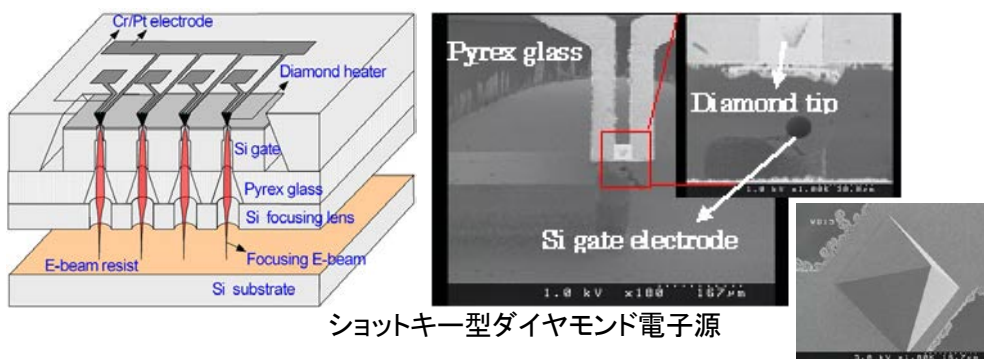
静電レンズ付カーボンナノチューブ電子源

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)

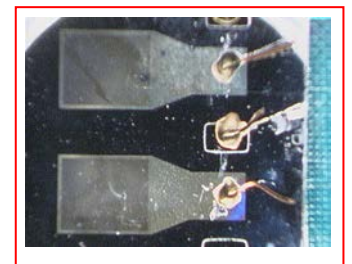


光駆動マルチ電子源

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



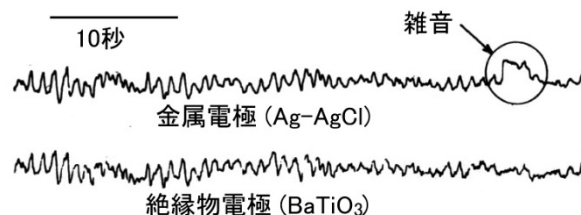
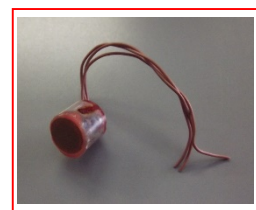
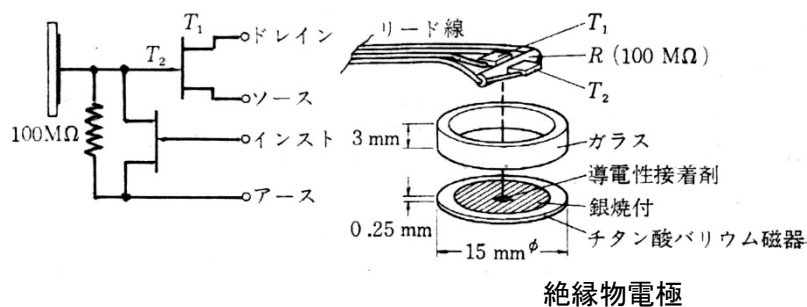
ショットキー型ダイヤモンド電子源



光駆動マルチ電子源

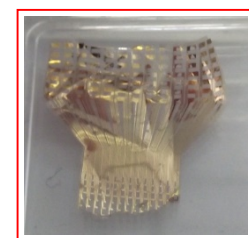
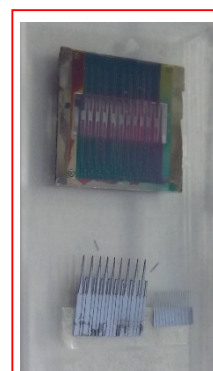
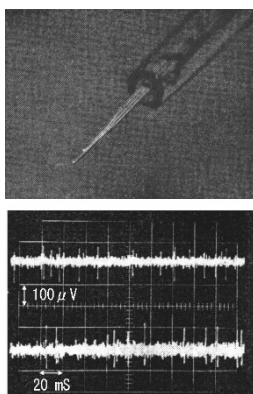
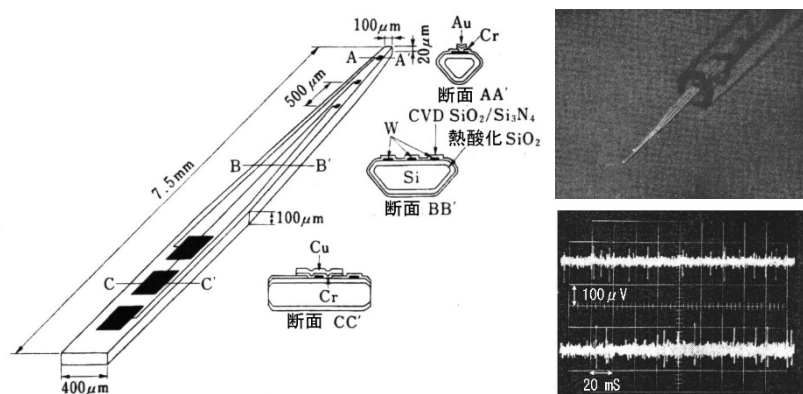
参考文献 : C.-H.Tsai, T.Ono and M.Esashi, Fabrication of Diamond Schottky Emitter Array by Using Electrophoresis Pre-treatment and Hot-filament Chemical Vapor Deposition, Diamond and Related Materials, 16 (2007) pp.1398-1402

D1 生体電位検出用電極



参考文献：松尾正之，江刺正喜，飯沼一浩，生体用絶縁物電極（チタン酸バリウム磁器を用いた生体用誘導電極），医用電子と生体工学，11（1973）pp.156-162

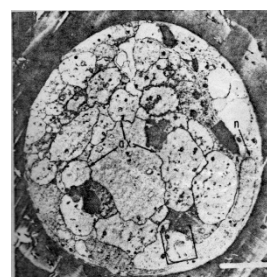
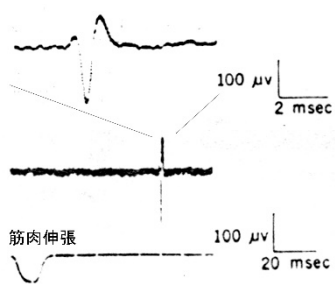
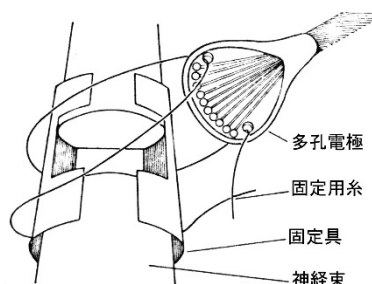
T.Matsuo, K.Iinuma and M.Esashi, A Barium-Titanate-Ceramics Capacitive-Type EEG Electrode, IEEE Trans.on Biomedical Engineering, BME-20（1973）pp.299-300



柔らかい多重電極

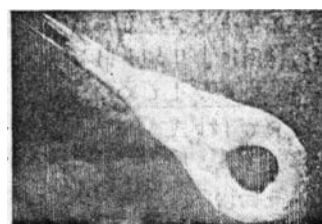
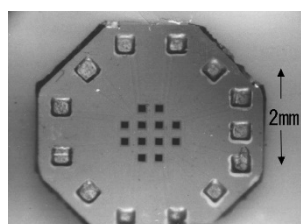
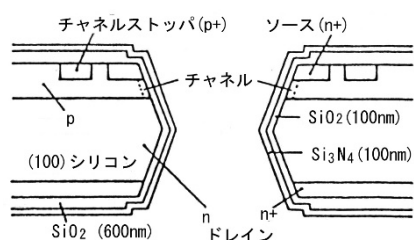
参考文献：太田好紀，江刺正喜，松尾正之，IC 技術を用いた神経インパルス多チャンネル同時誘導マルチ微小電極の試作，医用電子と生体工学，19（1981）pp.106-113

松尾正之，興津淳，江刺正喜，柔らかい生体用多重電極の試作，電気関係学会東北支部連合大会，1B11（1978）



神経再生電極（アルバータ大学 カナダ）

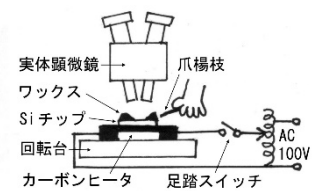
参考文献：A.Mannard, R.B.Stein and D.Charles, Regeneration Electrode Units : Implants for Recording from Single Peripheral Nerve Fibers in Freely Moving Animals, Science, 183（1974）pp.547-549



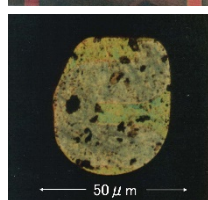
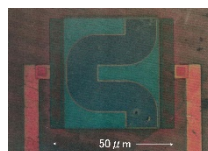
オープンゲート MOSFET 型神経再生電極

参考文献：山口淳，松尾正之，江刺正喜，神経線維束用多孔能動電極試作，第 17 回日本 ME 大会（1978）p.261

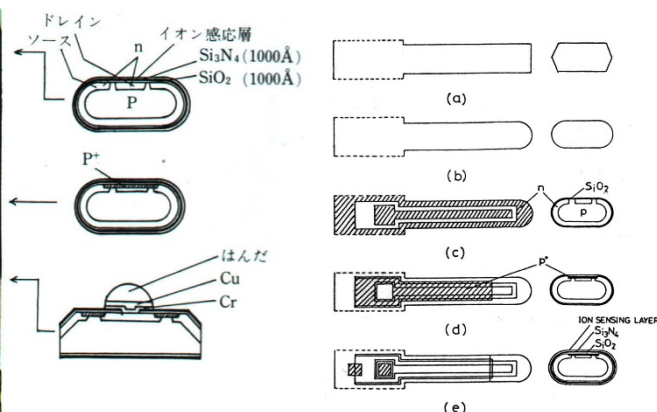
D2



医用能動電極



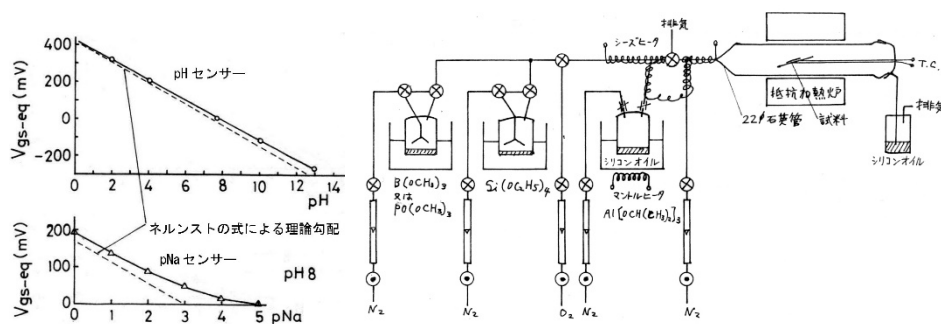
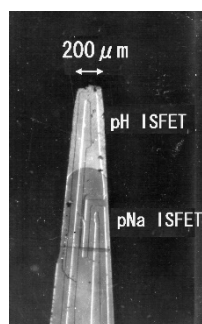
参考文献：松尾正之，江刺正喜，飯沼一浩，半導体の電界効果を用いた医用能動電極(1)，電気関係学会東北支部連合大会，(1971) p.28



ISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor)

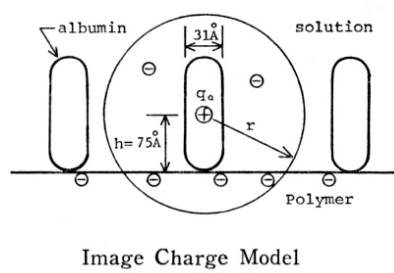
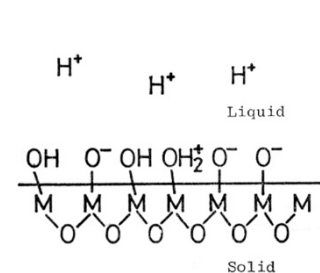
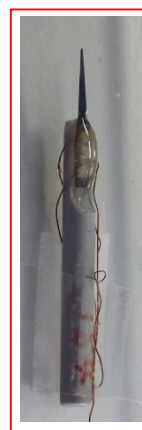


参考文献： M.Esashi and T.Matsuo, Biomedical Cation Sensor Using Field Effect of Semiconductor, J. of the Japan Soc. of Applied Physics, 44, Supplement (1975) pp.339-343

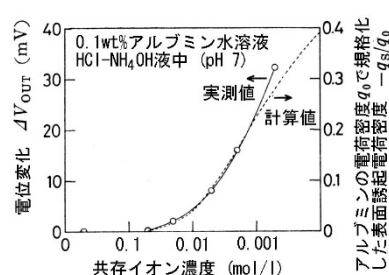


マルチイオン ISFET

参考文献： M.Esashi and T.Matsuo, Integrated Micro Multi Ion Sensor Using Field Effect of Semiconductor, IEEE Trans. on Biomedical Engineering, BME-25 (1978) pp.184-192

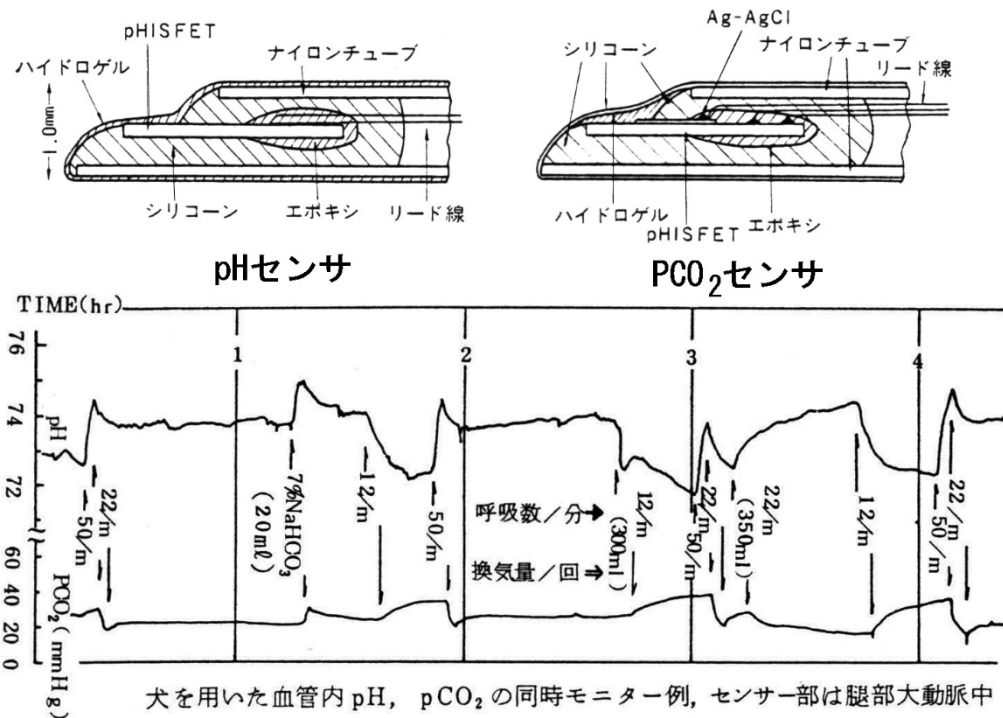


ポリマーゲート FET



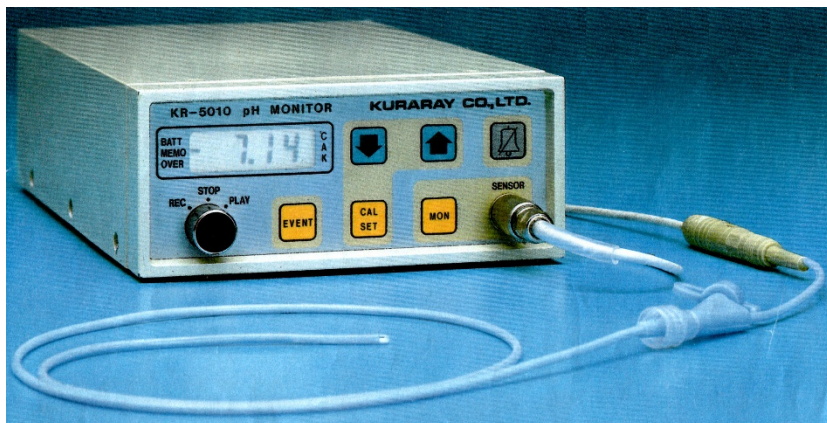
参考文献：中嶋秀樹，江刺正喜，松尾正之，有機膜ゲート ISFET の pH 応答と高分子吸着の影響，日本化学会誌，10 (1980) pp.1499-1508

D3 カテーテル pH, CO₂ センサ

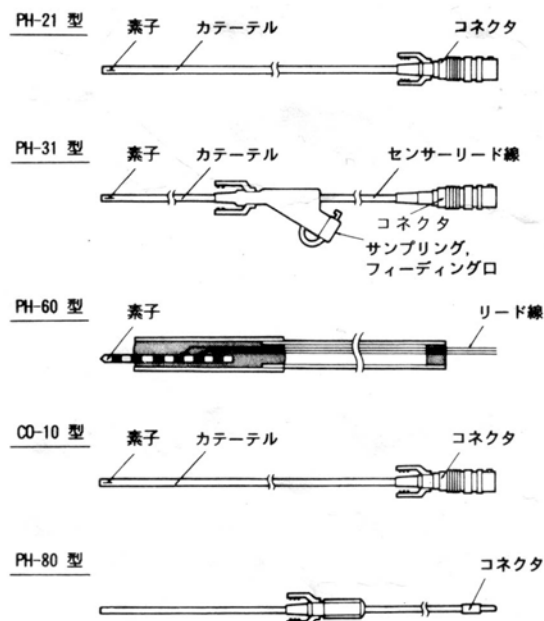


カテーテル pH, CO₂ センサ (クラレ - 東北大学)

参考文献 : K.Shimada, M.Yano, K.Shibatani, Y.Komoto, M.Esashi and T.Matsuo, Application of Catheter-tip I.S.F.E.T. for Continuous in Vivo Measurement, Med.& Biol.Eng. & Comput., 18 (1980) pp.741-745



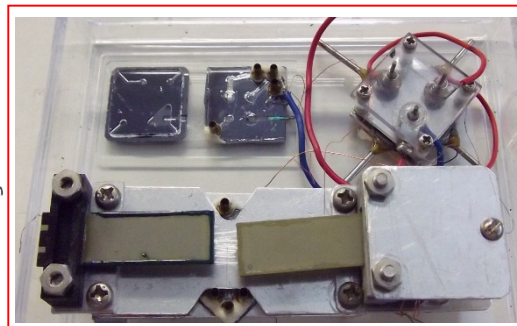
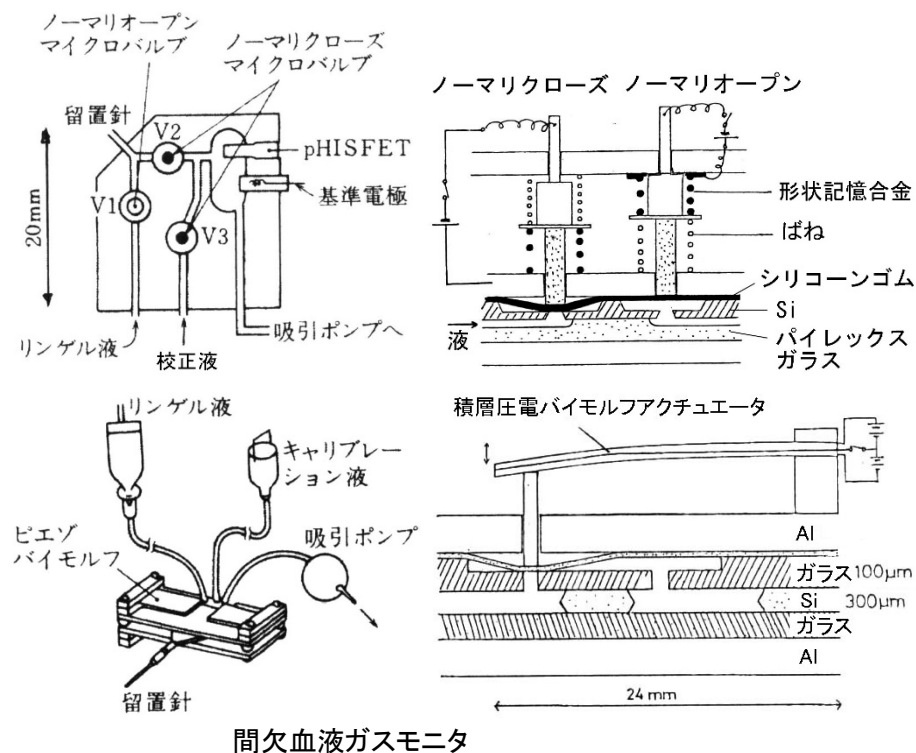
1980 年に商品化されたカテーテル pH, CO₂ センサ (クラレ, 日本光電)



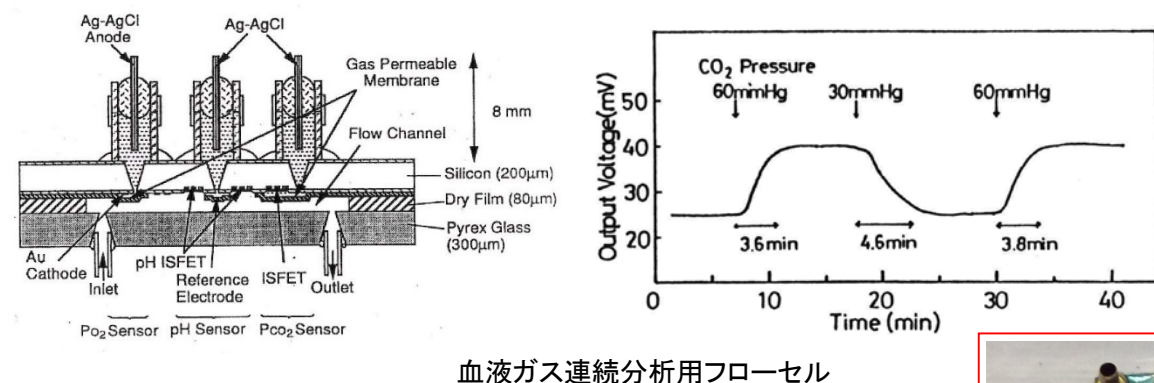
NIHON KOHDEN

型 名	主 な 用 途	品 番	寸 法 (mm)		適 合 モ ニ タ	備 考
			加 長 さ	加 直 径		
PH-21型	筋肉・組織のpH等実験研究用	PH-2135	350	1.1	KR-5000	比較電極複合
PH-31型	食道・胃のpH用	PH-3110 (成人用)	1000	2.4	KR-5000	比較電極複合
		PH-3165 (小児用)	650	2.4	KR-5010	フィーディング口付
PH-60型	口腔内のpH測定用	PH-6010	100	1.0	KR-5000	比較電極なし
PH-80型	PH-60型用の比較電極	PH-8005	50	1.1	KR-5000	
CO-10型	筋肉・組織のPCO ₂ 等実験研究用	CO-1035	350	0.9	KR-5000	比較電極複合

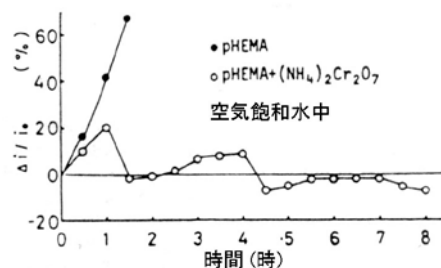
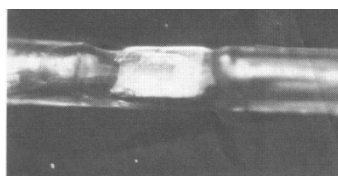
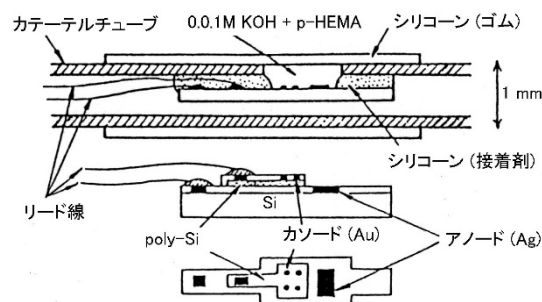
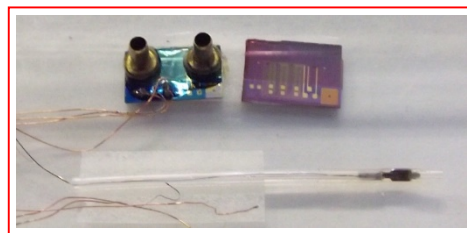
D4 間欠・連続血液ガスモニタ



参考文献 : S.Shoji, M.Esashi and T.Matsuo, Prototype Miniature Blood Gas Analyser Fabricated on a Silicon Wafer, Sensors & Actuators, 14 (1988) p.101



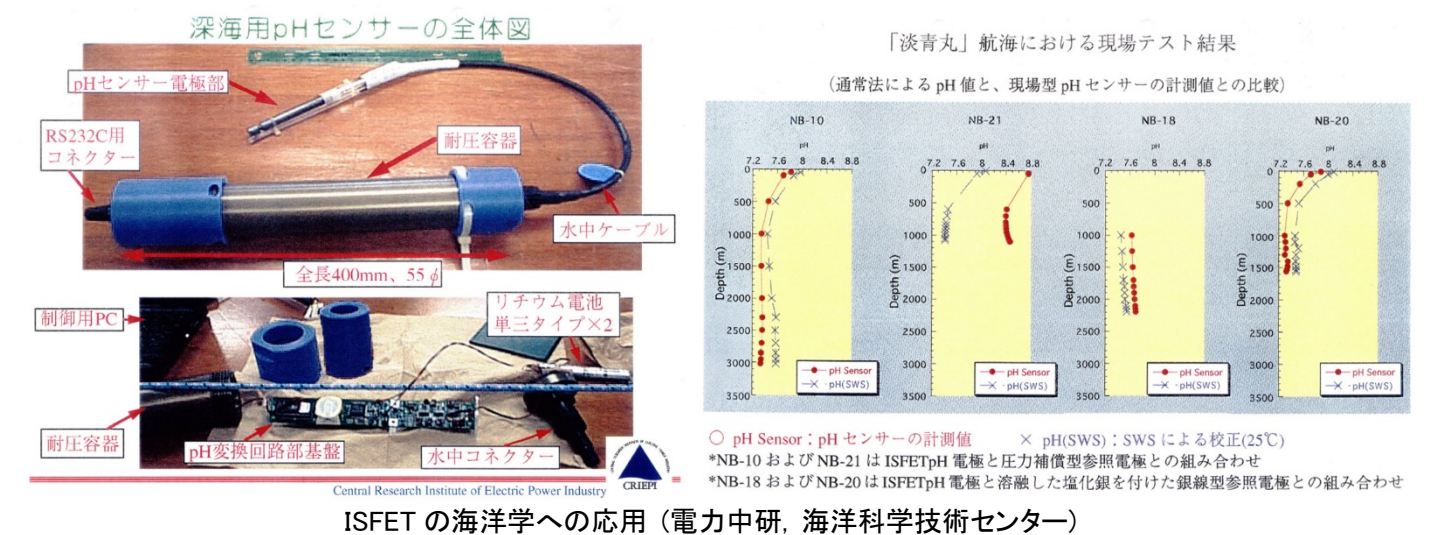
参考文献 : S.Shoji and M.Esashi, Micro Flow Cell for Blood Gas Analysis Realizing Very Small Sample Volume, Sensors and Actuators B, 8 (1992) pp.205-208



参考文献 : 江刺正喜, 西川敦彦, 松尾正之, IC 技術を用いた超小型酸素センサの試作, 電子通信学会 医用電子生体工学研究会資料, MBE81-36 (1981)



参考文献：R.Chida, K.Igarashi, K.Kamiyama, E.Hoshino and M.Esashi, Characterization of Human Dental Plaque Formed on Hydrogen-ion-sensitive Field-effect Transistor Electrodes, J. of Dental Research, 65 (1986) pp.448-451

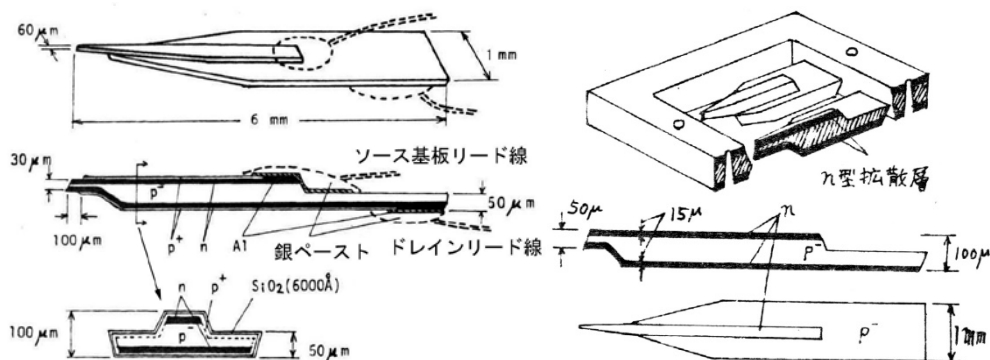


参考文献：下島公紀, 許正憲, 化学センサの海洋学への適用—ISFETを用いた深海用pHセンサの開発—, 地球科学 32, (1989) p.1

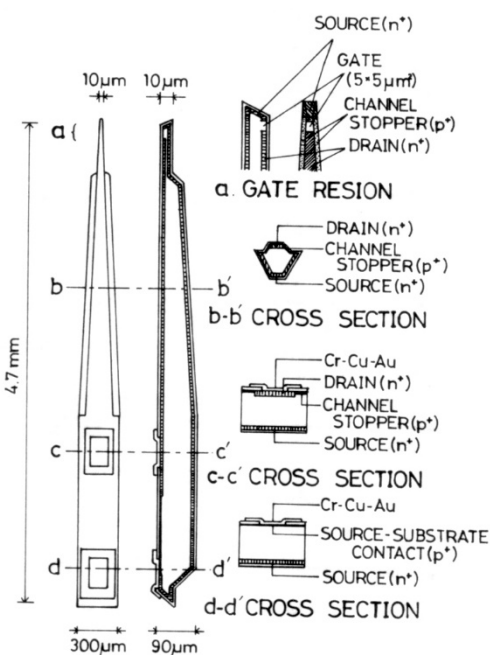


参考文献：伊藤善孝, ISFET と pH センサの開発, Chemical Sensors, 14 (1998) pp.8-17

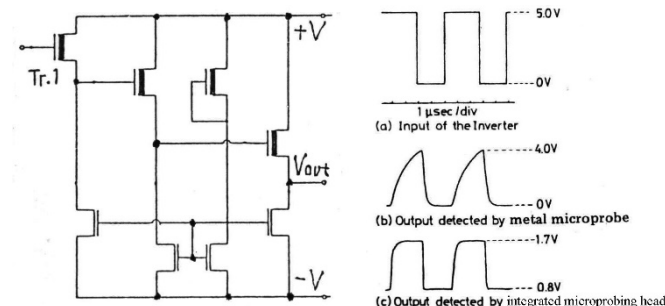
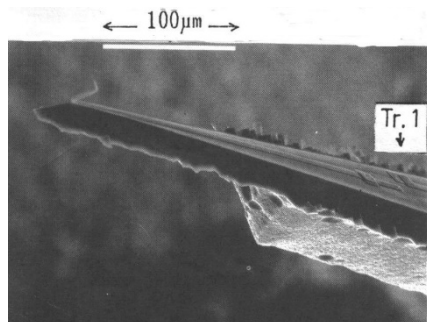
マイクロ ISFET と集積化マイクロプローブ

先端 60 μm マイクロ ISFET

参考文献：M.Esashi and T.Matsuo, Biomedical Cation Sensor Using Field Effect of Semiconductor, J. of the Japan Soc. of Applied Physics, 44, Supplement (1975) pp.339-343

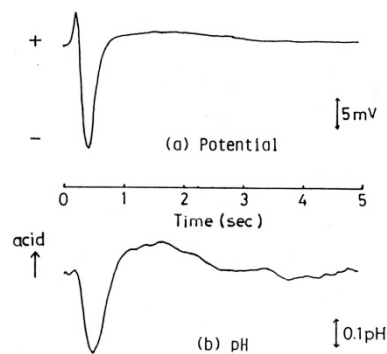
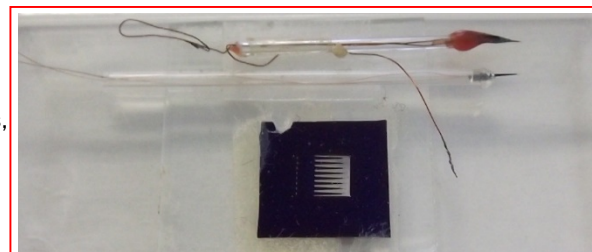
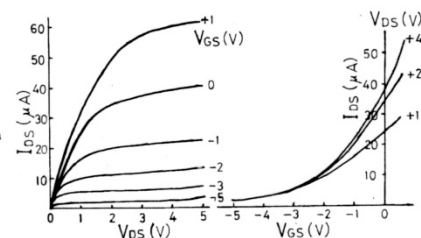
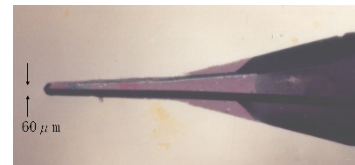
先端 10 μm マイクロ ISFET

参考文献：庄子習一，江刺正喜，松尾正之，生体用マイクロ ISFET の試作，電子通信学会論文誌 C, J68-C (1985) pp.628-634



集積化マイクロプローブ

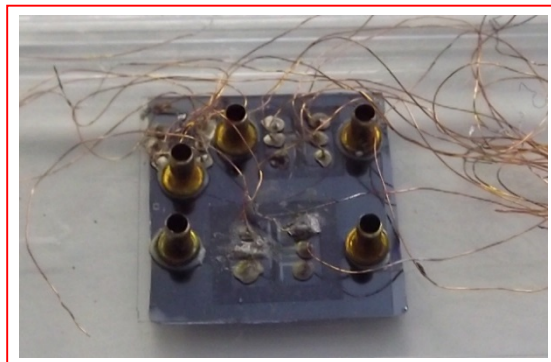
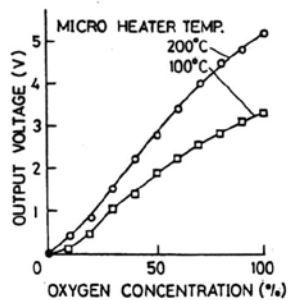
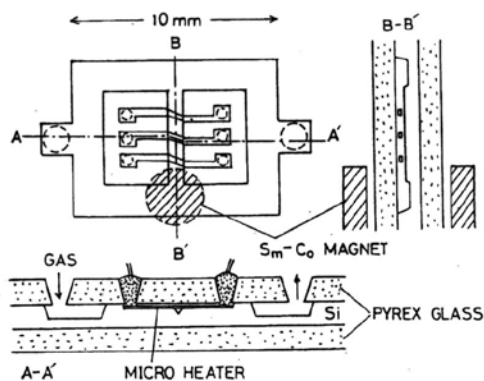
参考文献：S.Shoji, M.Esashi and T.Matsuo, Fabrication of an Integrated Micro Probing Head for Fault Analysis of MOS Integrated Circuits, Sensors & Actuators, 14 (1988) pp.125-132



光刺激による細胞の活動電位とpH変化

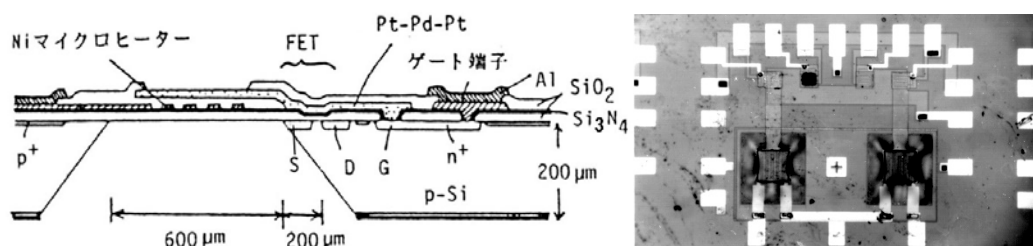


D7 ガスセンサ



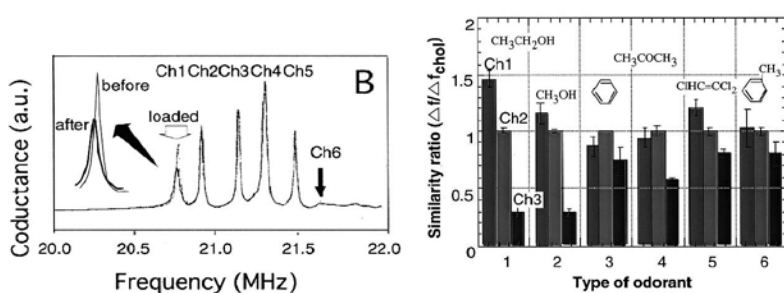
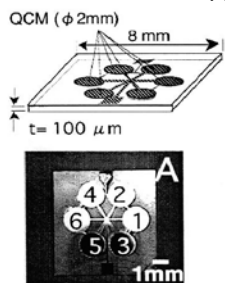
磁気式酸素センサ

参考文献：M.Esashi, Micro Flow Sensor and Integrated Magnetic Oxygen Sensor Using It, Digest of Technical Papers Transducers'91 (1991) pp.34-37



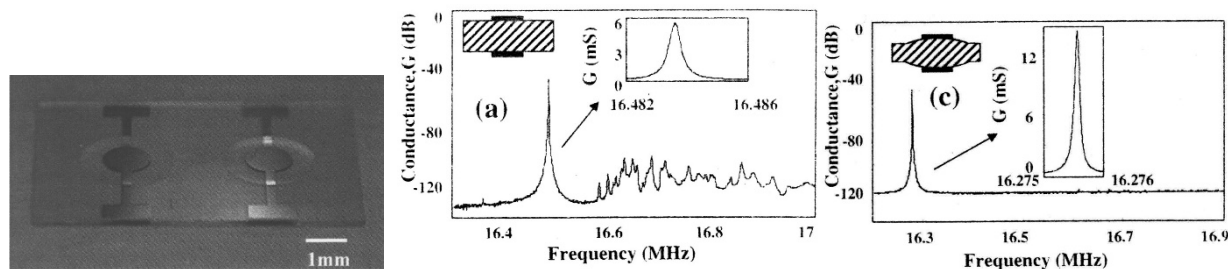
延長ゲート Pd ゲート FET (東北大 - リンシェピン工科大(スウェーデン))

参考文献：F.Enquist, M.Esashi, M.Armgarth, I.Lundstrom and T.Matsuo, Design of a High Temperature Extended Palladium-gate Field Effect Transistor for the Detection of Organic Molecules, Digest of Technical Papers, The 4th Int.Conf.on Solid State Sensors and Actuators (1987) pp.644-648



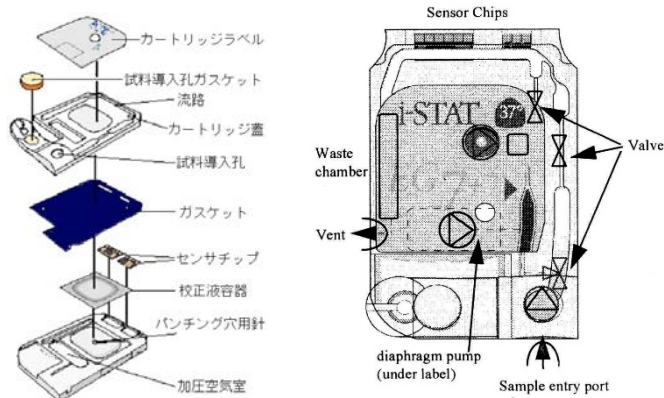
水晶の Deep RIE によるマルチ QCM

参考文献：T.Abe and M.Esashi, One-chip Multichannel Quartz Crystal Microbalance (QCM) Fabricated by Deep RIE, Sensors and Actuators, A82 (2000) pp.139-143

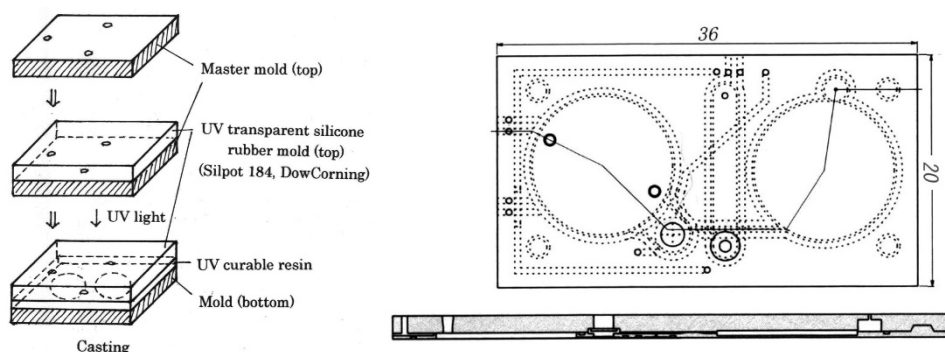


Bi-convex QCM

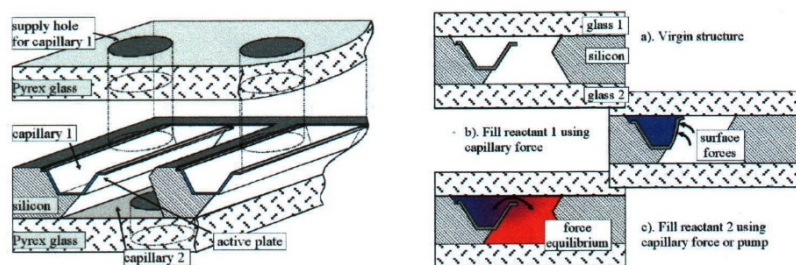
参考文献：L.Li, T.Abe and M.Esashi, Fabrication of Miniaturized Bi-convex Quartz Crystal Microbalance Using Reactive Ion Etching and Melting Photoresist, Sensors & Actuators A, 114 (2004) pp.496-500



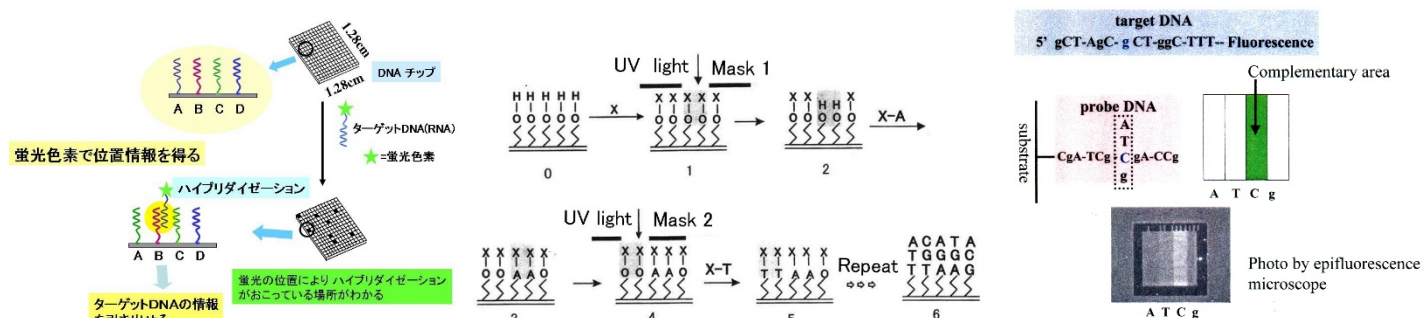
参考文献 : I.R.Larks, Microfabricated Biosensors and Microanalytical Systems for Blood Analysis, Acc. Chem. Res., 31 (1998) pp.317-324



参考文献 : K.Sawa and M.Esashi : Micromolding of Disposable Polymer Parts for Medical Diagnostics, Technical Digest of the 18th Sensor Symposium (2001) pp.229-232

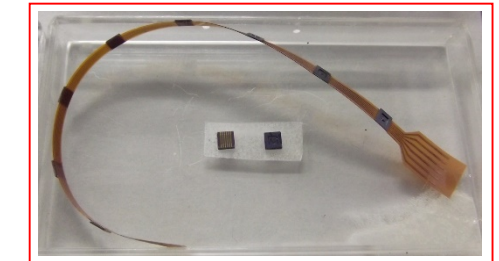
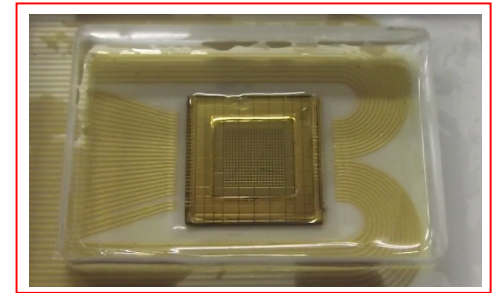
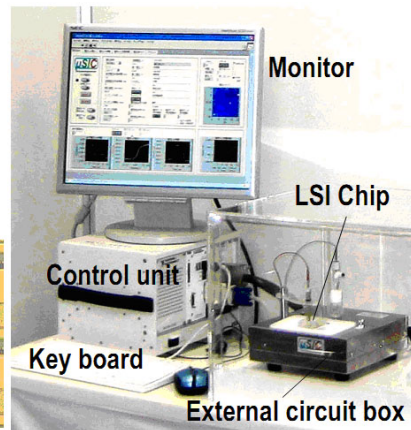
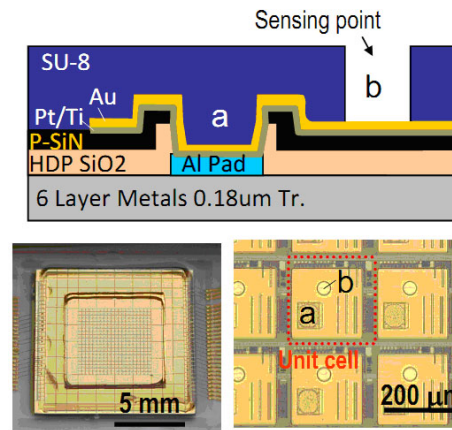


参考文献：R.U.Seidel, D.Y.Sim, W.Menz and M.Esashi, A New Approach to On-Site Liquid Analysis, Sensors and Materials, 12 (2000) pp.57-68

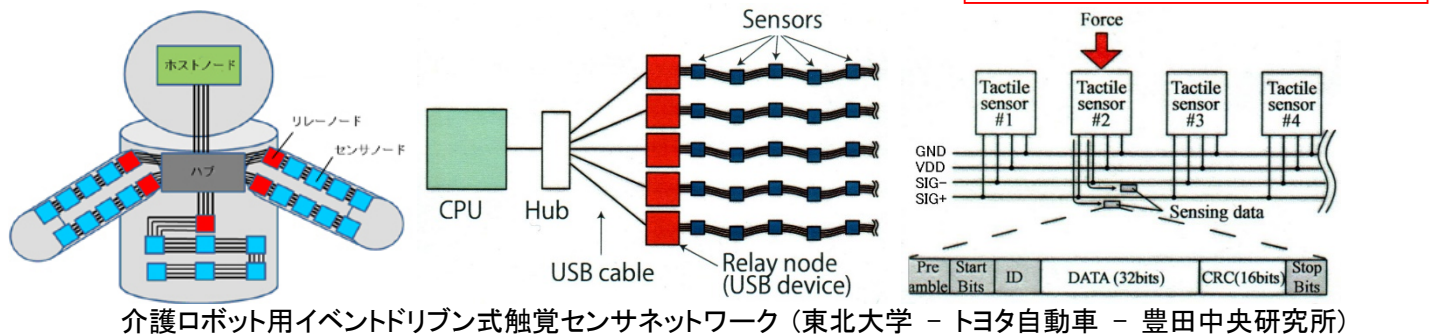


参考文献：K.Takahashi, K.Seio, M.Sekine, O.Hino and M.Esashi, A Photochemical/chemical Direct Method of Synthesizing High-performance Deoxyribonucleic Acid Chips for Rapid and Parallel Gene Analysis, *Sensors and Actuators*, B83 (2002) pp.67-76

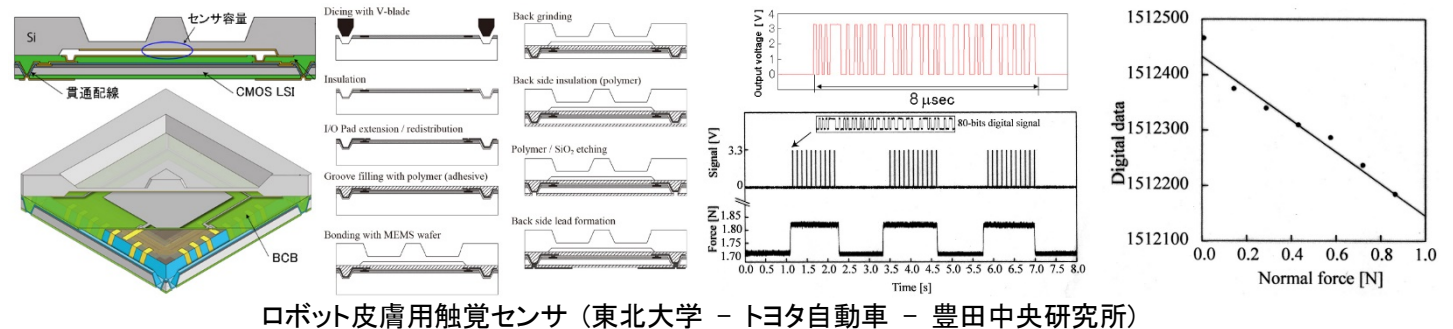
D9 バイオ LSI と触覚センサネットワーク (先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム)



バイオ LSI (東北大 末永)

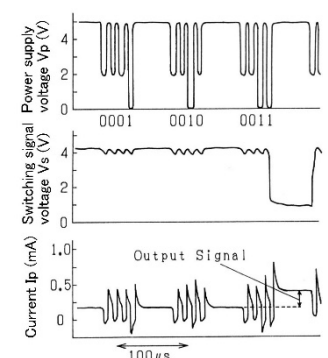
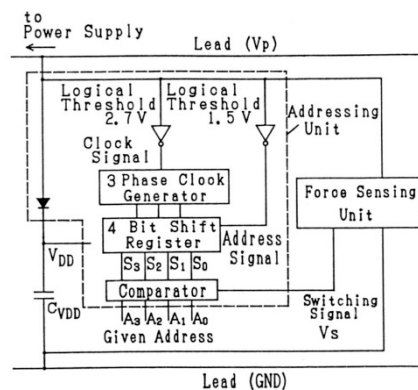
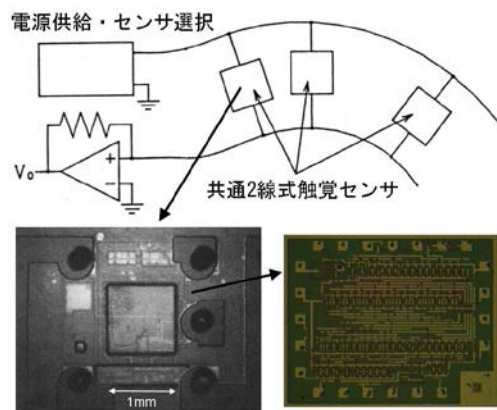


介護ロボット用イベントドリブン式触覚センサネットワーク (東北大学 - トヨタ自動車 - 豊田中央研究所)



ロボット皮膚用触覚センサ (東北大学 - トヨタ自動車 - 豊田中央研究所)

参考文献：室山真徳, 巻幡光俊, 中野芳宏, 松崎栄, 山田整, 山口宇唯, 中山貴裕, 野々村裕, 藤吉基弘, 田中秀治, 江刺正喜, ロボット全身分布型触覚センサシステム用LSIの開発, 電気学会論文誌E, 131 (2011) pp.302-309

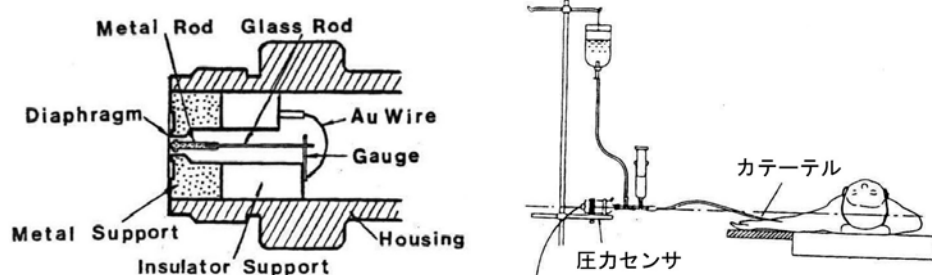


ポーリング式共通 2 線式触覚センサネットワーク

参考文献：S.Kobayashi, T.Mitsui, S.Shoji and M.Esashi, Two-Lead Tactile Sensor Array Using Piezo-resistive Effect of MOS Transistor, Technical Digest of the 9th Sensor Symposium (1990) pp.137-140

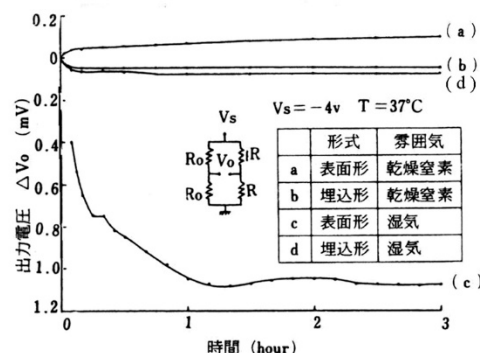
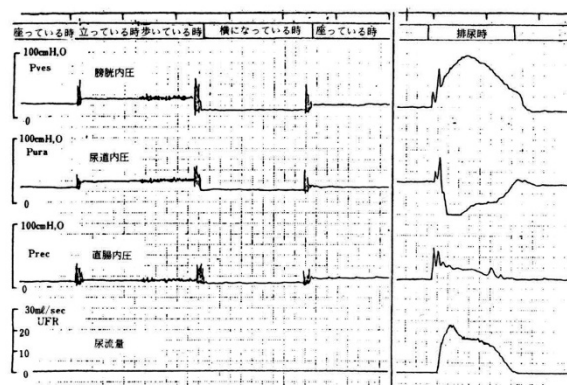
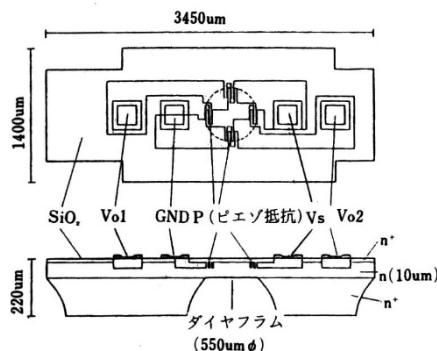
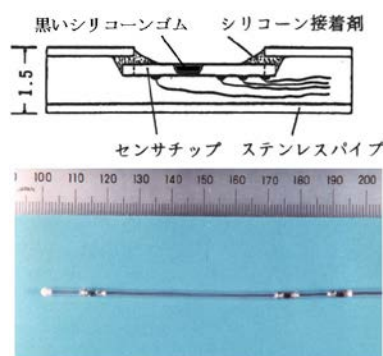
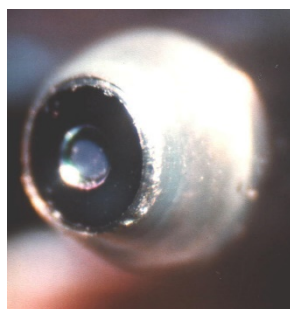
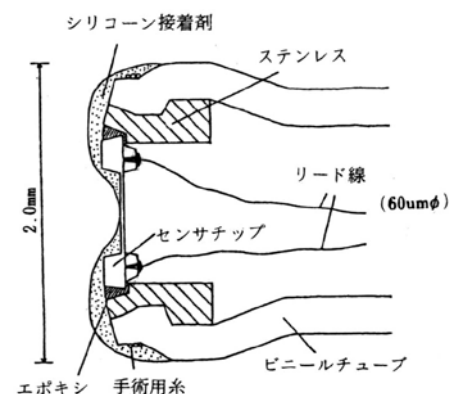
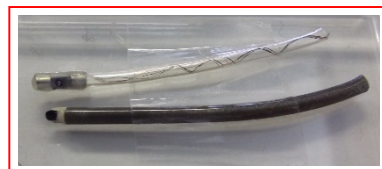


D10 カテーテル血圧センサ



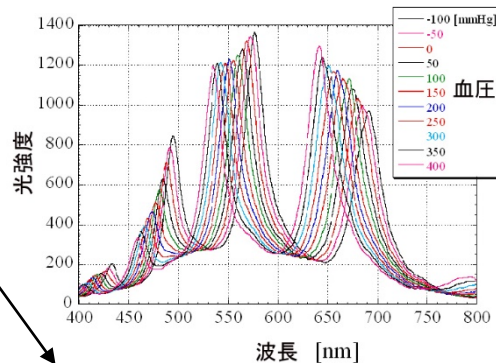
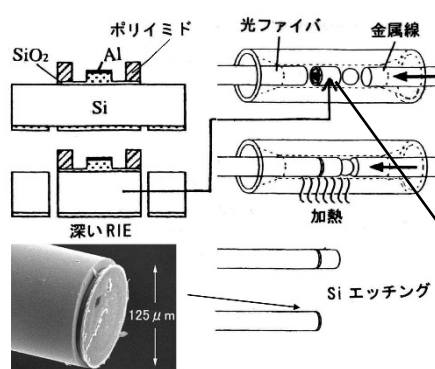
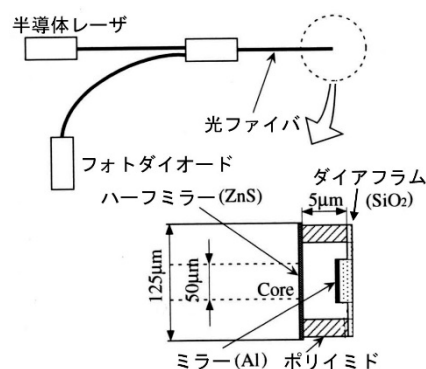
液封カテーテルによる血圧トランスデューサ (日本光電 - 東北大)

参考文献：小沢秀夫, 渋谷哲男, 武田朴, 兵後充史, 関口哲志, 江刺正喜, 血圧トランスデューサの性能改善, 第 25 回日本 ME 学会大会, 3-PF-3 (1986)



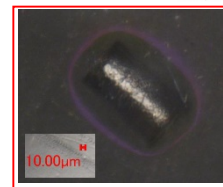
ピエゾ抵抗型マルチ圧センサカテーテル (東北大 - 日本光電)

参考文献：M.Esashi, H.Komatsu, T.Matsuo, M.Takahashi, T.Takishima, K.Imabayashi and H.Ozawa, Fabrication of Catheter-tip and Sidewall Miniature Pressure Sensors, IEEE Trans. on Electron Devices, ED-29 (1982) pp.57-63

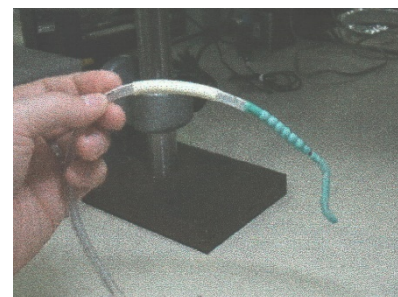
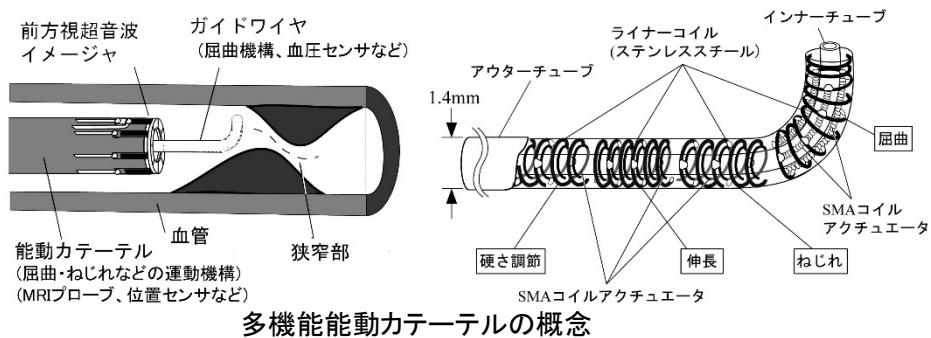


極細光ファイバ血圧センサ

参考文献：T.Katsumata, Y.Haga, K.Minami and M.Esashi Micromachined, 125 μ m Diameter Ultra Miniature Fiber-Optic Pressure Sensor for Catheter, 電気学会論文誌E, 120-E (2000) pp.58-63

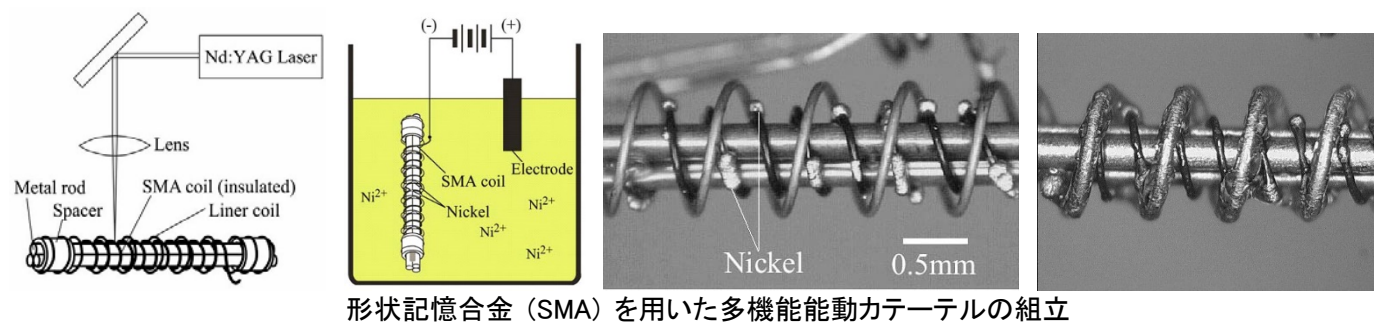


D11 能動カテーテル

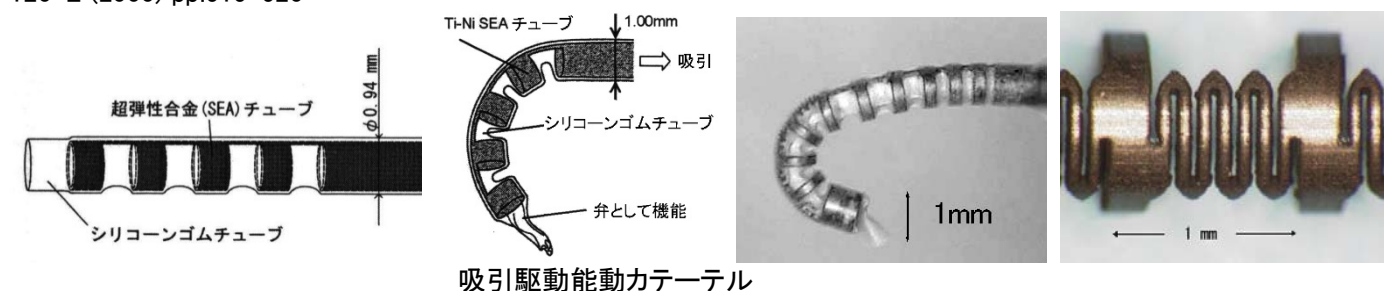


能動イレウスチューブ

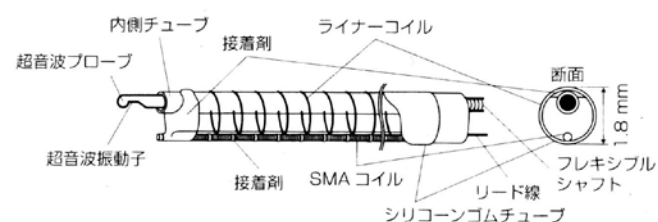
参考文献：Y.Haga and M.Esashi, Biomedical Microsystems for Minimally Invasive Diagnosis and Treatment, Proc. of the IEEE, 92 (2004) pp.98-114



参考文献：芳賀洋一，江刺正喜，屈曲、ねじれ、伸長能動カテーテルの電気めっきによる組み立て，電気学会論文誌E, 120-E (2000) pp.515-520



参考文献：Y.Muyari, Y.Mineta, T.Mineta and M.Esashi, Development of Hydraulic Suction Type Active Catheter Using Super Elastic Alloy Tube, Proc. of the 20th Sensor Symposium (2003) pp.57-60

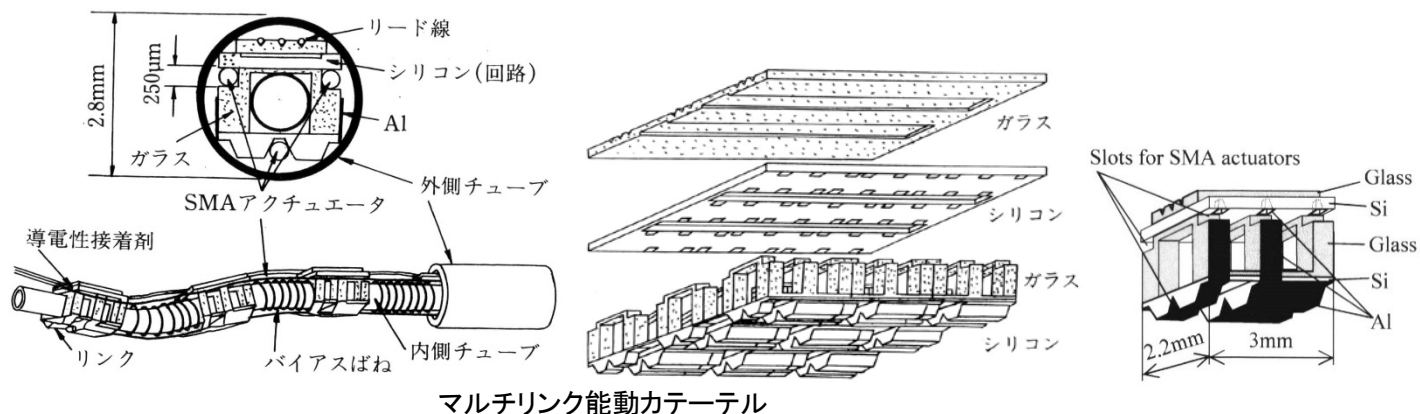


SMA 能動屈曲機構を備えた細径超音波内視鏡

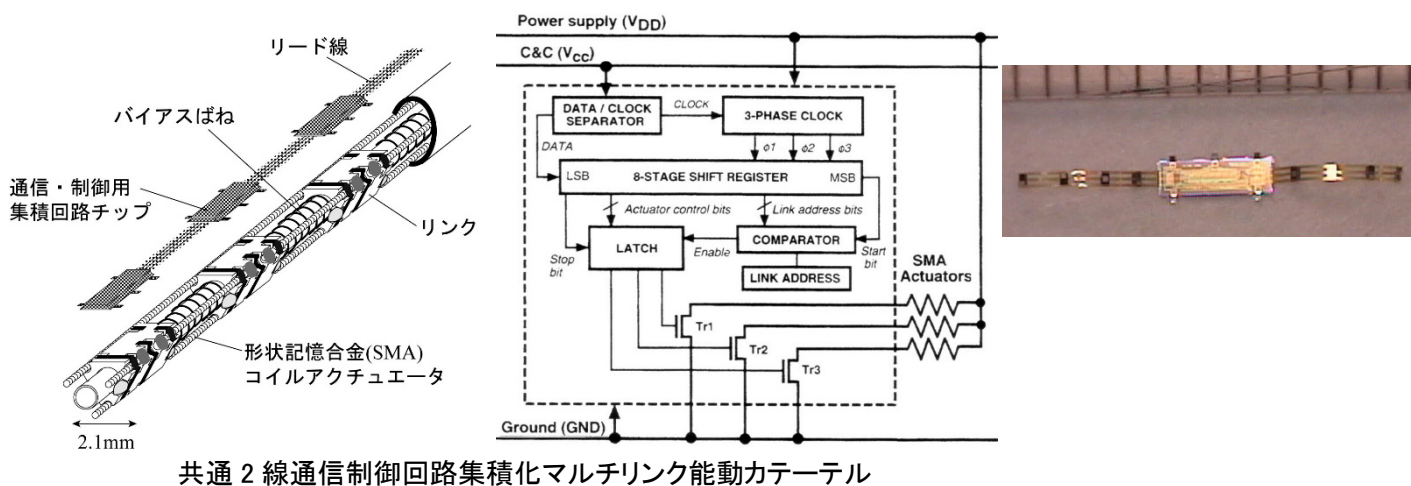
参考文献：Y.Haga, Y.Tanahashi and M.Esashi, Small Diameter Active Catheter Using Shape Memory Alloy, Proc. of IEEE MEMS'98 (1998) pp.419-424



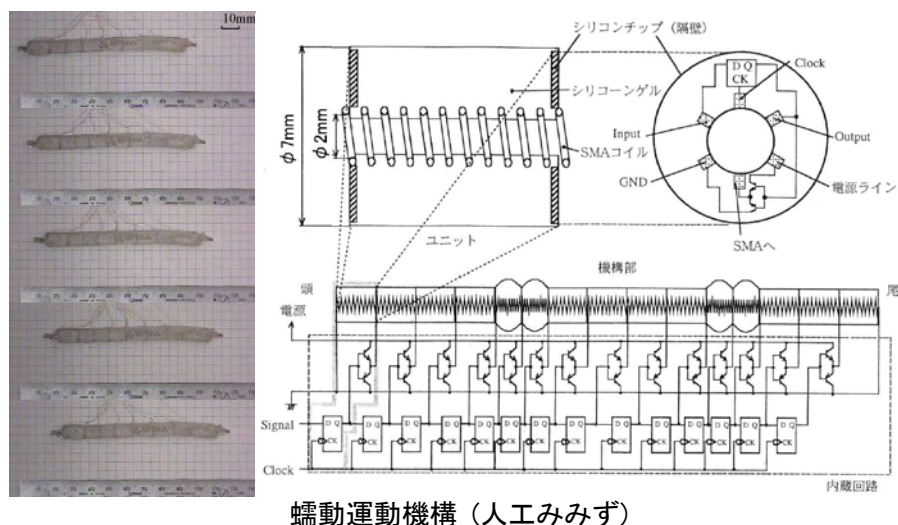
形状記憶合金を用いた多関節運動機構



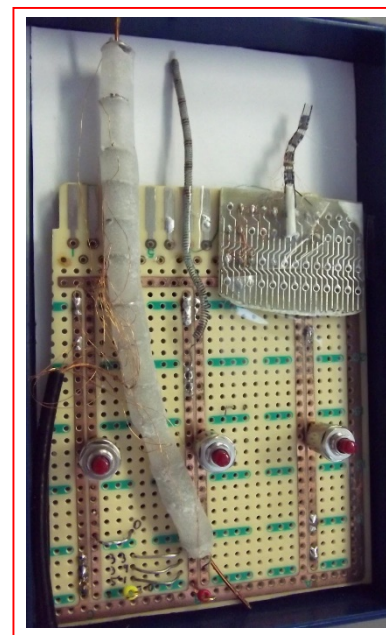
参考文献：G.Lim, K.Minami, K.Yamamoto, M.Sugihara, M.Uchiyama and M.Esashi, Multi-link Active Catheter Snake-Like Motion, Robotica, 14 (1996) pp.499-506



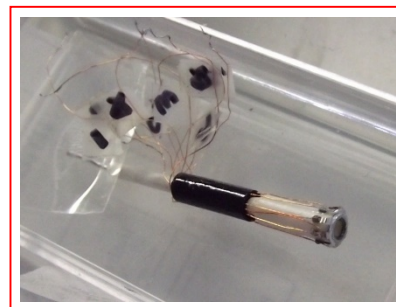
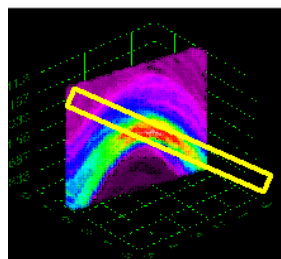
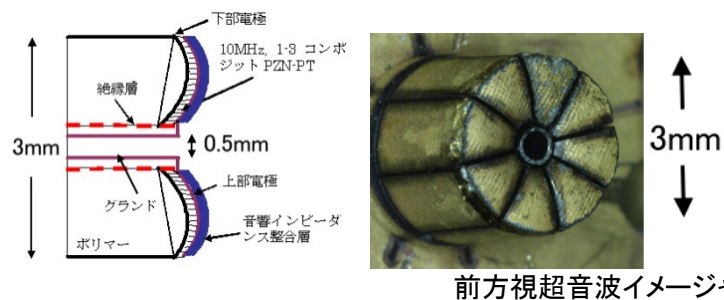
参考文献：K.-T.Park and M.Esashi, A Multilink Active Catheter with Polyimide-Based Integrated CMOS Interface Circuits, IEEE J. of Microelectromechanical Systems, 8 (1999) pp.349-357



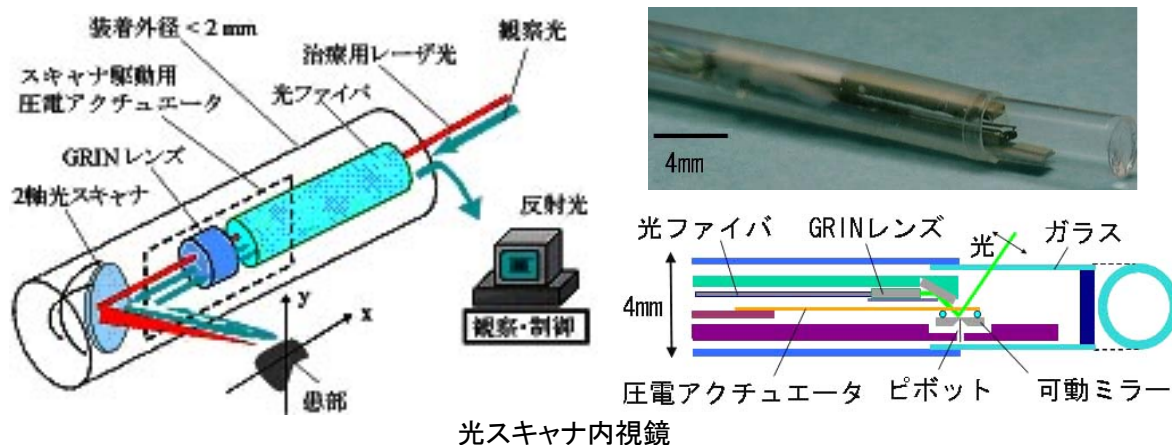
参考文献：篠原英司, 南和幸, 江刺正喜, ミミズのような蠕動運動システム, 電気学会論文誌E, 119-E (1999) pp.334-339



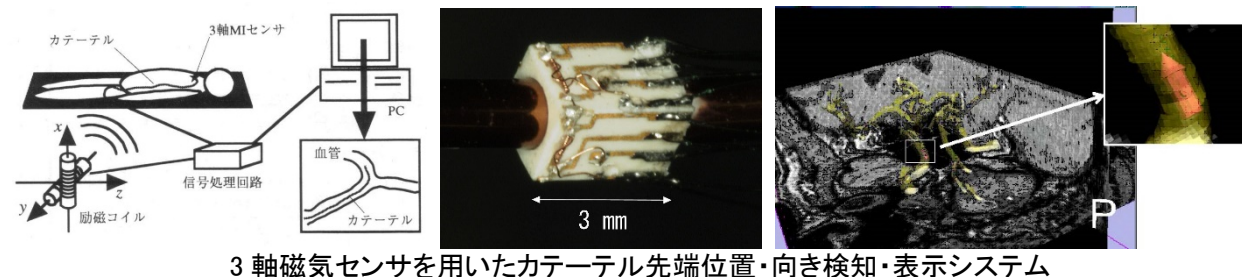
低侵襲医療のイメージング技術



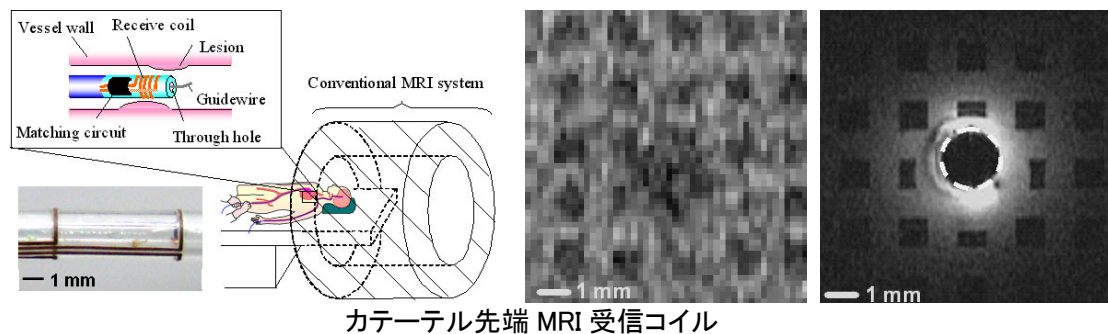
参考文献：陳俊傑, 江刺正喜, 大城理, 千原国宏, 芳賀洋一, 血管内低侵襲治療のための前方視超音波イメージャの開発, 生体医工学, 43 (2006) pp.553-559



参考文献：H.Akahori, H.Wada, M.Esashi and Y.Haga, Tube Shape Piezoelectric 2D Microscanner for Minimally Invasive Laser Treatment, Technical Digest MEMS'2005 (2005) pp.76-79

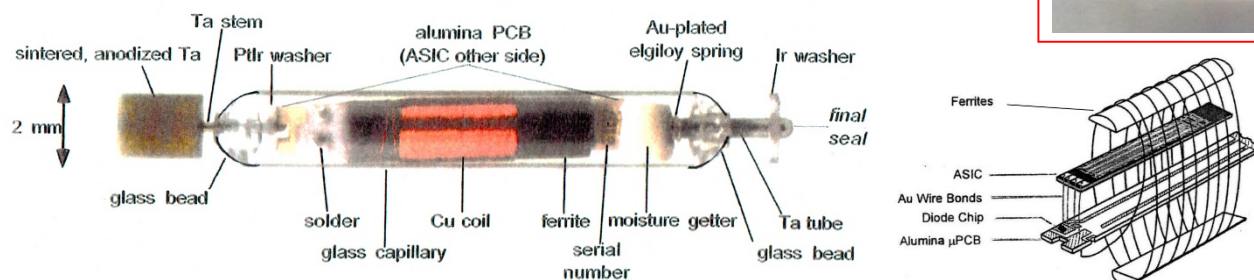


参考文献：K.Totsu, Y.Haga and M.Esashi, Three-axis Magneto-impedance Effect Sensor System for Detecting Position and Orientation of Catheter Tip, Sensors and Actuators, A 111 (2004) pp.304-309



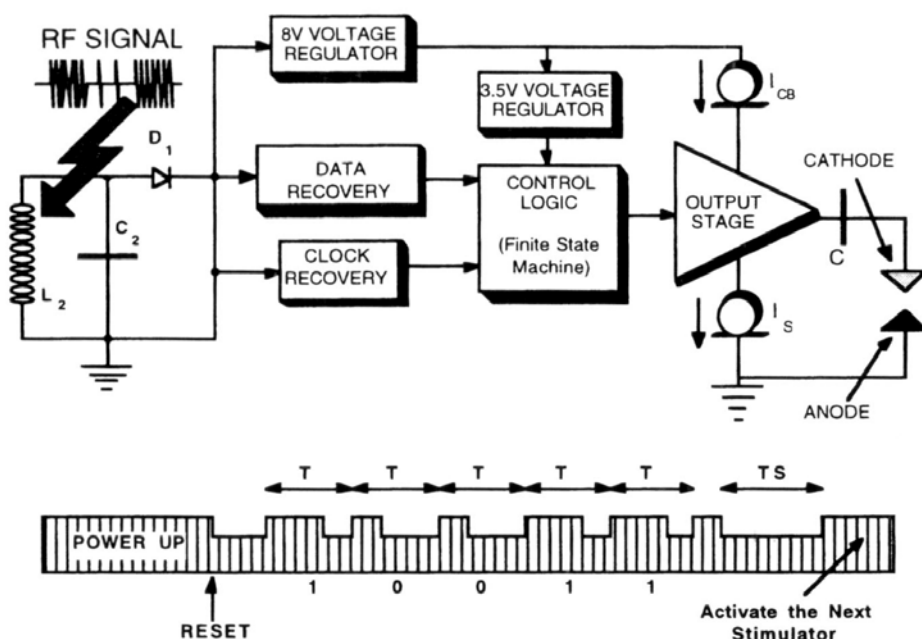
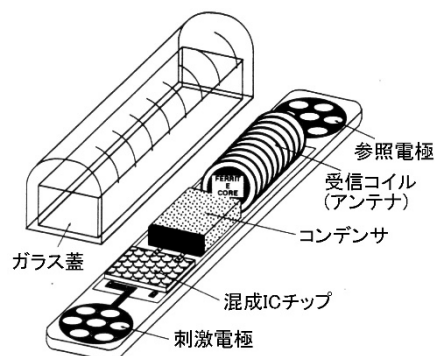
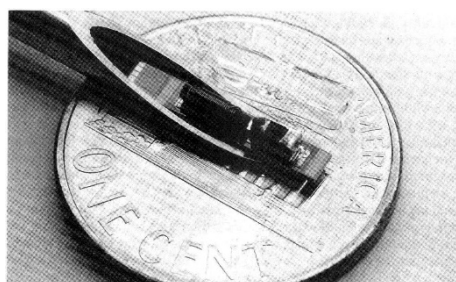
参考文献：S.Goto, T.Matsunaga, Y.Matsuoka, K.Kuroda, M.Esashi and Y.Haga, Development of High-Resolution Intraluminal and Intravascular MRI Probe Using Microfabrication on Cylindrical Substrates, Tech. Digests of MEMS 2007 (2007) pp.329-332

体内埋込刺激装置



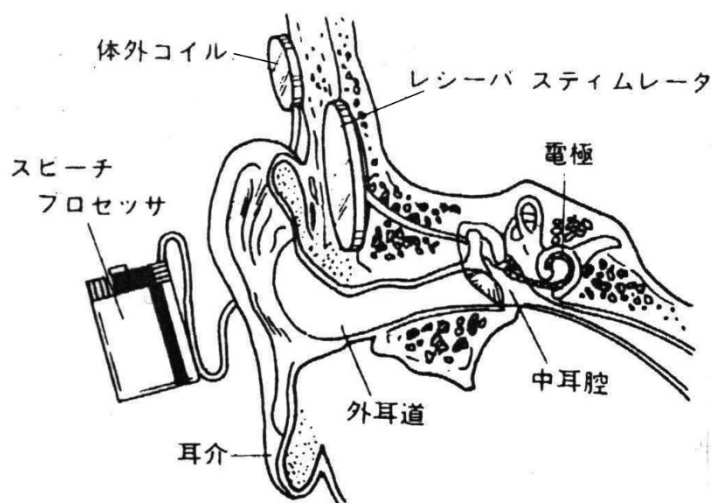
体内埋込電気刺激装置 BION (BIOncic Neuron) (Univ. of Southern California)

参考文献 : G.E.Loeb, F.J.R.Richmond, W.H.Moore and R.A.Peck, Design and Fabrication of Hermetic Microelectronic Implant, 1st Annual Internl. IEEE-EMBS Special Topic Conf. on Microtechnologies in Medicine & Biology (2000) pp.455-459



体内埋込電気刺激装置 (Univ. of Michigan)

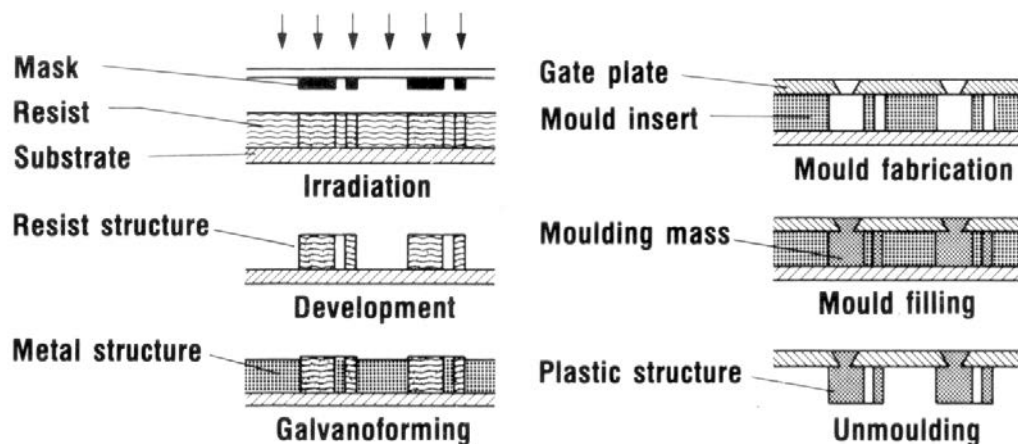
参考文献 : B.Ziaie, M.D.Nardin, A.R.Coghlan and K.Najafi : A single-channel implantable microstimulator for functional neuromuscular stimulation, IEEE Trans. on Biomedical Eng., 44 (1997) pp.909-920



人工内耳 (コクレア社 (オーストラリア))

参考文献 : T.R.Gheewala, R.D.Melen and R.L.White : A CMOS implantable multielectrode auditory stimulator for the deaf, IEEE J. Solid-State Circuit, SC-10 (1975) pp.472-479

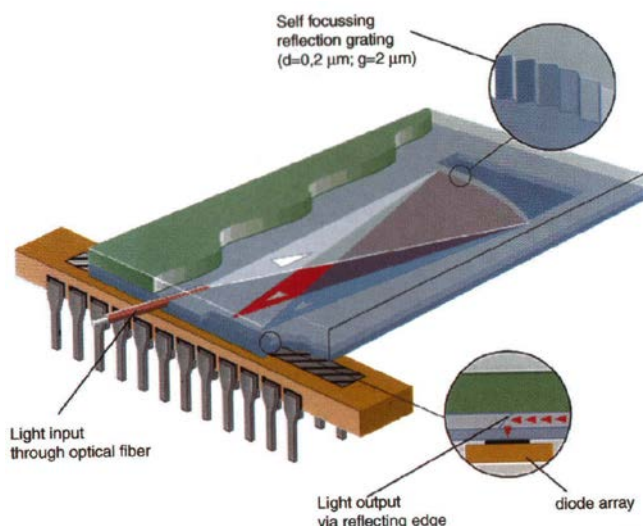
E1 LIGA プロセス



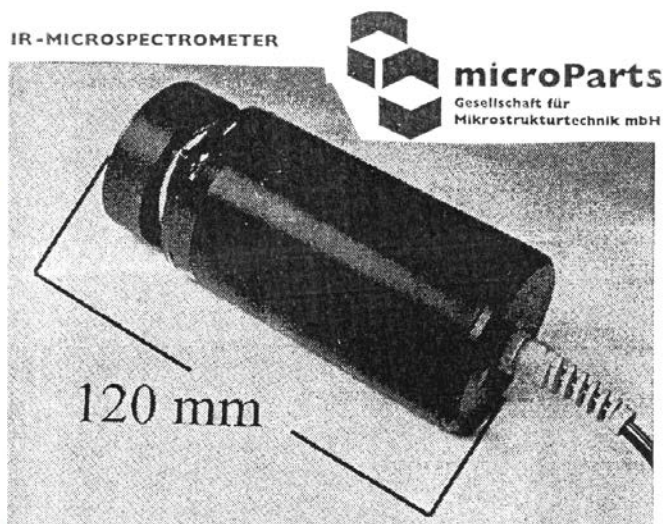
X線露光と電解めっき、樹脂成形による LIGA プロセス (独)



参考文献 : E.W.Becker, W.Ehrfeld, P.Hagmann, A.Maner and D.Munchmeyer, Fabrication of Microstructures with High Aspect Ratios and Great Structural Heights by Synchrotron Radiation Lithography, Galvanoforming, and Plastic Moulding (LIGA Process), Microelectronic Engineering, 4 (1986) pp.35-56



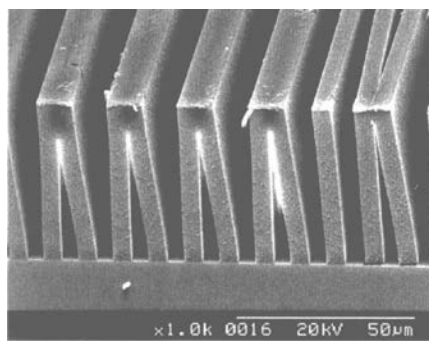
LIGA プロセスによるマイクロスペクトロメータ (Micro Parts 独)



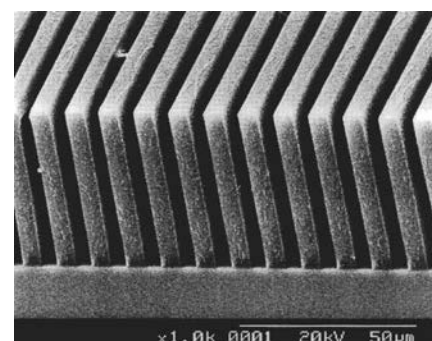
参考文献 : Microspectrometer Fabricated by the LIGA Process, Interdisciplinary Science Review, 18 (1993) pp.273-279



放射光施設 (SORTEC)



乾燥時の貼り付き

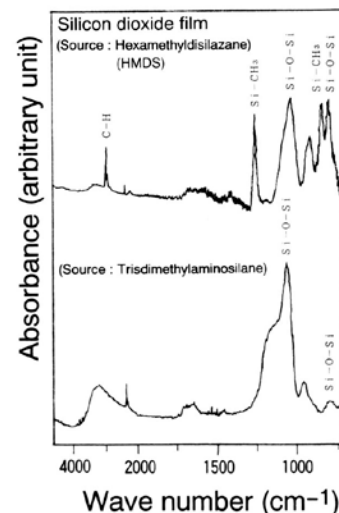
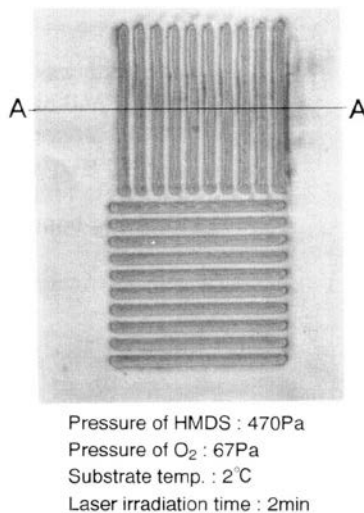
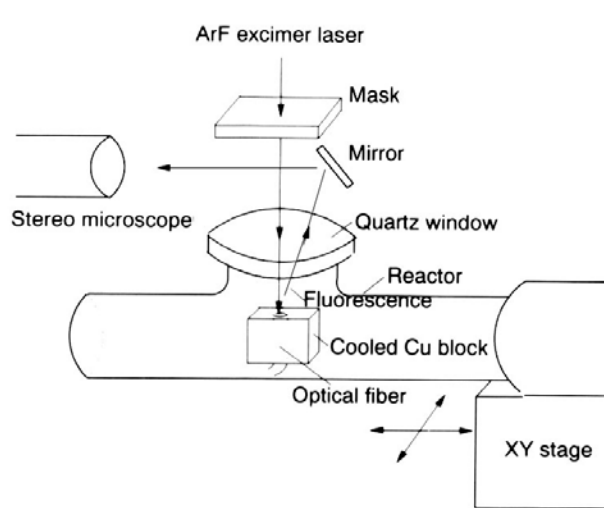


低表面張力液(フロリナート)による乾燥

ネガレジスト(THB-N1 (JSR) Ltd.)を用いた LIGA プロセス (東北大学 - SORTEC)

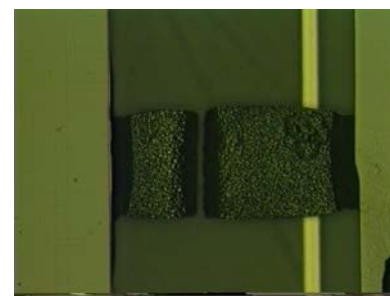
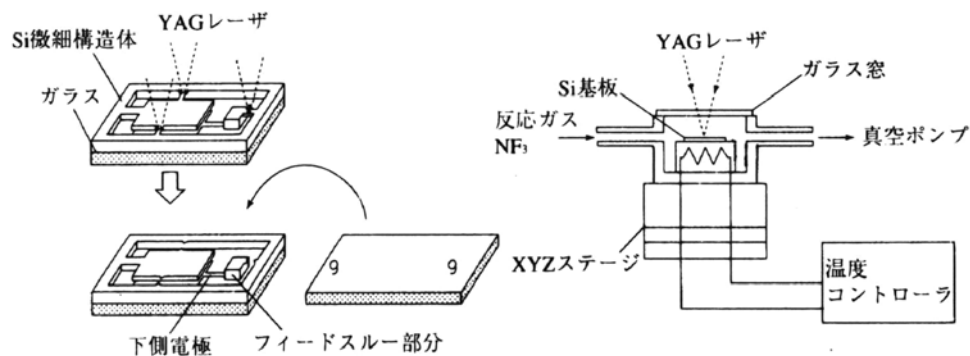
参考文献 : S.Watanabe, M.Esashi and Y.Yamashita, Fabrication Methods for High Aspect Ratio Microstructures, J.of Intelligent Material Systems and Structures, 8 (1997) pp.173-176

E2 レーザプロセスとステルスダイシング



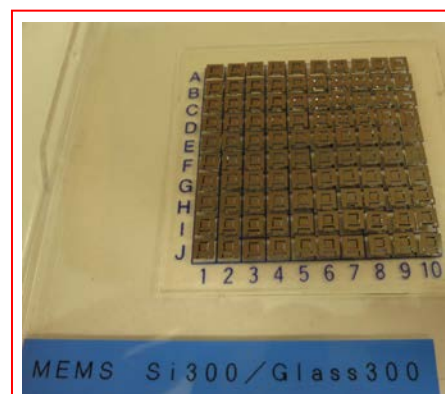
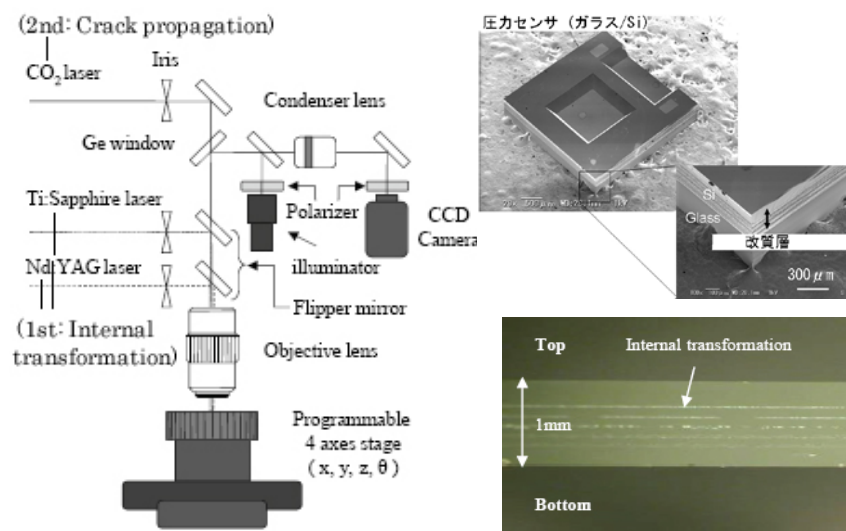
レーザプロジェクション CVD

参考文献 : K.Takashima, K.Minami, M.Esashi and J.Nishizawa, Laser Projection CVD Using the Low Temperature Condensation Method, Applied Surface Science, 79/80 (1994) pp.366-374



レーザ支援 Si エッチング

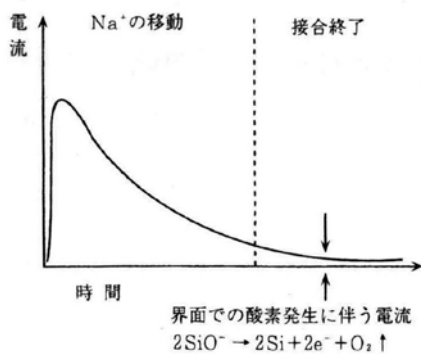
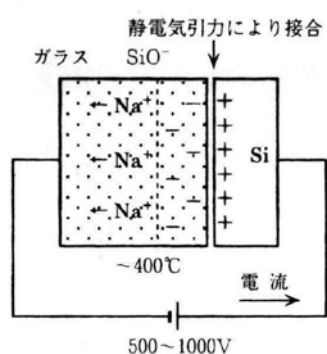
参考文献 : K.Minami, Y.Wakabayashi, M.Yoshida, K.Watanabe and M.Esashi, YAG Laser-Assisted Etching of Silicon for Fabricating Sensors and Actuators, J. of Micromechanics and Microengineering, 3 (1993) pp.81-86



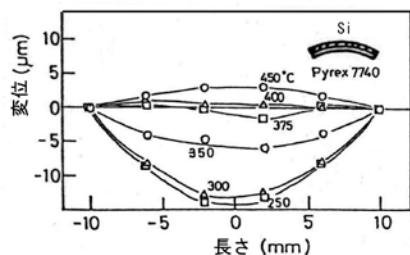
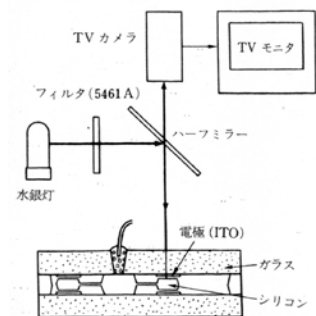
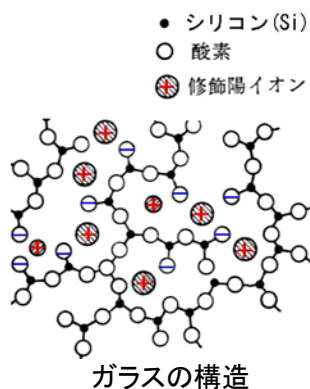
Si-ガラス構造のレーザ(ステルス)ダイシング (東北大 - レーザ総研)

参考文献 : M.Fujita, Y.Izawa, Y.Tsurumi, S.Tanaka, H.Fukushi, K.Sueda, Y.Nakata, M.Esashi and N.Miyanaga, Debris-free Low-stress High-speed Laser Assisted Dicing for Multi-layered MEMS, 電気学会論文誌E, 130-E (2010) pp.118-123

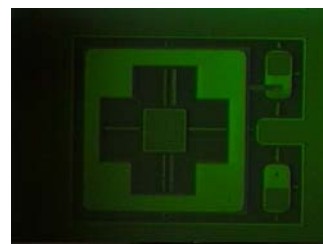
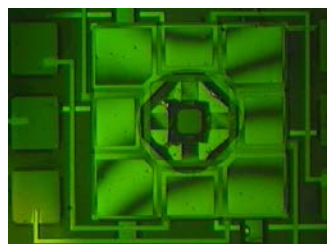
E3 陽極接合



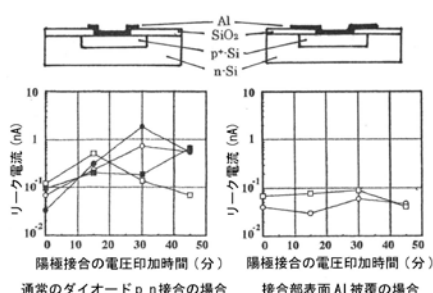
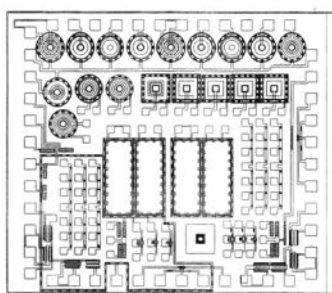
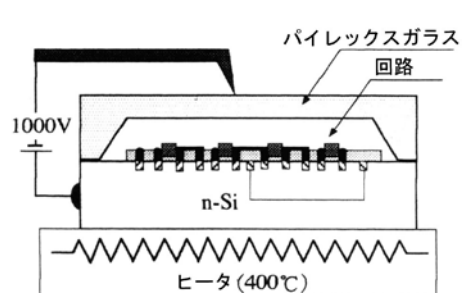
陽極接合の原理



陽極接合後の歪

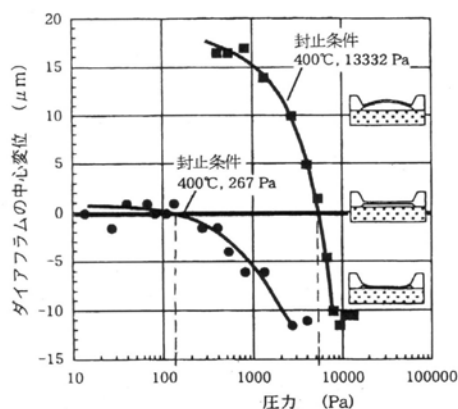
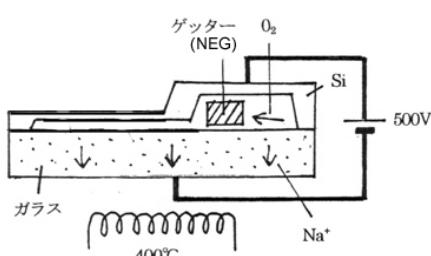
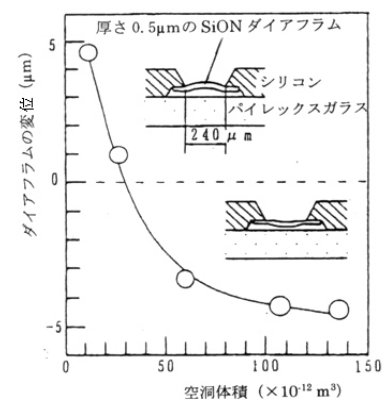


参考文献：庄司康則, 南和幸, 江刺正喜, 歪の少ない陽極接合, 電気学会論文誌 A, 115-A (1995) pp.1208-1213



陽極接合の CMOS 回路への影響

参考文献：白井稔人, 江刺正喜, 陽極接合による回路損傷, 電気学会センサ技術研究会, ST-92-7 (1992) pp.9-17

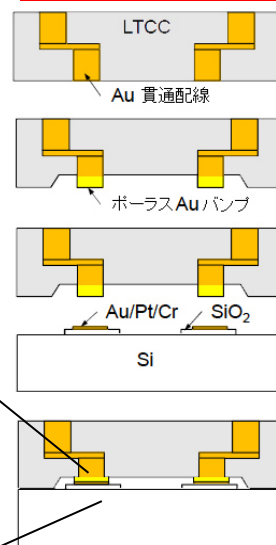
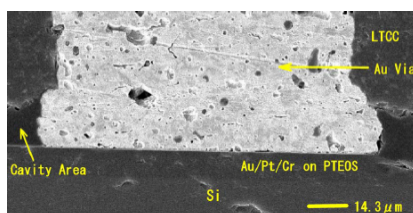
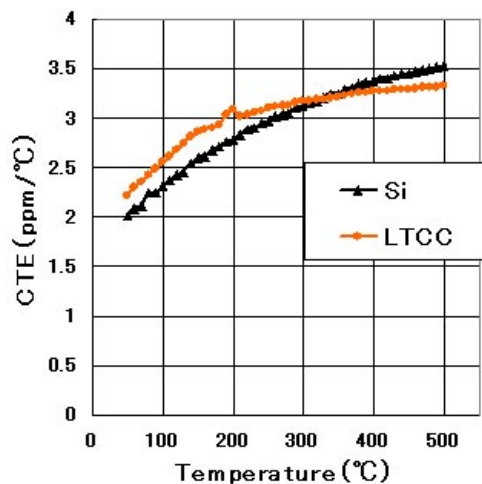
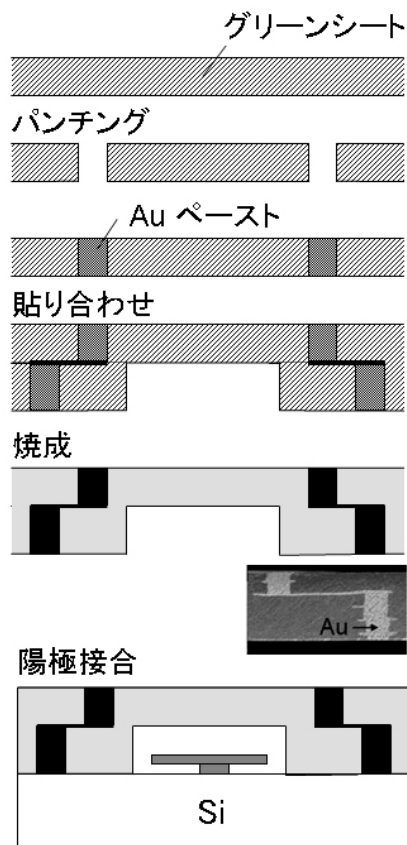


陽極接合による真空封止と圧制御封止(右)

参考文献：裏則岳, 中市克己, 南和幸, 江刺正喜, 陽極接合による真空封止, 第 11 回センサの基礎と応用シンポジウム講演概要集 (1992) p.63

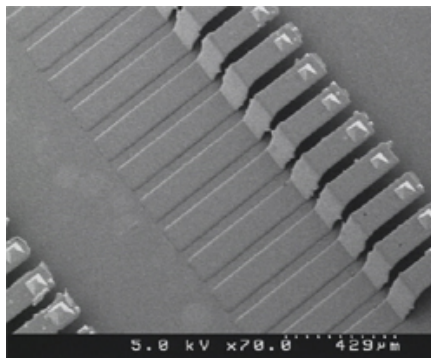
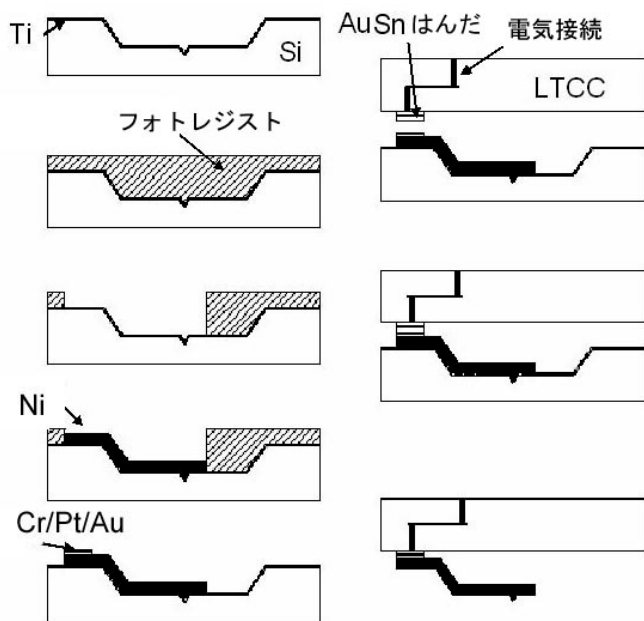
江刺 正喜, マイクロセンサの真空パッケージング技術, 電気学会部門誌, 120-E (2000) pp.310-314

E4 陽極接合できる LTCC 貫通配線基板 (ニッコー)



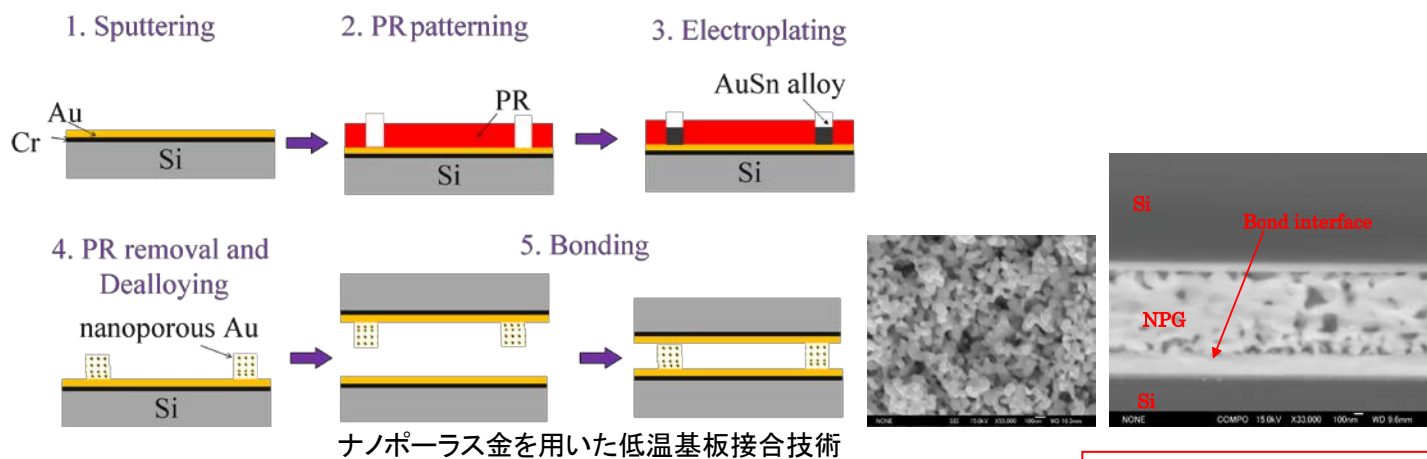
陽極接合できる LTCC(低温焼成セラミックス)貫通配線基板とポーラス Au による電気接続
(ニッコー - 東北大)

参考文献 : M.Mohri, A.Okada, H.Fukushi, M.Esashi and S.Tanaka, Packaging Technology for Hermetic Sealing with Electrical Connection Using Anodically-Bondable LTCC Substrate with Etched Cavities, The 28th Sensor Symposium on Sensors, Micromachines and Applied Systems (2011) p.62

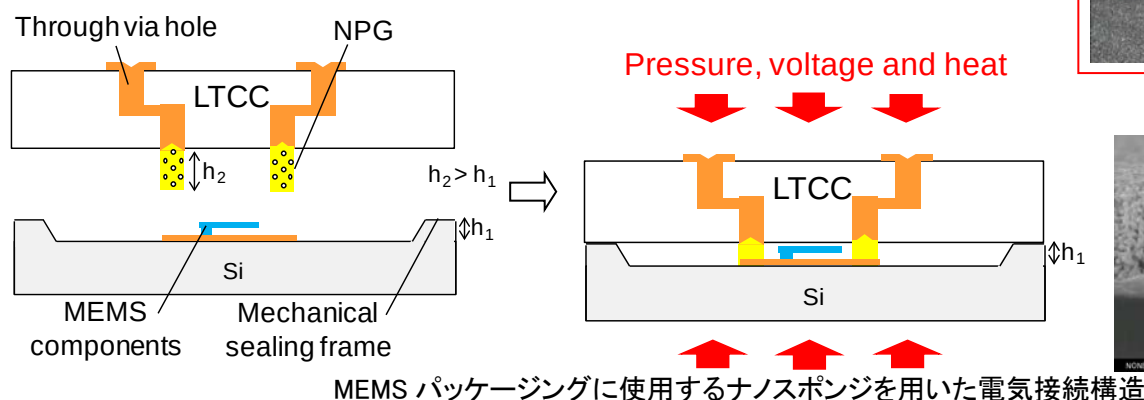


LTCC 基板を用いたウェハレベルバーンイン用プローブカード

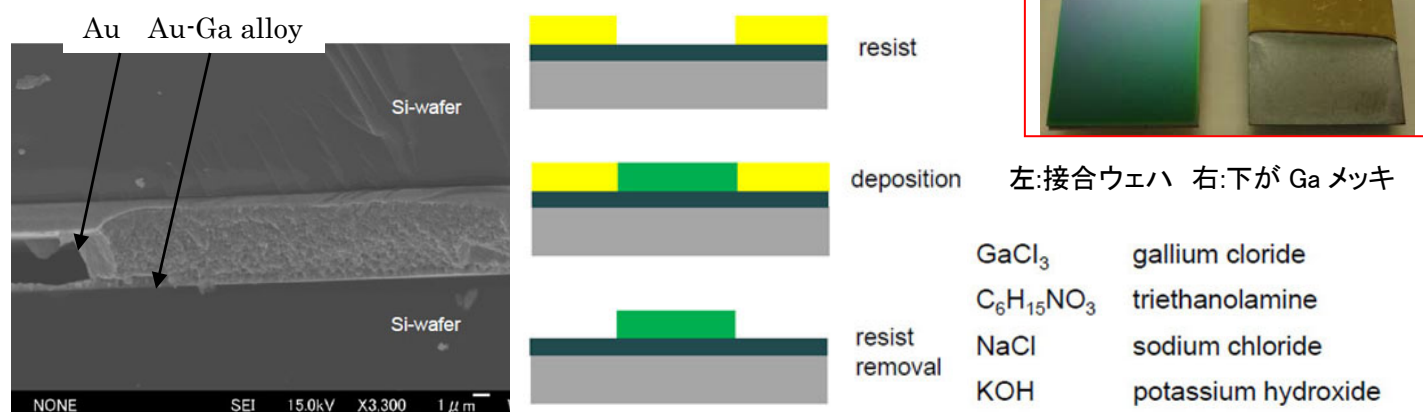
参考文献 : S.-H.Choe, S.Tanaka and M.Esashi, A Matched Expansion MEMS Probe Card with Low CTE LTCC Substrate, IEEE International Test Conference 2007 (2007) Paper 20.2



参考文献 : W. -S. Wang, Y. -C. Lin, L. Y. Chen, M. W. Chen, T. Gessner and M. Esashi, Demonstration of Substrate Bonding utilizing Au Film and Nanoporous Gold Structures, Proceedings of the International Conference on Wafer Bond '11, Dec. 7-8 (2011)



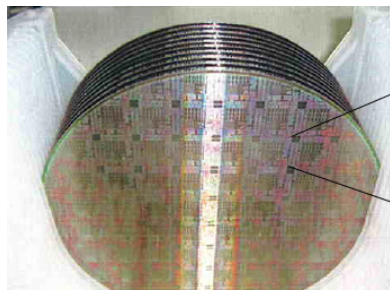
参考文献 : Y. -C. Lin, W. -S. Wang, L. Y. Chen, M. W. Chen, T. Gessner and M. Esashi, Anodically-bondable LTCC substrates with Novel nano-structured electrical Interconnection for mems packaging, Proceedings of the international conference on solid-state sensors and actuators (Transducers '11), June 5-9 (2011) pp. 2351-2354



Ga を用いた室温 SLID (Solid-Liquid Inter-Diffusion bonding) (左:接合断面、右 Ga めっき)

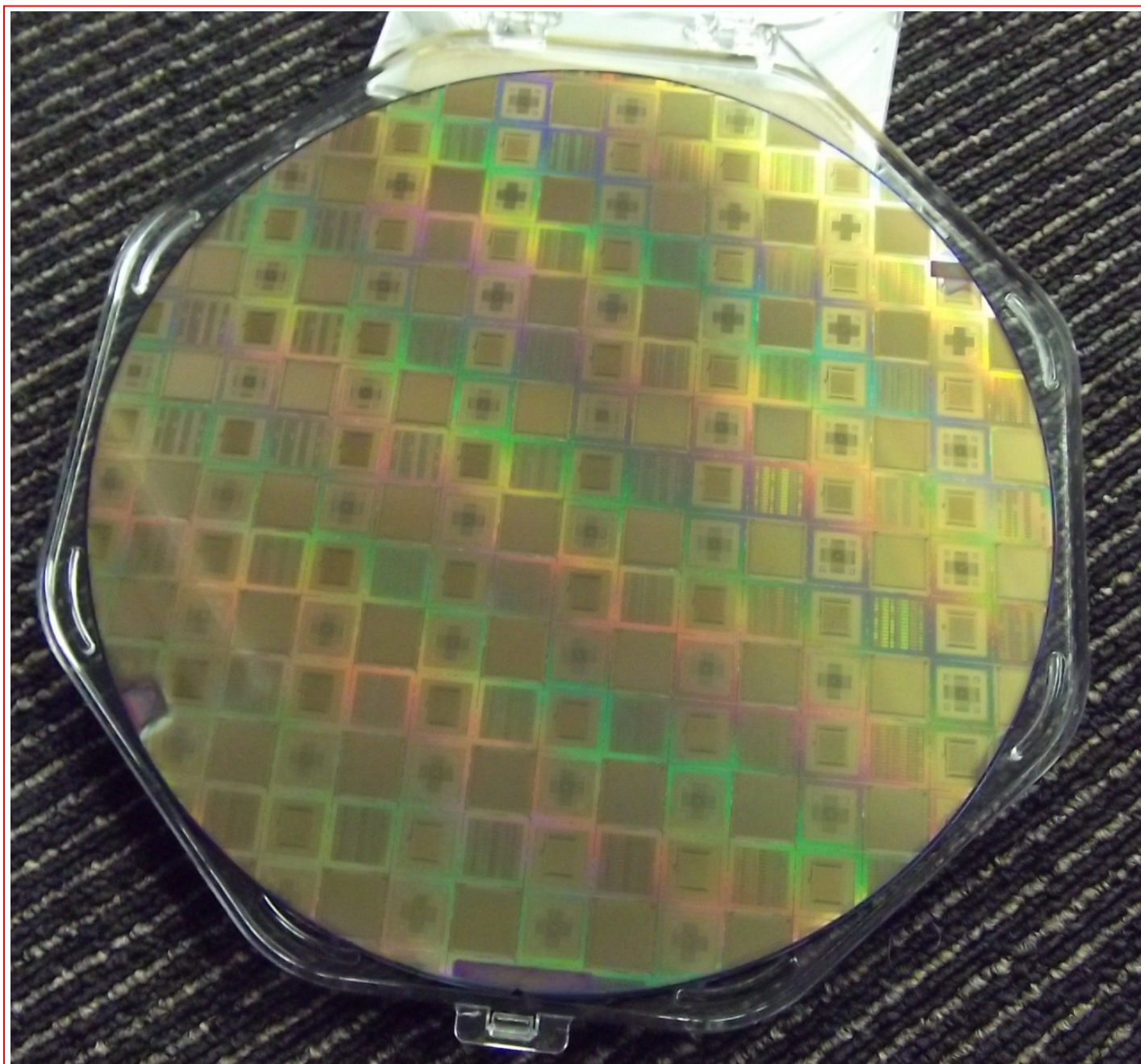
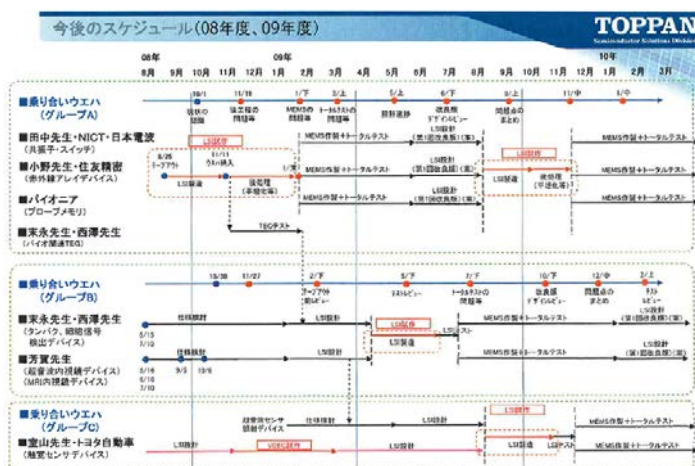
参考文献 : J.Frömel, Y.-C.Lin, M.Wierner, T.Gessner and M.Esashi, Low Temperature Metal Interdiffusion Bonding for Micro Devices, 2012 3rd IEEE International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D Integration (LTB-3D), Tokyo (2012, 22-23 May) 163)

乗り合い CMOS LSI ウェハ (先端融合領域イノベーション創出拠点形成プログラム)

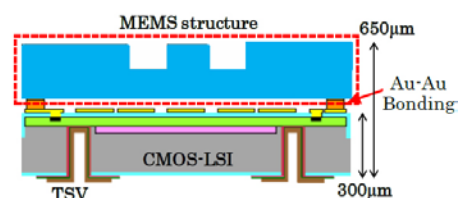
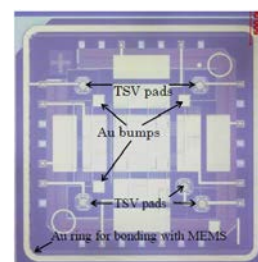
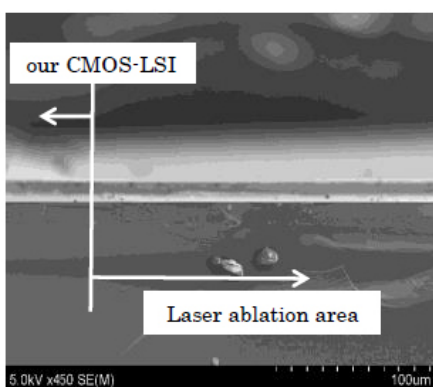
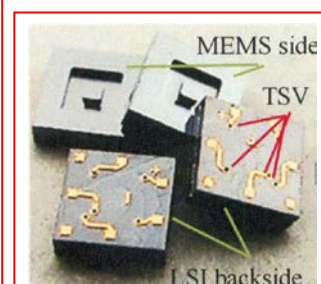
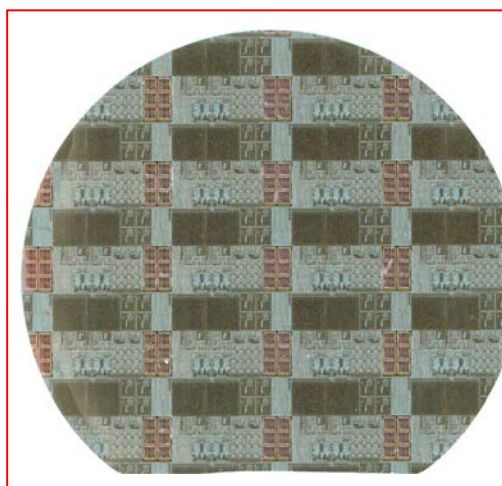
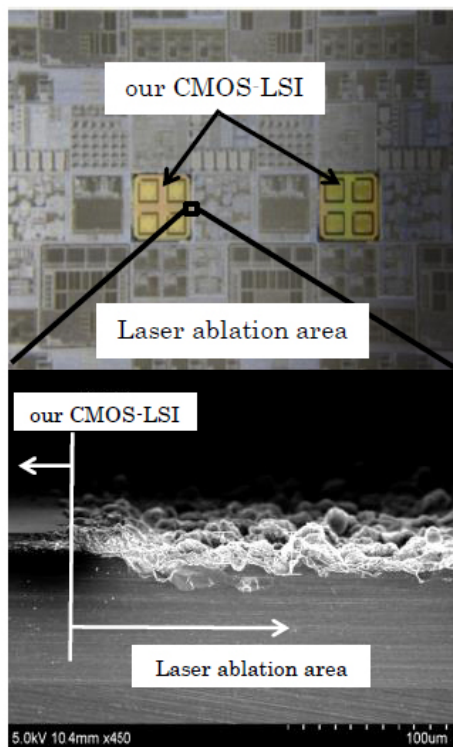


A社	B社
Cプロジェクト	Dプロジェクト

乗り合い CMOS ウェハ

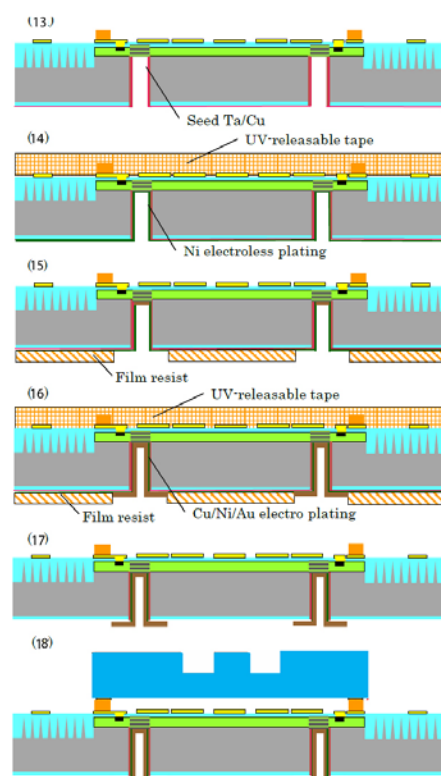
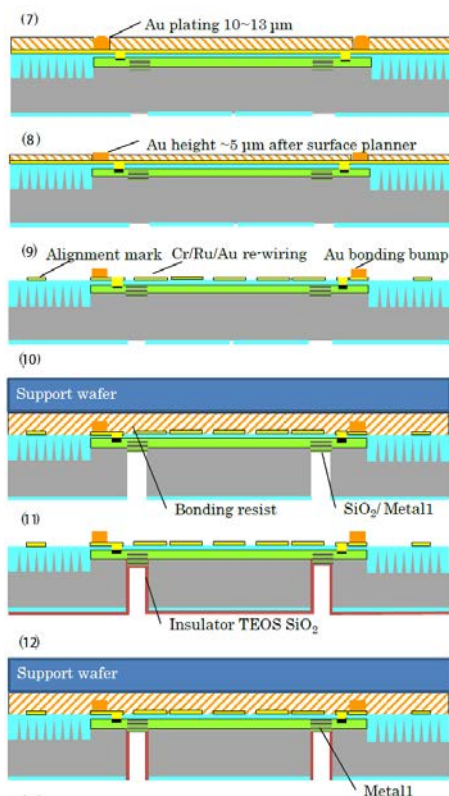
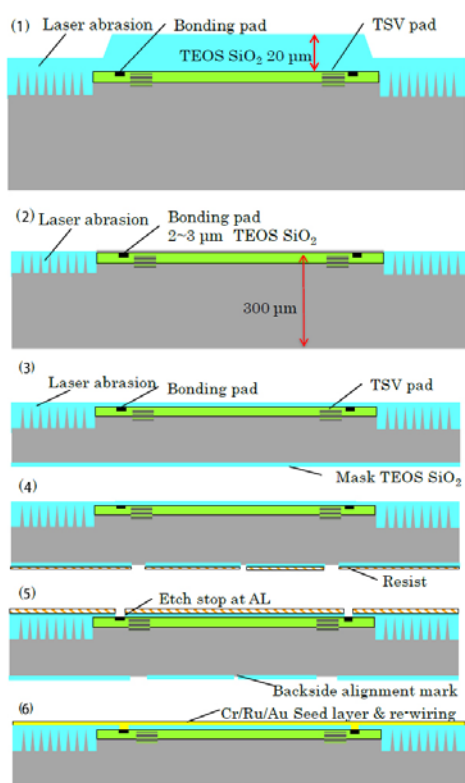


E7 レーザ消去ウェハプロセス



不特定のユーザと共用するため他のチップをレーザ消去したマルチプロジェクト CMOSLSI ウェハへの MEMS と TSV を形成

触覚センサネットワークチップへの応用

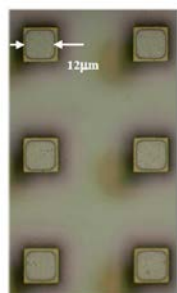
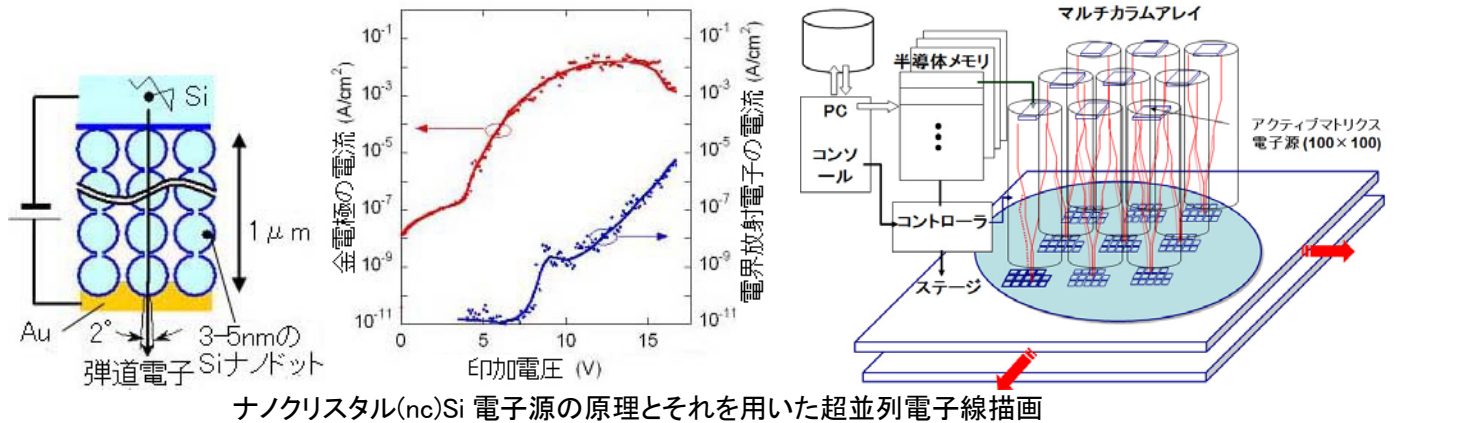


製作工程

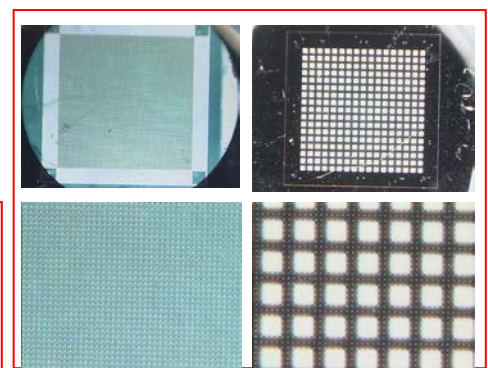
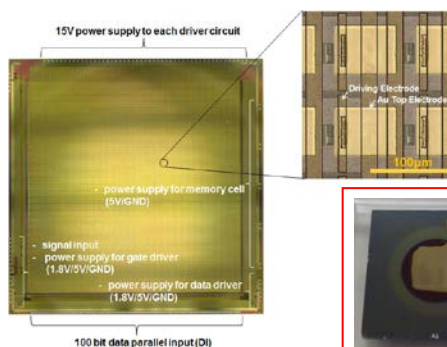
(鈴木裕輝夫、田中秀治 他、表面実装型集積化 MEMS のためのレーザ消去 CMOS-LSI マルチプロジェクトウェハへの深い TSV の作製、Sensor Symp. 2016, 24pm2-B-6)

超並列電子ビーム描画装置 (MPEBW)

(最先端研究開発支援プログラム (FIRST))



レジスト: ZEP520 (t60nm)
ドーズ: 30.0 $\mu C/cm^2$



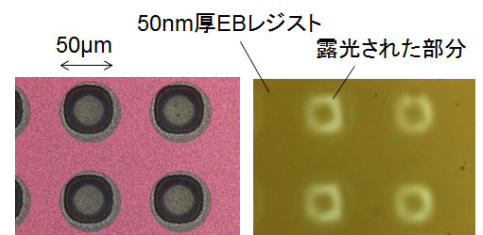
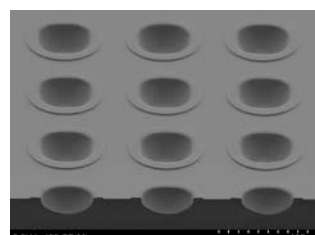
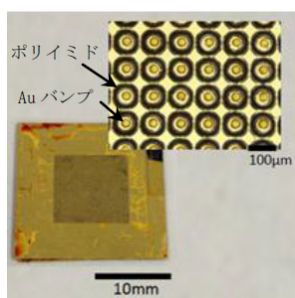
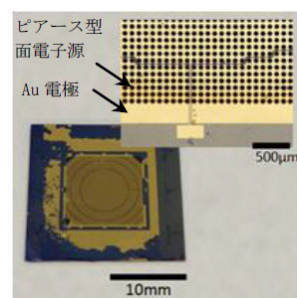
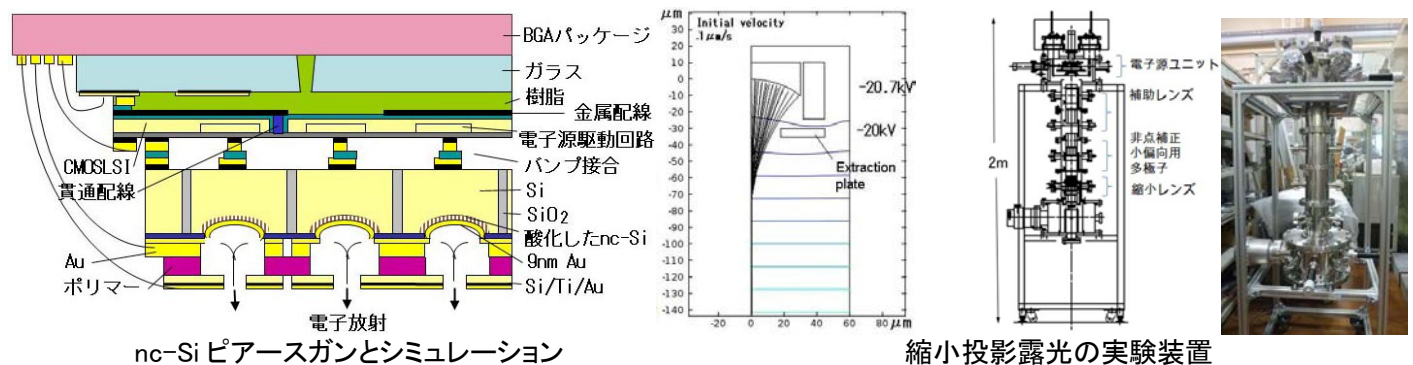
貫通配線付 nc-Si 平面型エミッタ
電子源とそれによる露光実験結果

アクティブマトリクス電子源
駆動用 CMOSLSI

Nc-Si 電子源

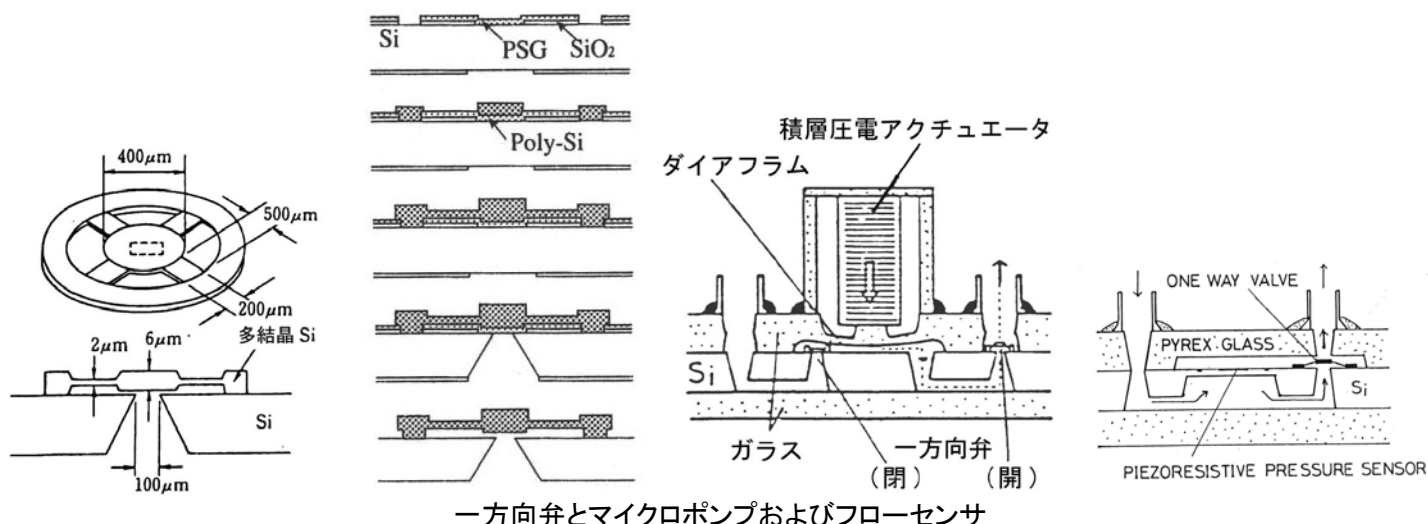
電子源アレイ(左:表、右:裏)
(上:全体、下:拡大)

N.Ikegami, T.Yoshida, A.Kojima, H.Ohyi, N.Koshida and M.Esashi., Active-Matrix nc-Si Electron Emitter Array for Massively Parallel Direct-Write Electron-Beam System, J. Micro/Nanolith. MEMS MOEMS 11, 3 (2012) 031406

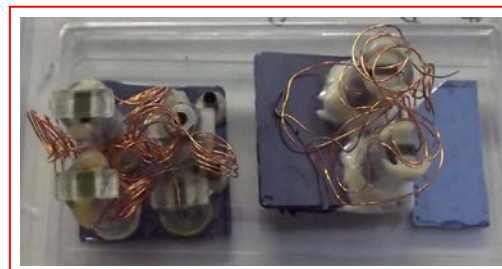
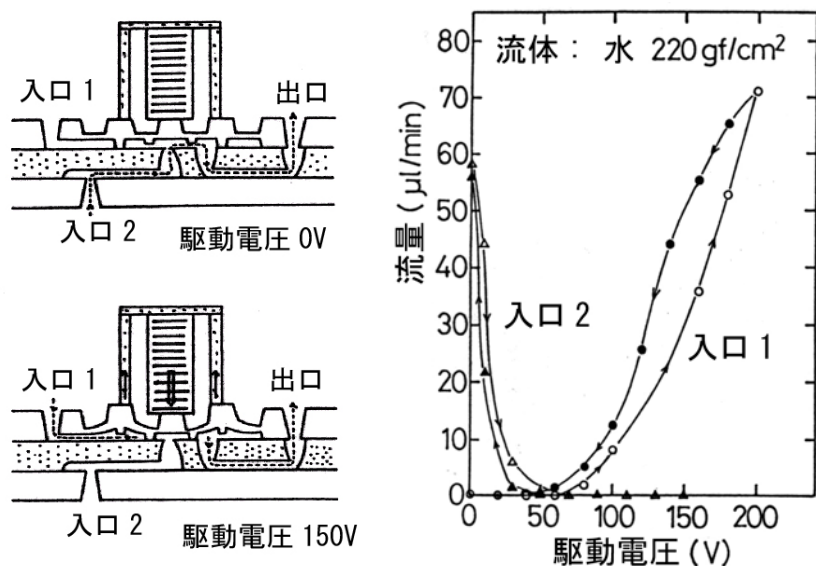


nc-Si ピアースガンの電子源側(左)とバンプ側(右) nc-Si ピアースガンの電子源 nc-Si ピアースガンを用いた露光実験

西野仁, 吉田慎哉, 田中秀治, 江刺正喜, 小島明, 池上尚克, 越田信義, 超並列電子線描画のための LSI 集積化 ピアース型面電子源アレイの作製法の基礎検討、平成 25 年電気学会全国大会, (2013/3/20 名古屋) 3-127



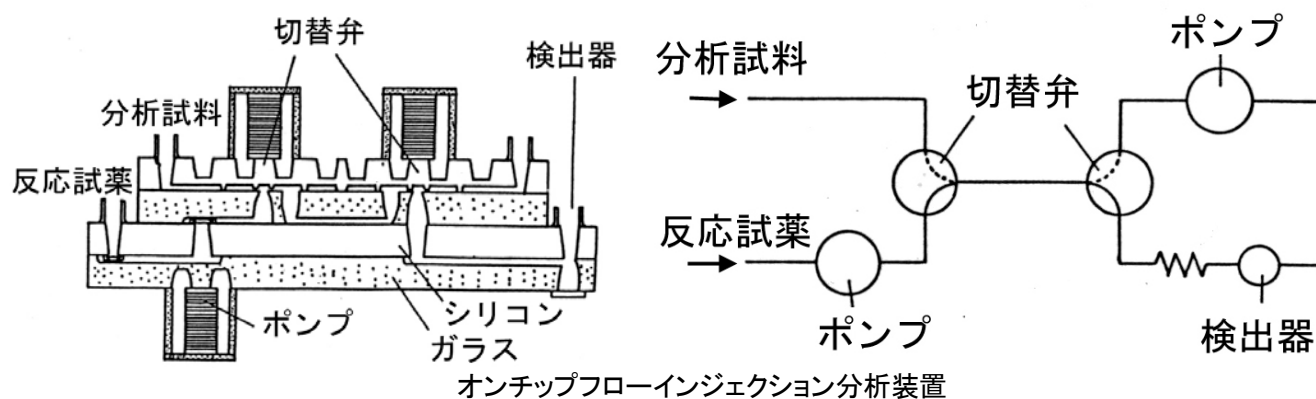
参考文献：庄子習一，江刺正喜，集積化化学分析システム用マイクロポンプの試作，
電子情報通信学会論文誌 C, J71-C (1988) pp.1705-1711



フローインジェクション分析装置 マイクロポンプ

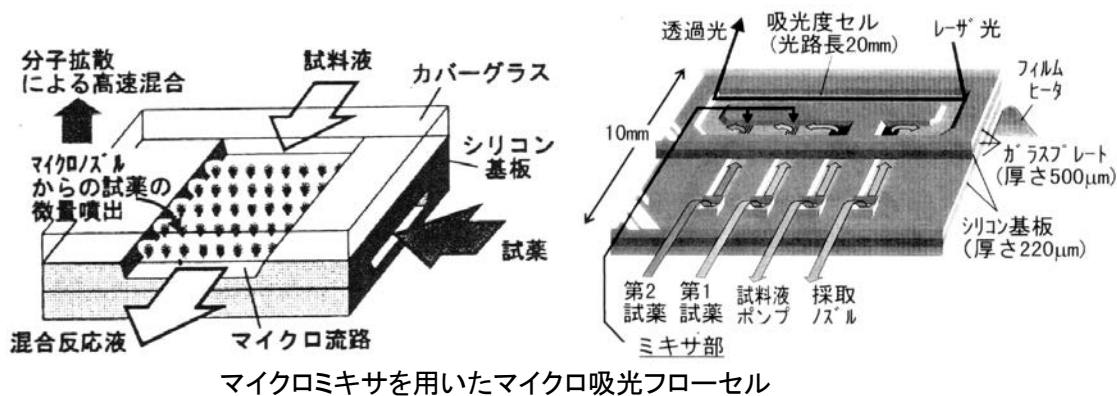
三方弁

参考文献：S.Shoji, S.Nakagawa and M.Esashi, Micropump and Sample-injector for Integrated
Chemical Analyzing Systems, Sensors and Actuators, A21-A23 (1990) pp.189-192

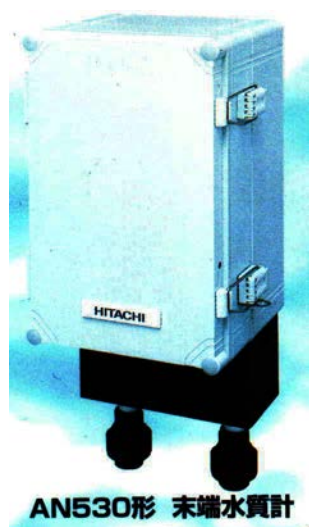


参考文献：S.Nakagawa, S.Shoji and M.Esashi, A Micro Chemical Analyzing System Integrated on a Silicon Wafer, Proc. of
the Micro Electro Mechanical Systems'90 (1990) pp.89-94

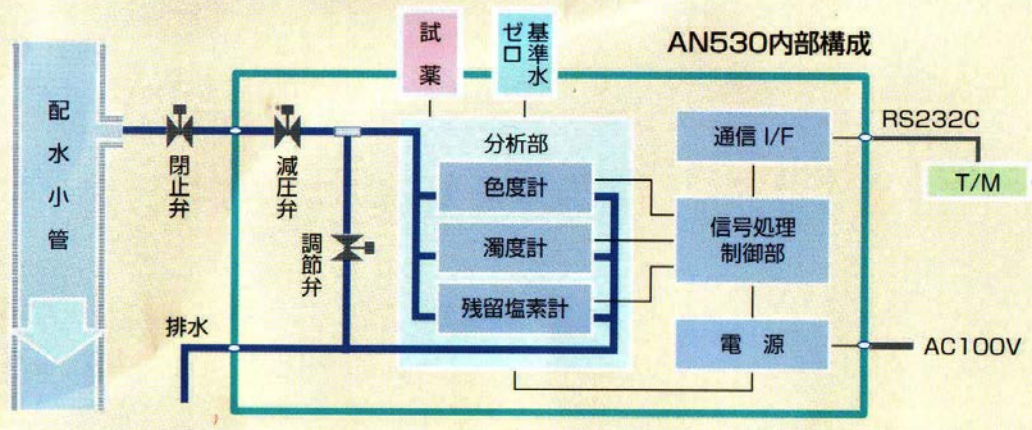
マイクロミキサと粒子分析 (日立)



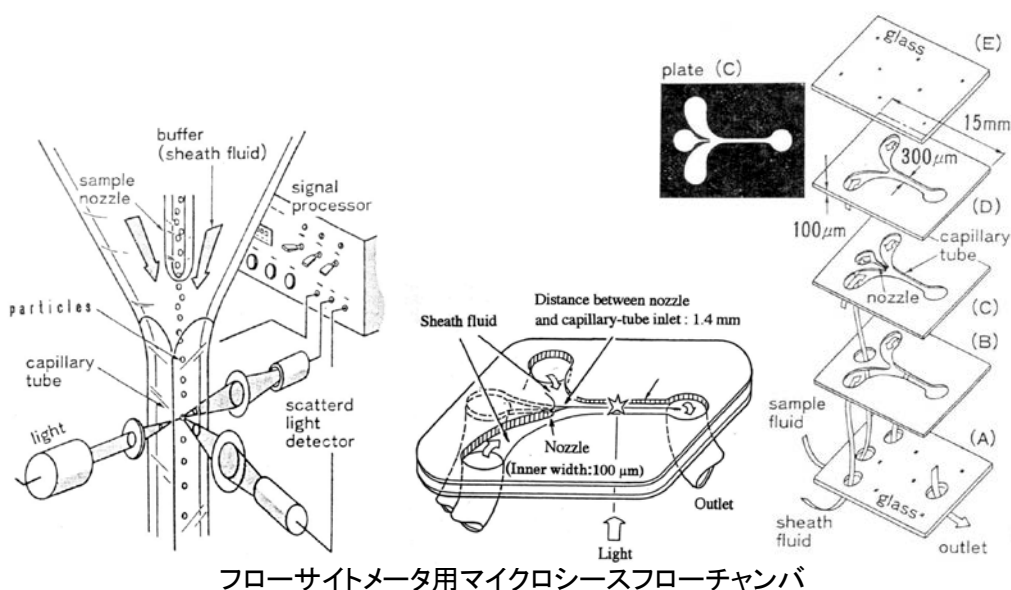
参考文献：三宅亮, 都築浩一, 高木武夫, 今井一成, 集積化マイクロ吸光度セルによる小形高感度フロー式分析装置, 電気学会論文誌 E, 117 (1997) pp.147-154



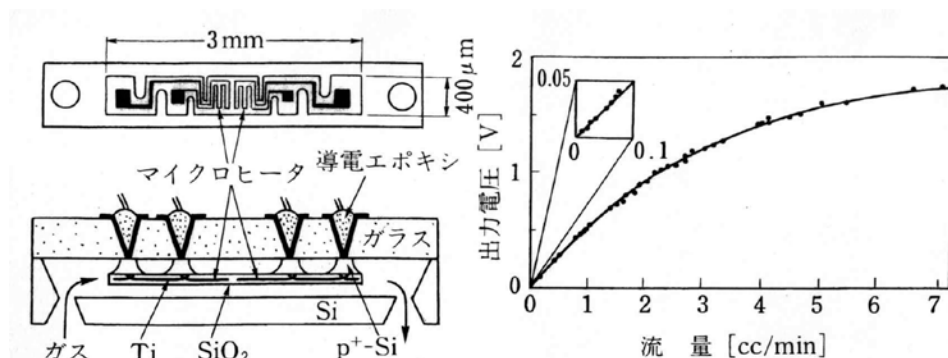
AN530型多項目水質計システム構成例



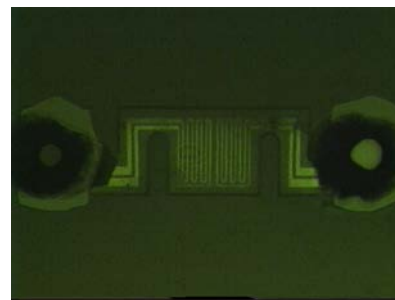
参考文献：三宅亮, 榎英雄, 森貞雄, 石原民雄, マイクロファブリケーション技術を用いた水質計, 電気学会研究会, CHS-00-7 (2000) pp.33-37



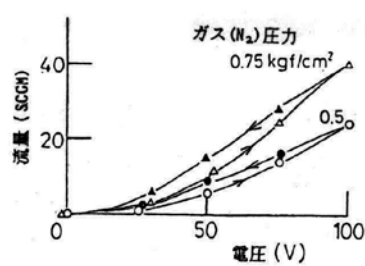
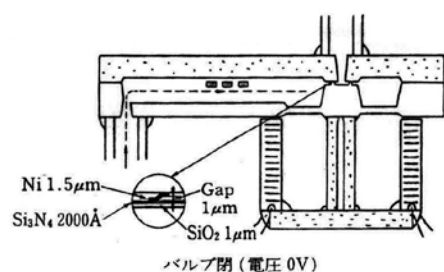
参考文献：R.Miyake, H.Ohki and I.Yamazaki, A Development of Micro Sheath Flow Chamber, Proc. of IEEE MEMS' 91 (1991) pp.265-270



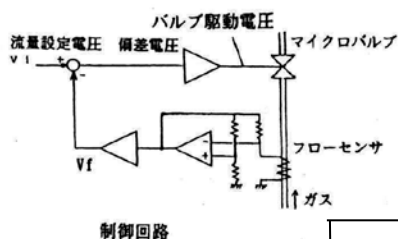
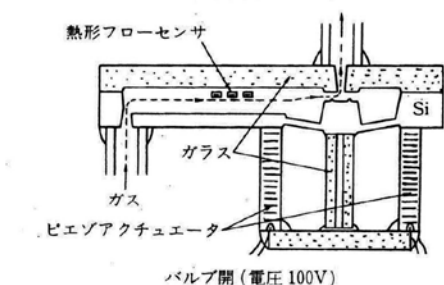
サーマルマスフローセンサ



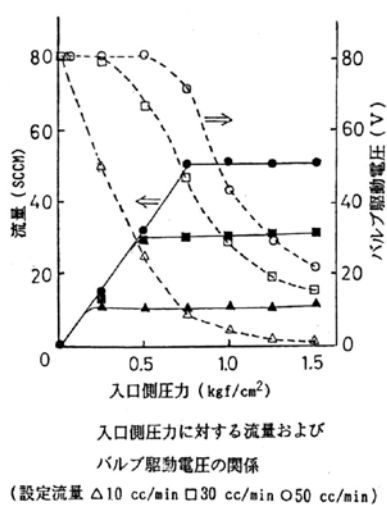
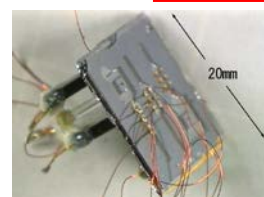
参考文献：江刺正喜, 川合浩史, 吉見健一, 差動出力型マイクロフローセンサ, 電子情報通信学会論文誌 C-II, J75-C-II (1992) pp.738-742



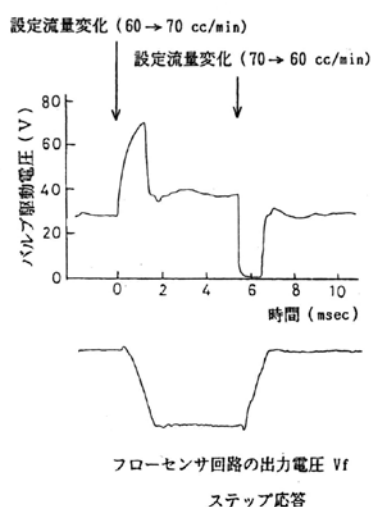
ノーマリクローズバルブ



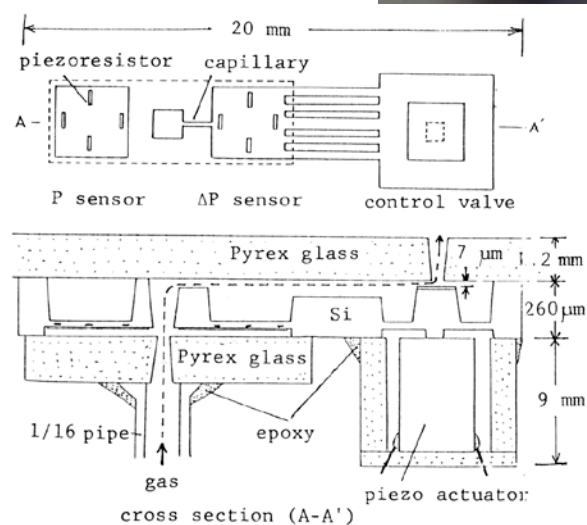
制御回路



サーマルマスフローセンサ + マイクロバルブ



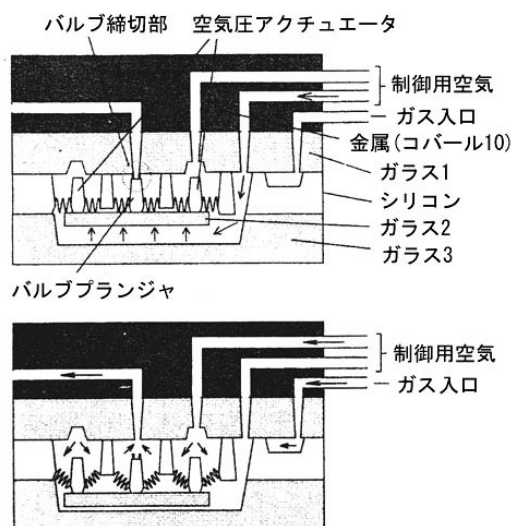
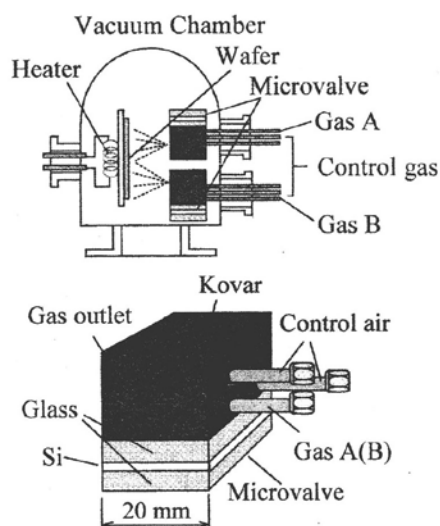
集積化マスフローコントローラ



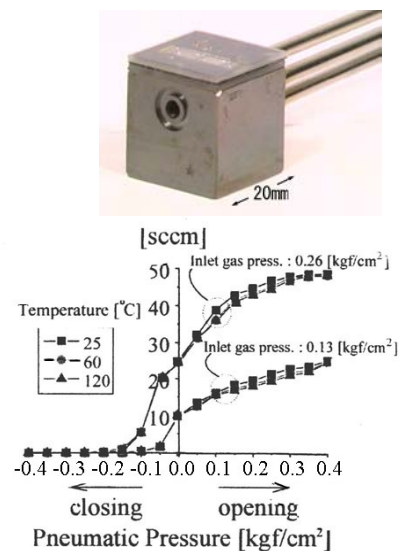
差圧式マスフローセンサ + マイクロバルブ

参考文献：M.Esashi, S.Eoh, T.Matsuo and S.Choi, The Fabrication of Integrated Mass Flow Controller, Digest of Technical Papers, The 4th Int.Conf.on Solid State Sensors and Actuators (1987) pp.830-833

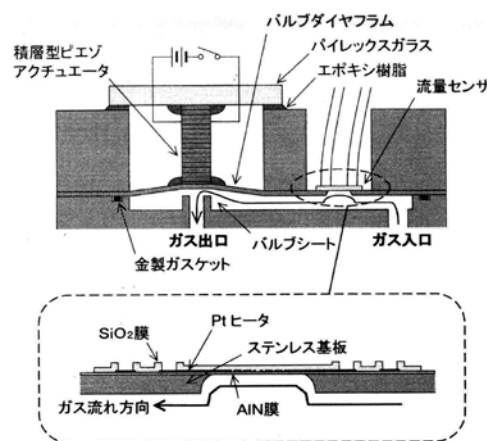
E12 バークブルマイクロバルブ、耐蝕マスフローコントローラ



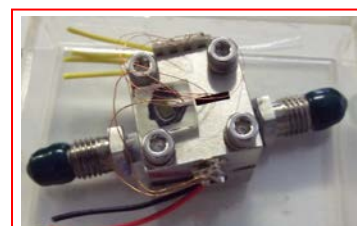
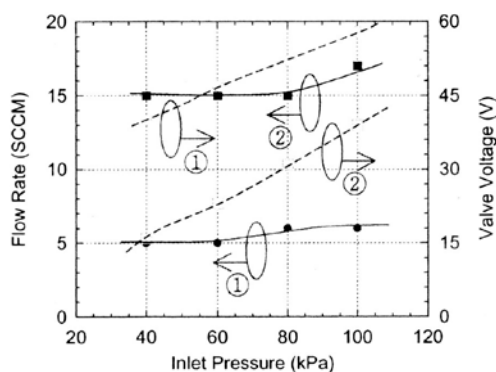
バークブルマイクロバルブ



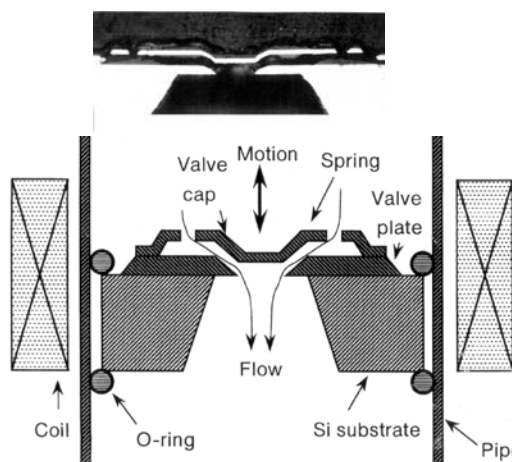
参考文献 : D.Y.Sim, T.Kurabayashi and M.Esashi, A Bakable Microvalve with a Kovar-Glass-Silicon-Glass Structure, J. of Micromechanics and Microengineering, 6 (1996) pp.266-271



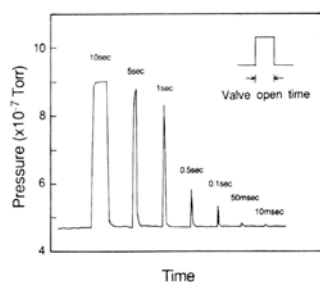
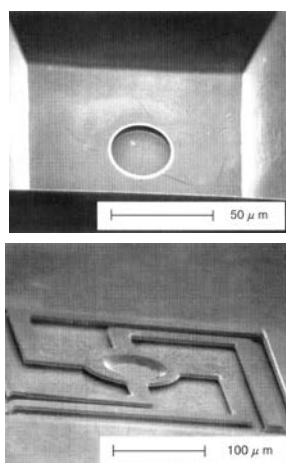
耐蝕性マスフローコントローラ



参考文献 : K.Hirata, D.Y.Sim and M.Esashi, Stainless Steel-Based Integrated Mass-Flow Controller for Reactive and Corrosive Gases, Tech. Digest of the Transducers' 01 (2001) pp.962-965

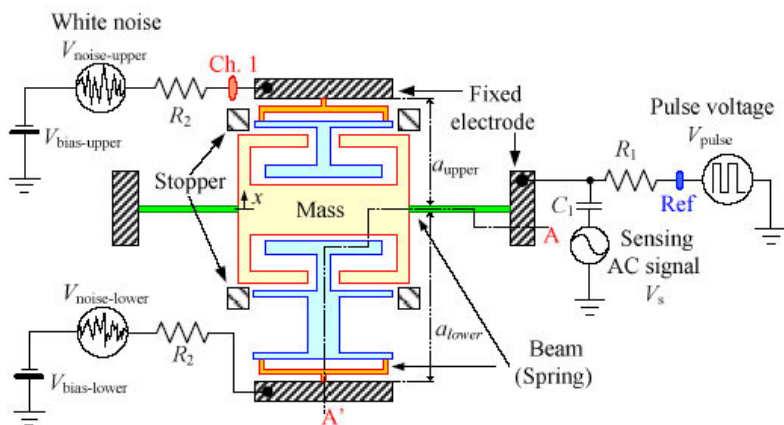


電磁駆動マイクロバルブ (NTT)

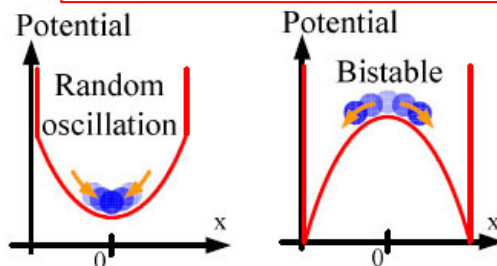
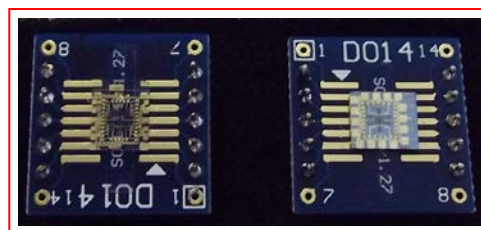
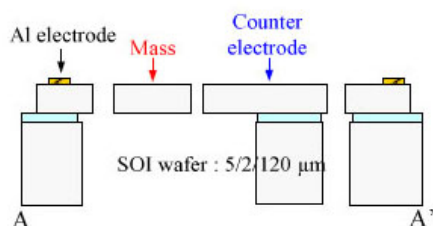


参考文献 : K.Yanagisawa, H.Kuwano and A.Tago, An Electromagnetically Driven Microvalve, Digest of Technical Papers, Transducers' 93 (1993) pp.102-105

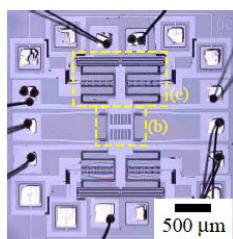
耐環境センシング



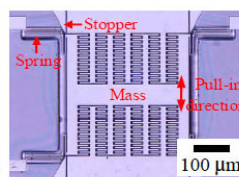
(a) Planar structure

(a) V_{pulse} is zero or low. (b) V_{pulse} is high.

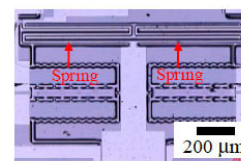
(b) Cross-sectional structure



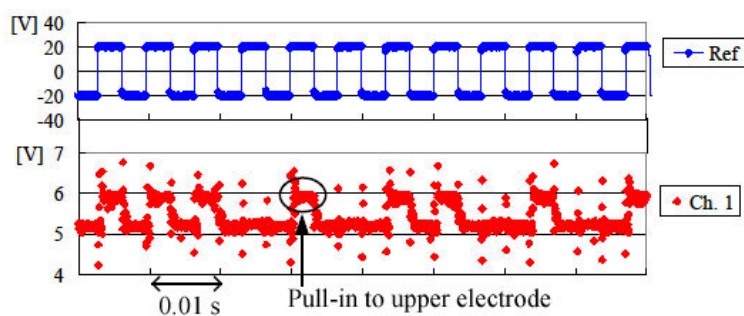
(a) Overall top view



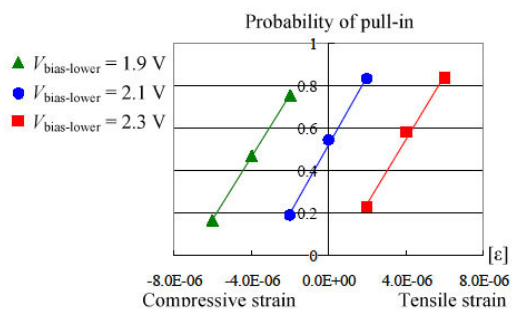
(b) Magnified view of the mass



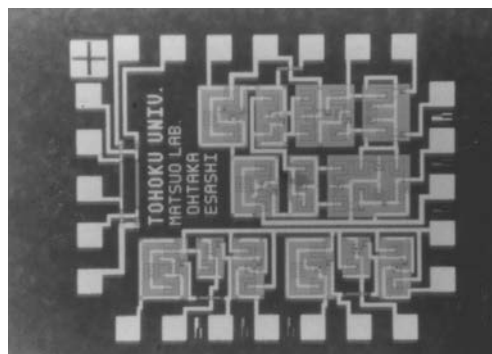
(c) Magnified view of springs supporting counter electrode



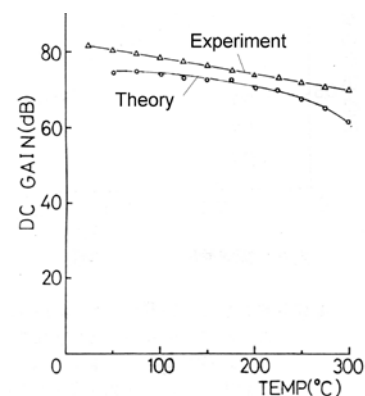
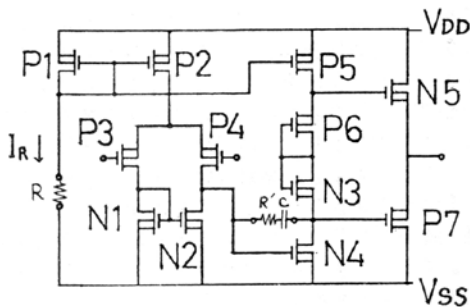
確率型センサ



参考文献 : Y.Hatakeyama, M.Esashi and S.Tanaka, Stochastic Gravity Sensor with Robust Output Using White-Noise-Applied Vi-Stable State for Low S/N Environments, Tech. Digest IEEE MEMS 2012 (2012) pp.132-135



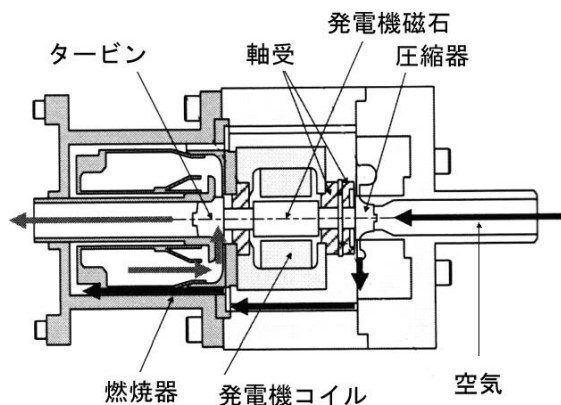
SOS (Silicon On Sapphire) CMOS による高温用オペアンプ



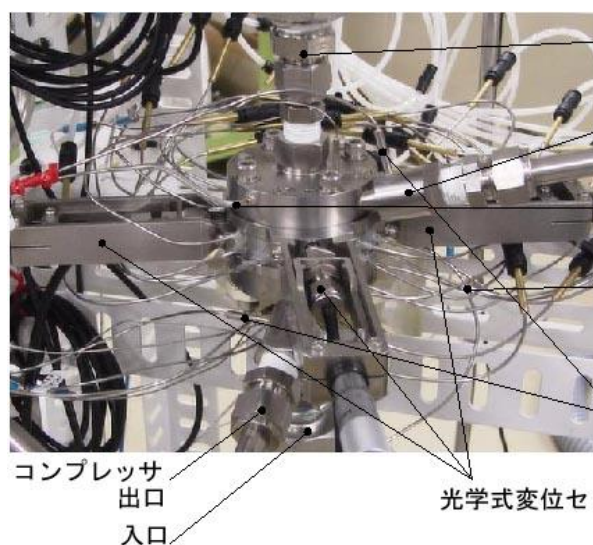
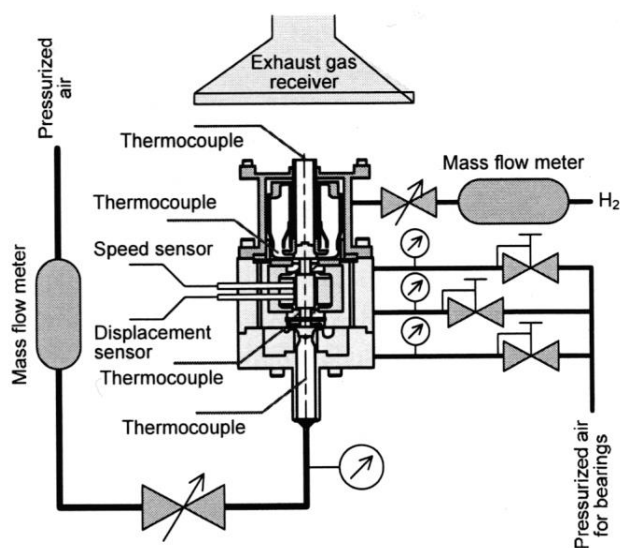
参考文献 : 江刺正喜, 大高章二, 松尾正之, 高温用集積回路と高温用圧力センサの試作, 電子通信学会半導体トランジスタ研究会, SSD86-57 (1986) pp.67-74



F1 小形ガスタービンエンジン発電機

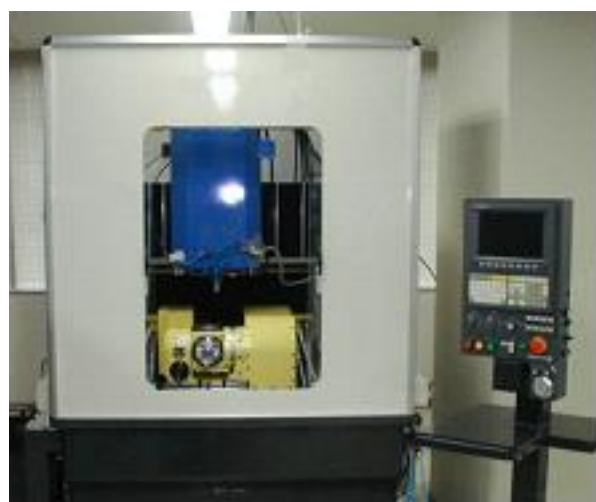


IHIの小型ガスタービン発電機システム

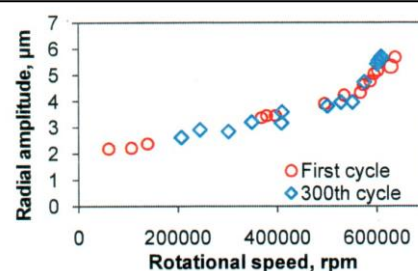
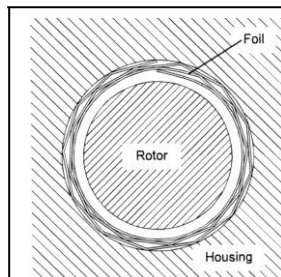
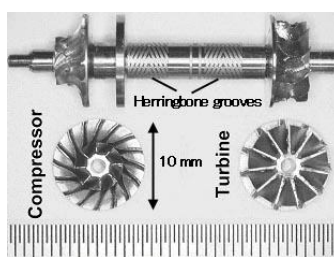


小形ガスタービンエンジン発電機 (Tohoku Univ. - IHI Corp. - Tohoku-Gakuin Univ. - Tokyo Metropolitan Univ. - The Univ. of Tokyo) (屋外作業ロボット他用)

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



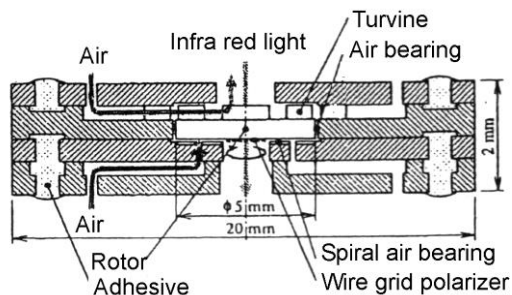
タービンの製作に用いた 5 軸ステージ高速スピンドル加工機 (東芝機械 F-MACH)



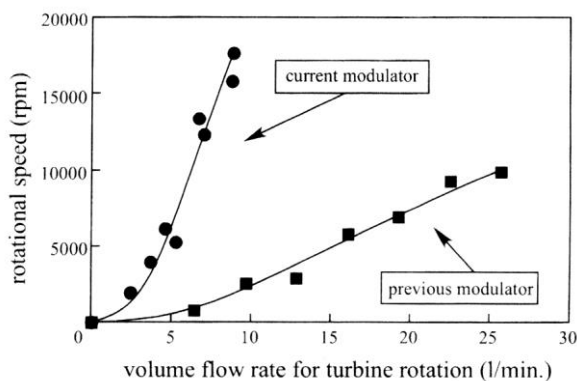
小形ガスタービンエンジン発電機のためのテープ型ラジアルフォイル軸受 (東北大 - IHI - 東北学院大)

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

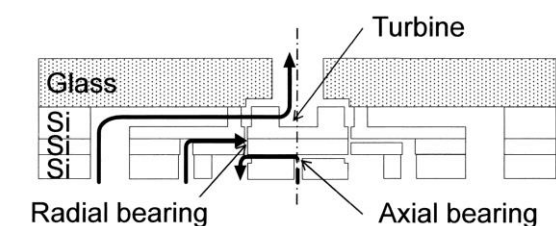
F2 Si マイクロタービンと熱電発電



高速偏光変調のための Si エアタービン

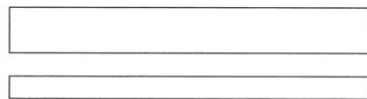


参考文献 : S.Tanaka, M.Hara and M.Esashi, Mechanical Polarization Modulator Using Micro-turbo Machinery for Fourier Transform Infrared Spectroscopy, Sensors and Actuators, A 96 (2002) pp.215-222

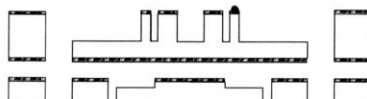


内向流ラジアル軸受けを用いた Si エアタービン

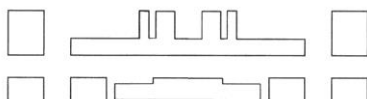
1) Preparation of 2nd and 3rd silicon wafer



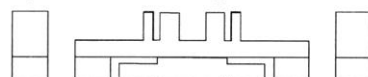
2) SiO₂ deposition, patterning and DRIE



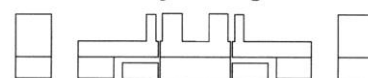
3) SiO₂ etching



4) Direct bonding

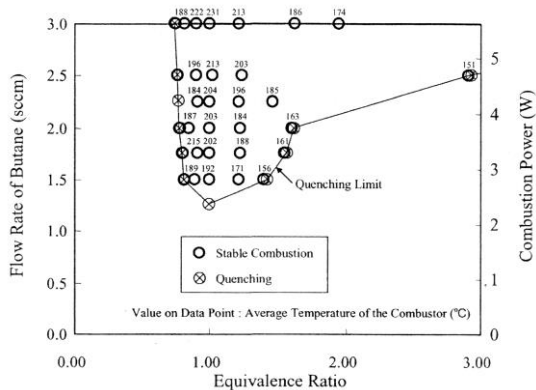
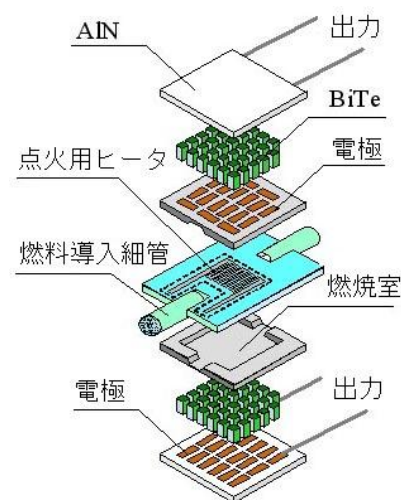


5) Photolithography and cavity-through DRIE

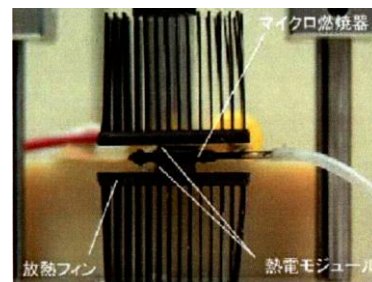
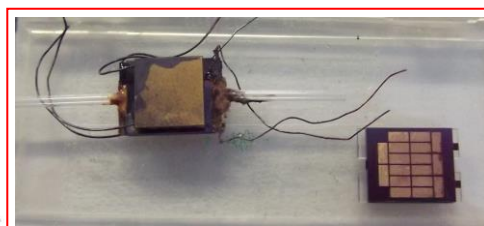


Cavity-through deep reactive ion etching

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

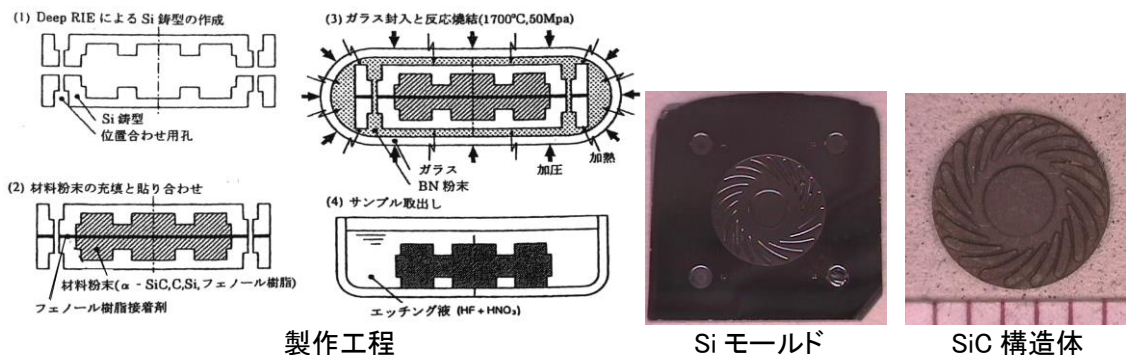


熱電発電



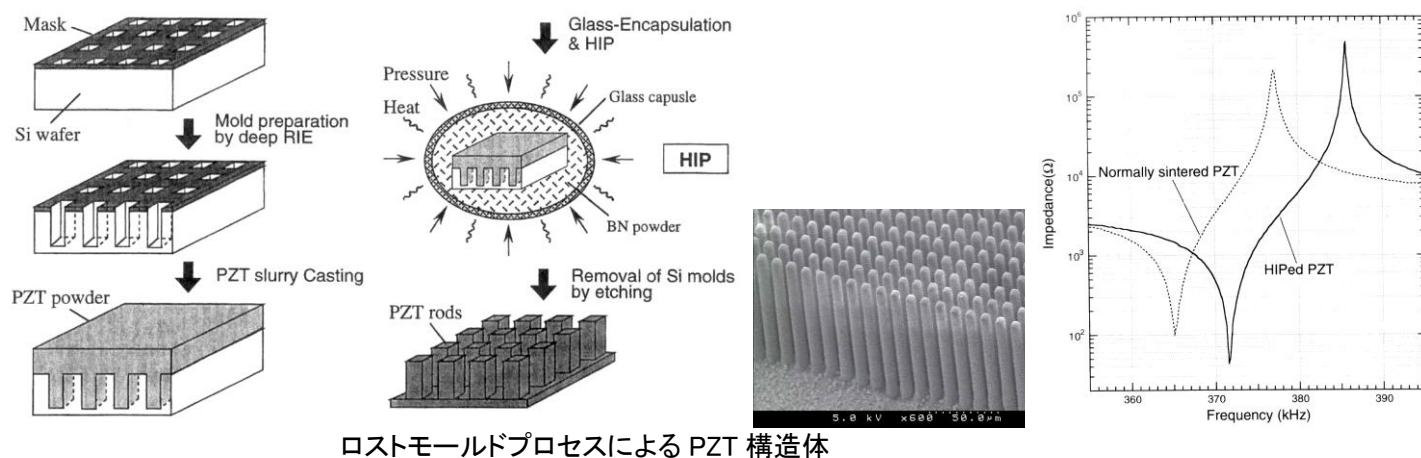
参考文献 : K.Yoshida, S.Tanaka, S.Tomonari, D.Satoh and M.Esashi, High-Energy Density Miniature Thermoelectric Generator Using Catalytic Combustion, J. of Microelectromechanical Systems, 15 (2006) pp. 195-203

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



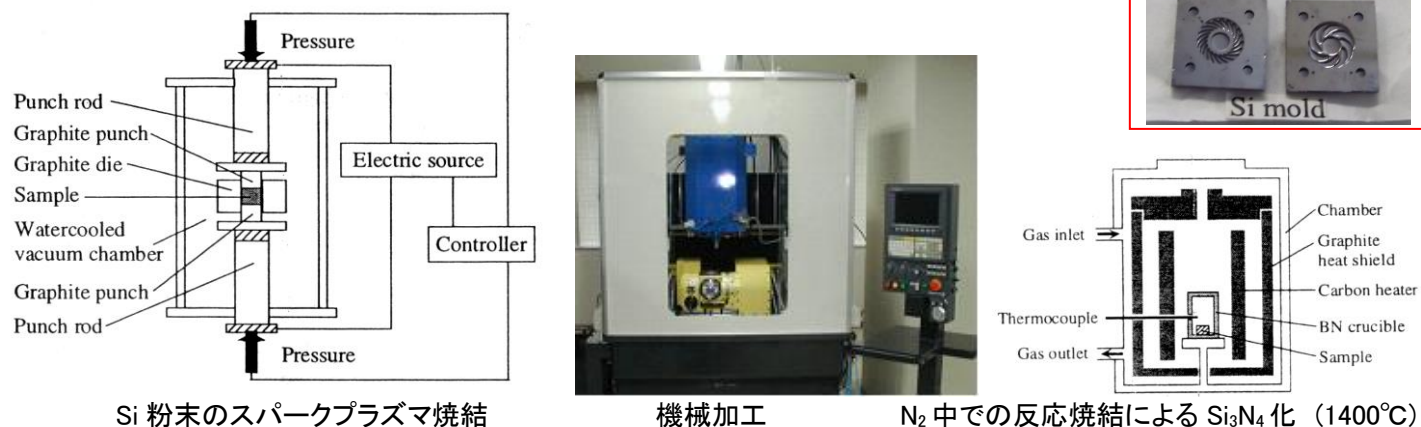
ロストモールドプロセスによる SiC 構造体

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



ロストモールドプロセスによる PZT 構造体

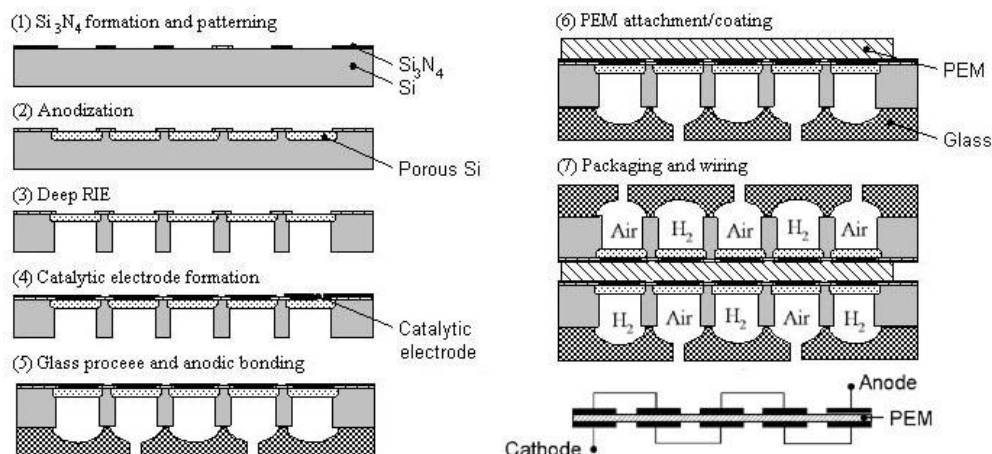
参考文献 : J.-F.Li, S.Wang, K.Wakabayashi, M.Esashi and R.Watanabe, Properties of Modified Lead Zirconate Titanate Ceramics Prepared at Low Temperature (800° C) by Hot Isostatic Pressing, J.American Ceramic Soc., 83 (2000) pp.955-957



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

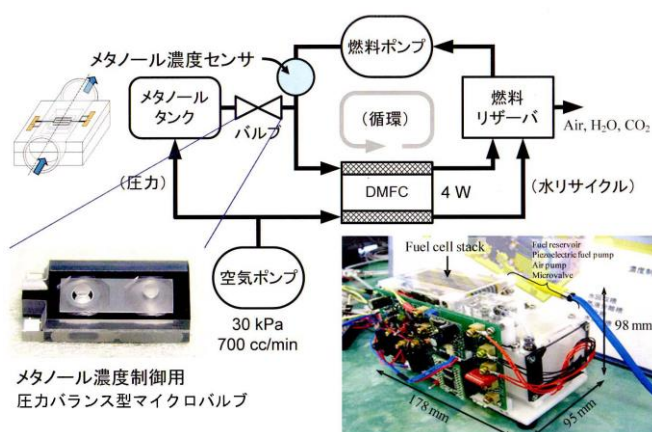
参考文献 : S.Sugimoto, S.Tanaka, J.-F.Li, T.Yamada, R.Watanabe and M.Esashi, Three-Dimensional Micromachining of Silicon Nitride for Power Microelectromechanical Systems, Technical Digest of the Transducers' 01 (2001) pp.1140-1143

F4 マイクロ燃料電池

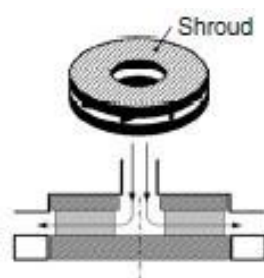


ポラス Si をガス透過膜に用いた高分子電解質膜(PEM)型燃料電池

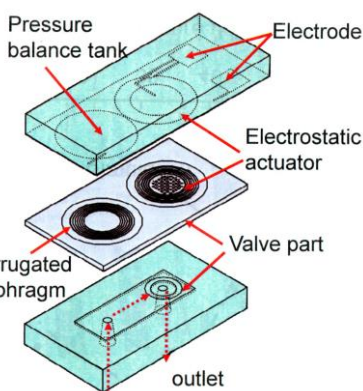
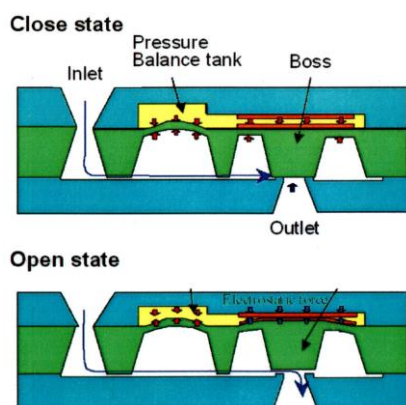
参考文献 : K.B.Min, S.Tanaka and M.Esashi, MEMS-Based Polymer Electrolyte Fuel Cell, Electrochemistry(電気化学および工業物理化学), 70 (2002) pp.924-927



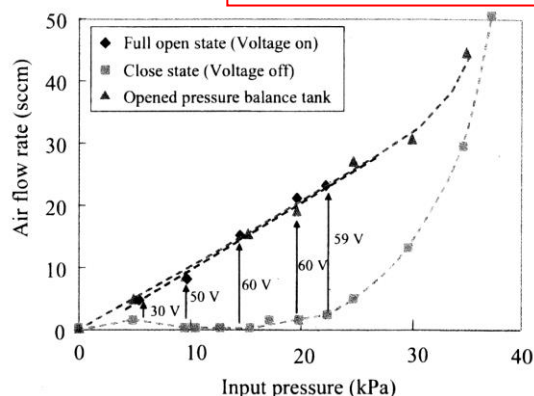
直接メタノール小形燃料電池システム (東北大 - 松下電工)



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

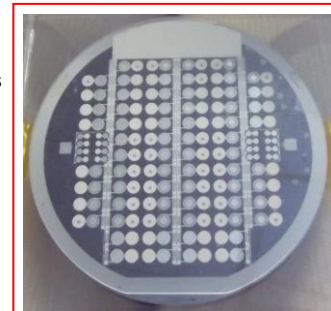
and Actuators A, 157 (2010) pp.290-298

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

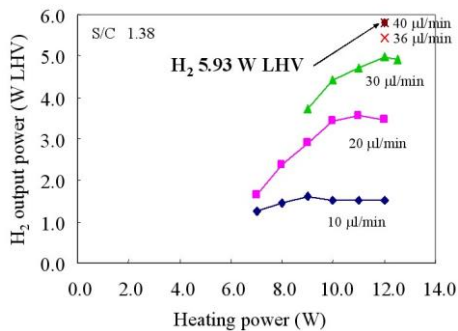
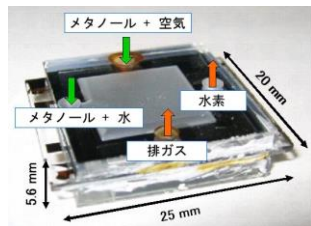
Reflectors for Fuel Cell Applications, Technical Digest MEMS 2010 (2010) pp.871-874

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

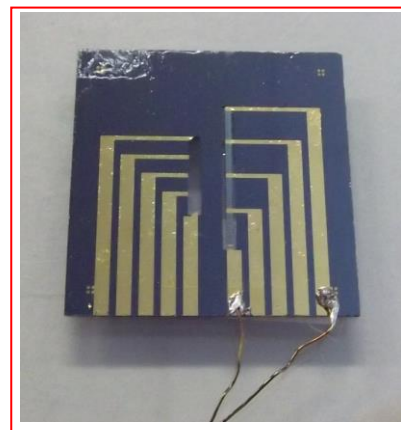
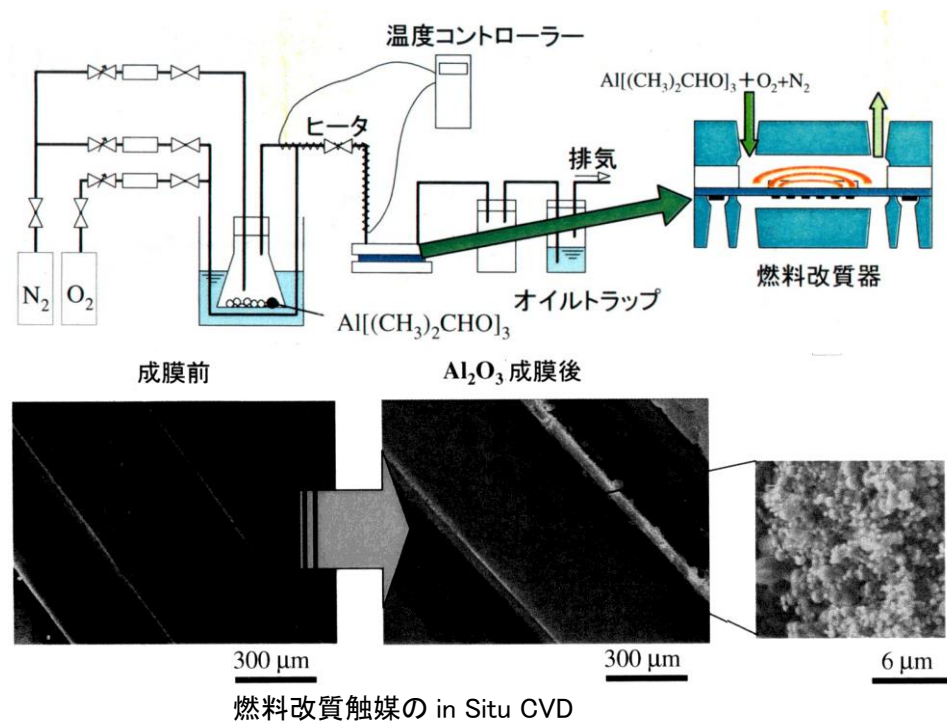


マイクロ燃料改質器 (東北大 - 松下電工)

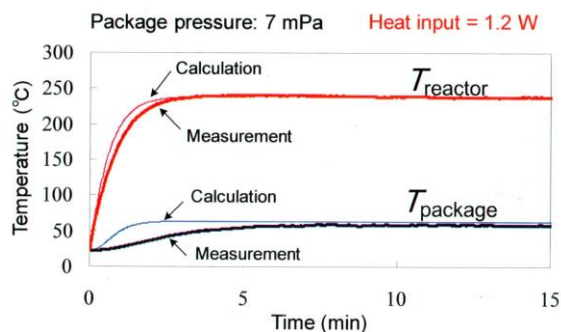
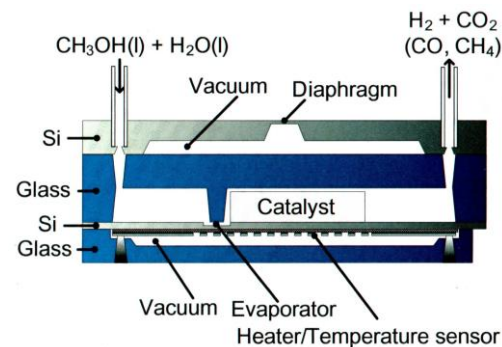
燃料電池システム



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

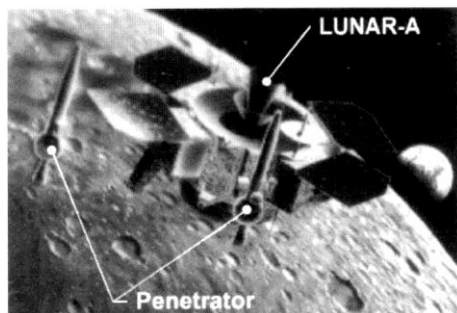


真空断熱マイクロ燃料改質器

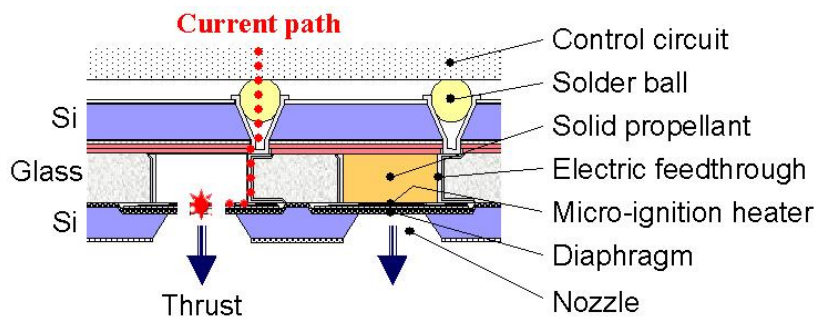


参考文献 : A.Kasuga, S.Tanaka and M.Esashi, Design and Fabrication of a Vacuum-packaged Micro Fuel Reformer, Technical Digest, Power MEMS 2007 (2007) pp.35-38

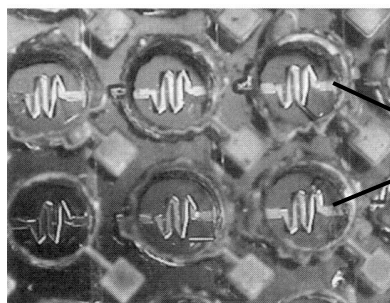
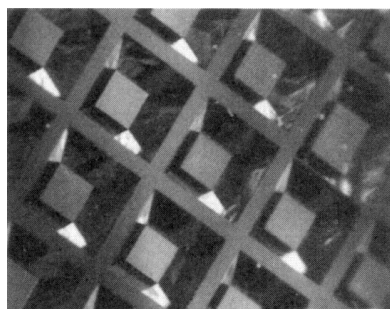
F6 デジタルマイクロスラスタ（固体ロケットエンジンアレイ）



目的



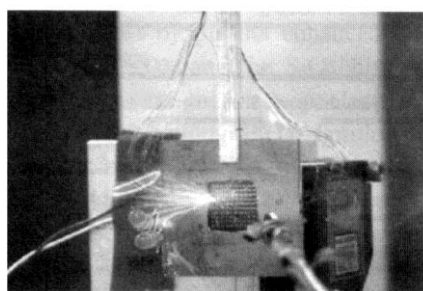
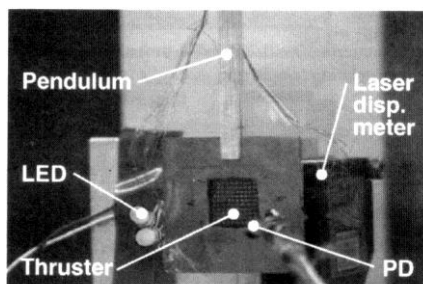
構造



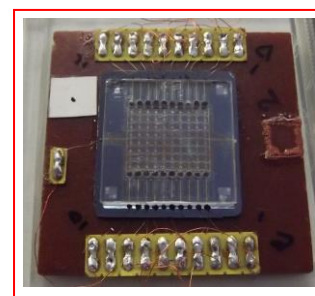
点火用ヒータ

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）

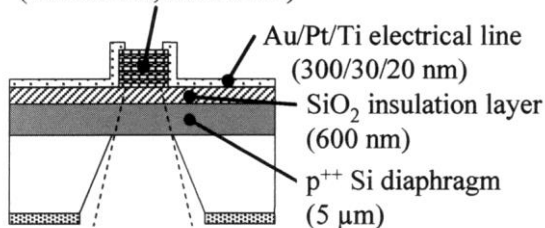


点火時のスラスト力測定

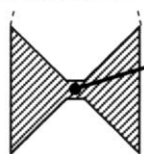


参考文献：S.Tanaka, R.Hosokawa, S.Tokudome, K.Hori, H.Saito, M.Watanabe and M.Esashi, MEMS-Based Solid Propellant Rocket Array Thruster with Electrical Feedthroughs, Trans. Japan Soc. Aero. Space Sci., 46 (2003) pp.47-51

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

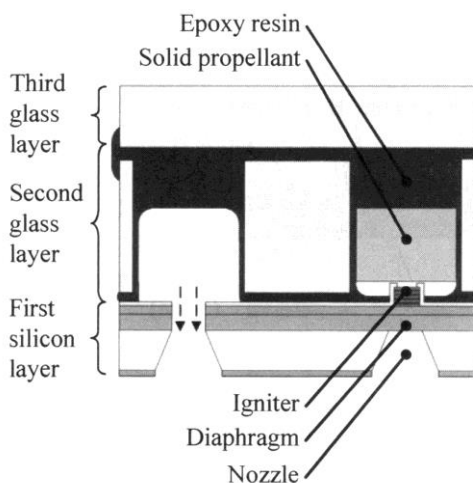


Cross-sectional view

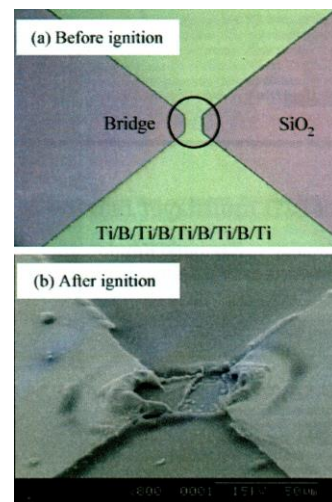


Top view

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）

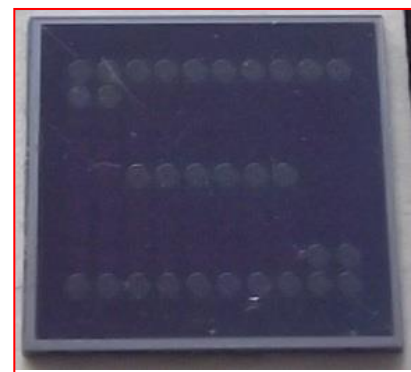
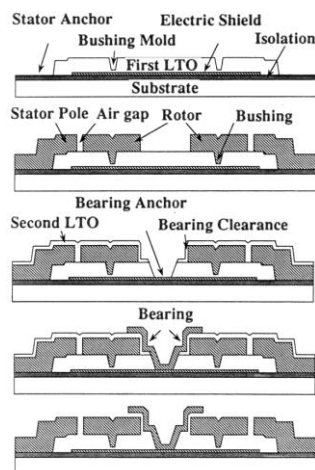


参考文献：S.Tanaka, K.Kondo, H.Habu, A.Itoh, M.Watanabe, K.Hori and M.Esashi, Test of B/Ti Multilayer Reactive Igniters for a Micro Solid Rocket Array Thruster, Sensors and Actuators A, 144 (2008) pp.361-366

F7 静電マイクロモータ・アクチュエータ

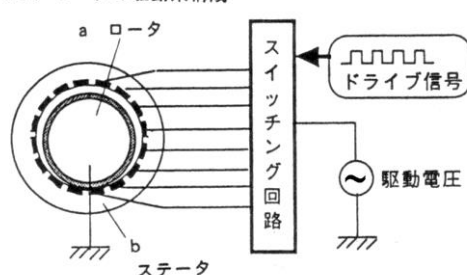


静電マイクロモータ (MIT 米)

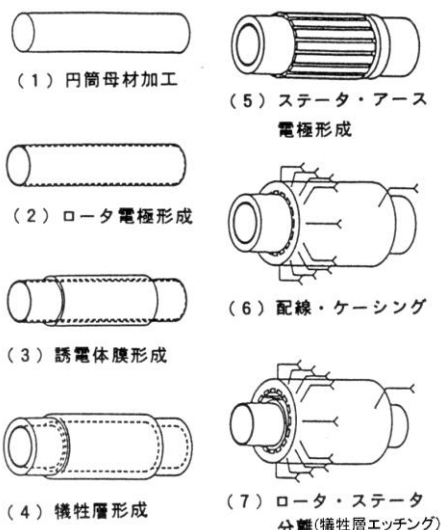
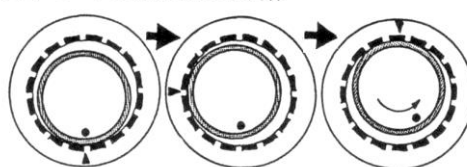


参考文献 : M.Mehregany, P.Nagarkar, S.D.Senturia and J.H.Lang, Operation of Micro-fabricated Harmonic and Ordinary Side-driven Motors, IEEE MEMS' 90 (1990) pp.1-8

(a) モータの駆動系構成

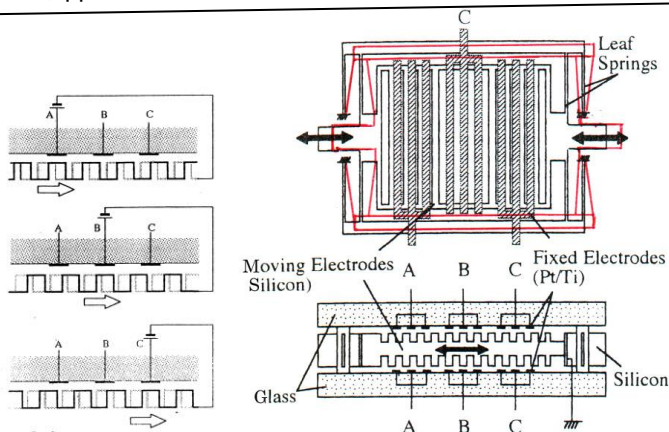
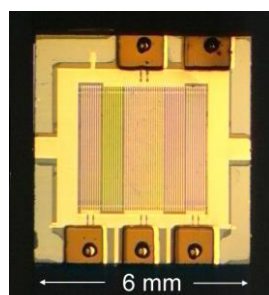
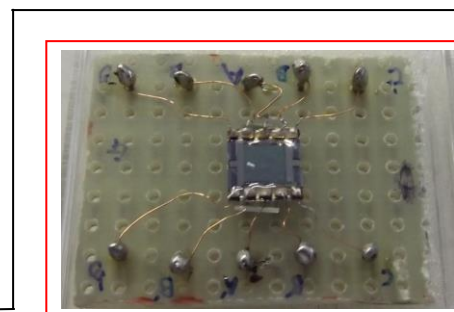
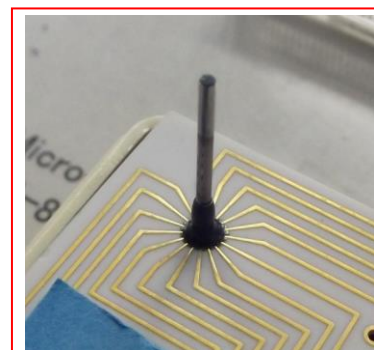


(b) モータの自転と公転の関係

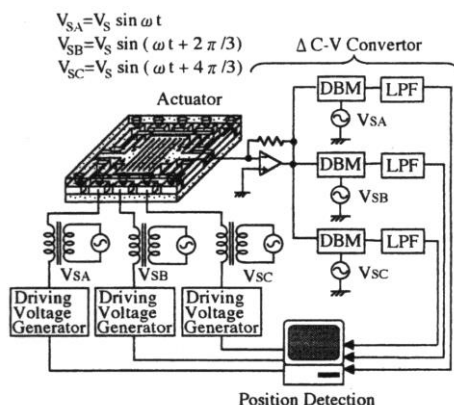


静電ウォブルモータ (松下技研)

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

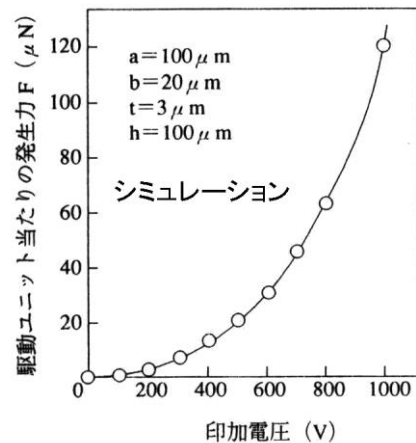
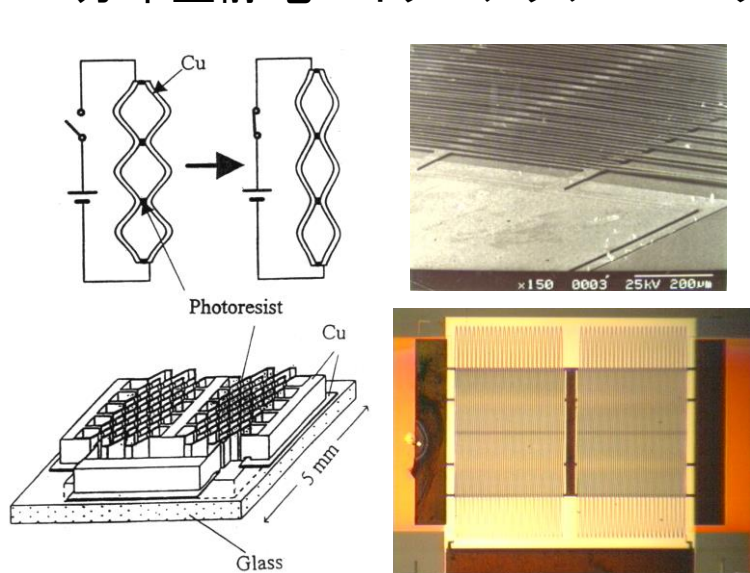


パッケージングしたステッピング静電マイクロアクチュエータ



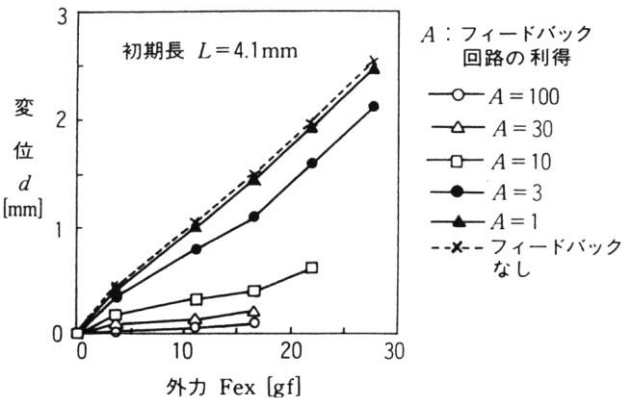
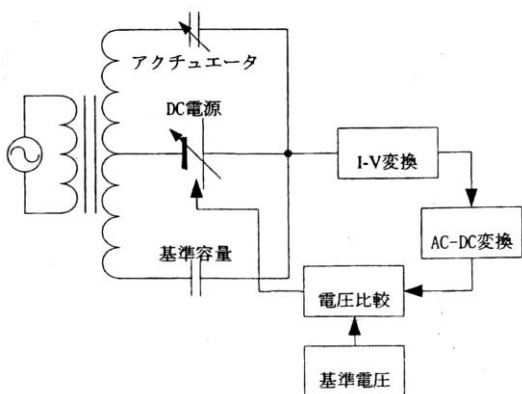
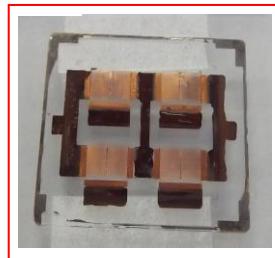
参考文献 : T.Matsubara, M.Yamaguchi, K.Minami and M.Esashi, Stepping Electrostatic Microactuator, Digest of Technical Papers Transducers'93 (1993) pp.50-53

F8 分布型静電マイクロアクチュエータ



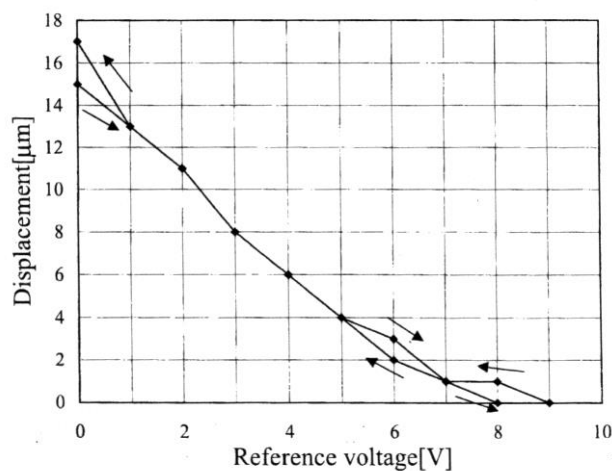
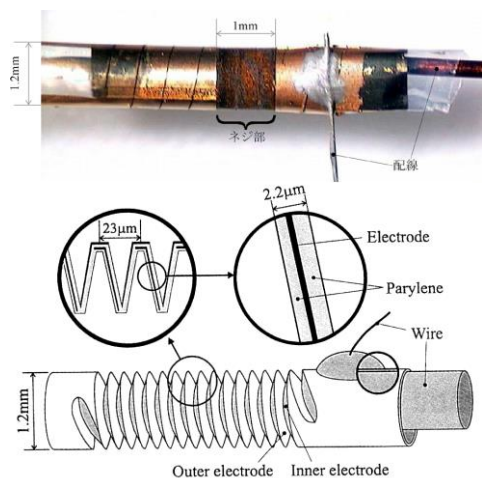
分布型静電マイクロアクチュエータ

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

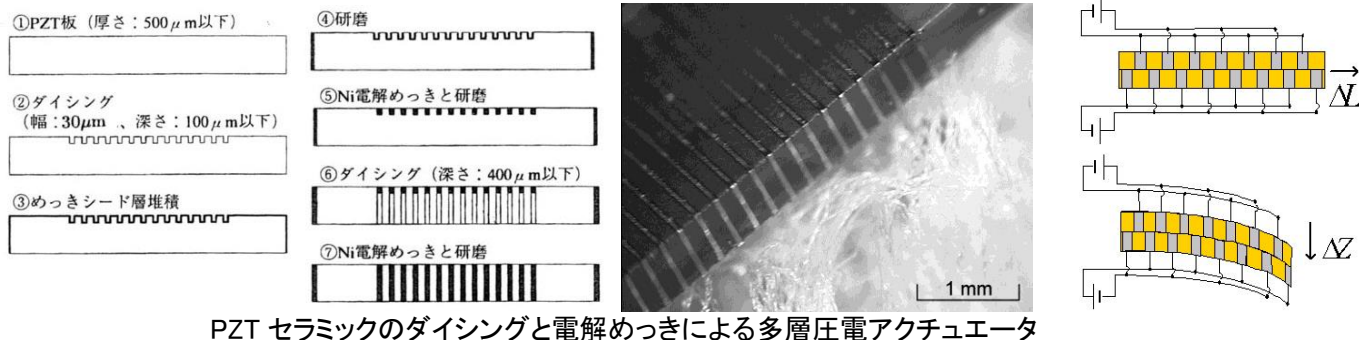


螺旋型静電アクチュエータ

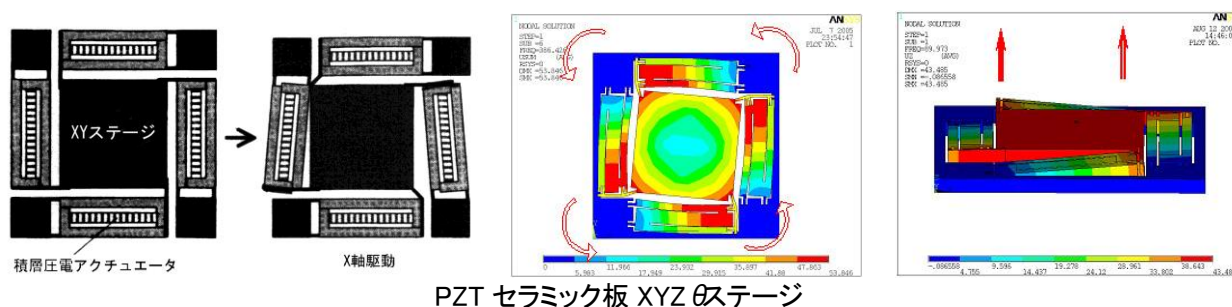
参考文献 : K.Minami, H.Morishita and M.Esashi, A Bellows-shape Electrostatic Microactuator, Sensors and Actuators, 72 (1999) pp.269-276



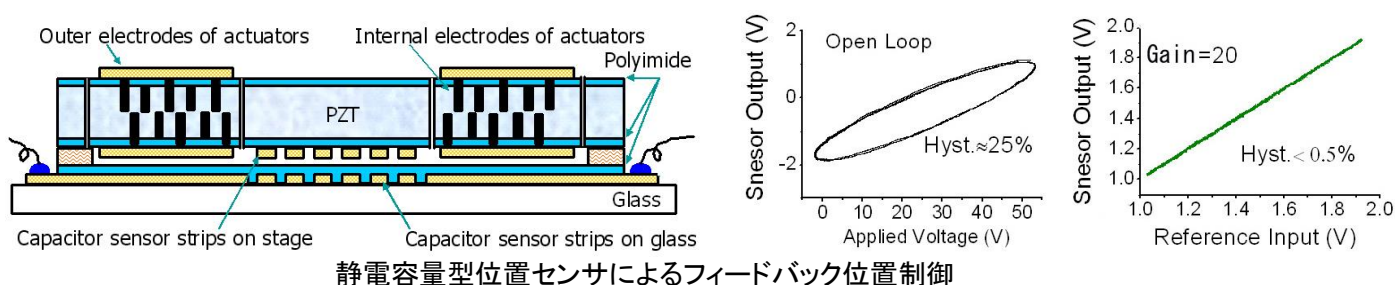
F9 圧電マイクロステージ



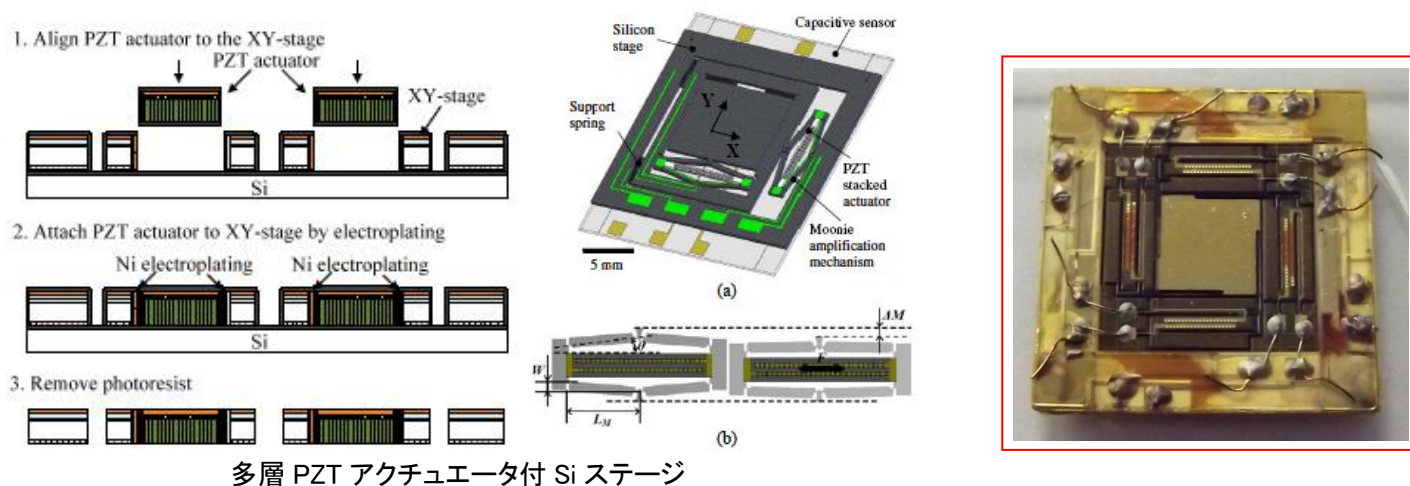
参考文献: G.Suzuki and M.Esashi, Planer Fabrication of Multilayer Piezoelectric Actuator by Groove Cutting and Electroplating, Proc. of the Micro Electro Mechanical Systems'2000 (2000) pp.46-51



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

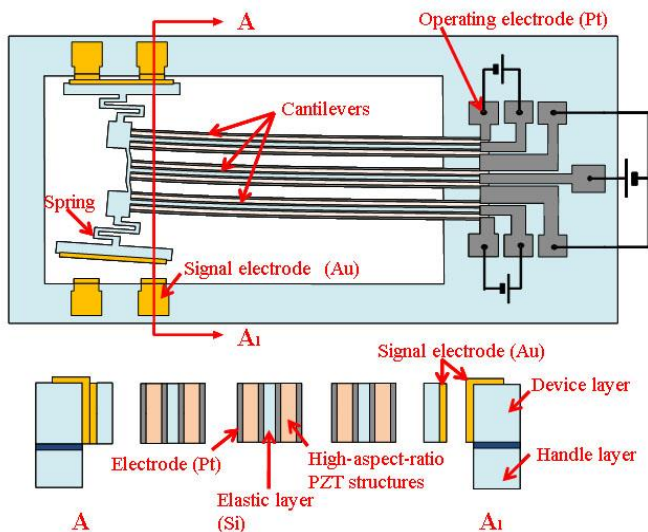


参考文献: H.G.Xu, T.Ono and M.Esashi, Precise Motion Control of a Nanopositioning PZT Microstage Using Integrated Capacitive Displacement Sensors, J.of Micromech. Microeng., 16 (2006) pp.2747-2754

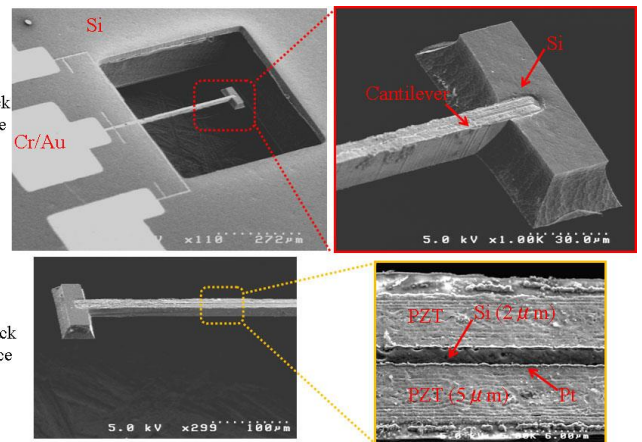


参考文献: M.Faizul M.Sabri, T.Ono and M.Esashi, Modeling and Experimental Validation of the Performance of a Silicon XY-microstage Driver by PZT Actuators, J.of Micromech. Microeng., 19 (2009) 095004(9pp)

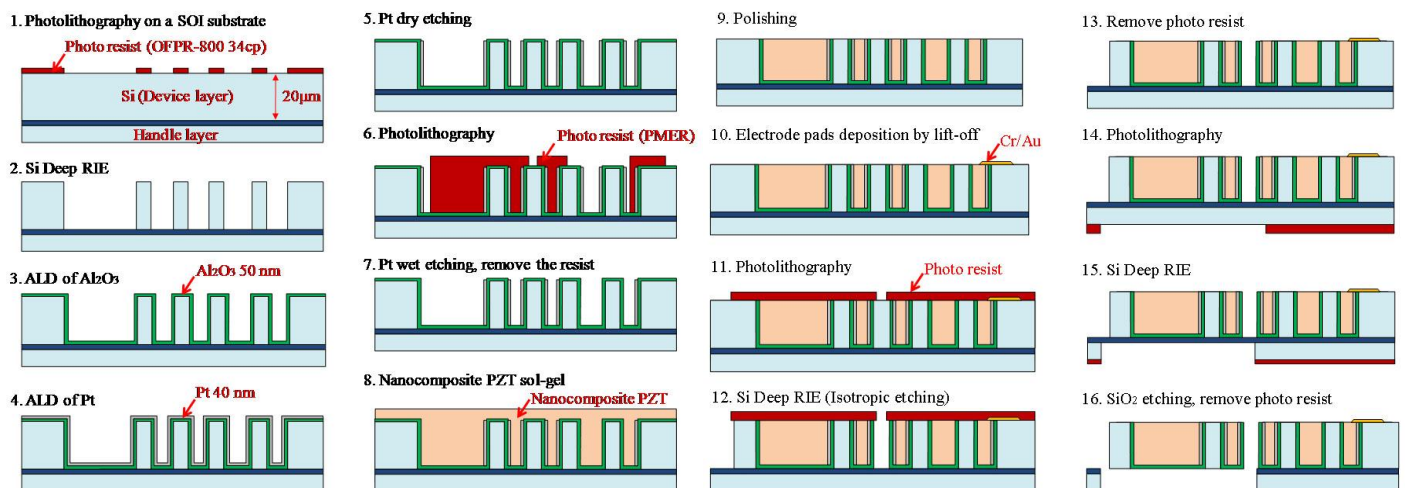
横方向駆動圧電マイクロアクチュエータ



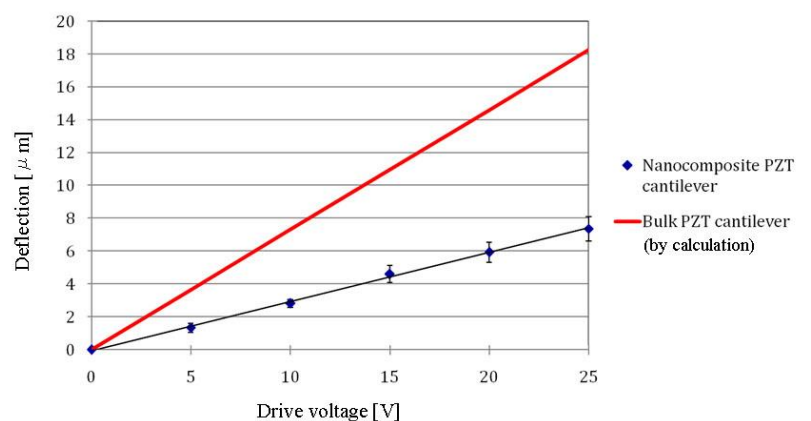
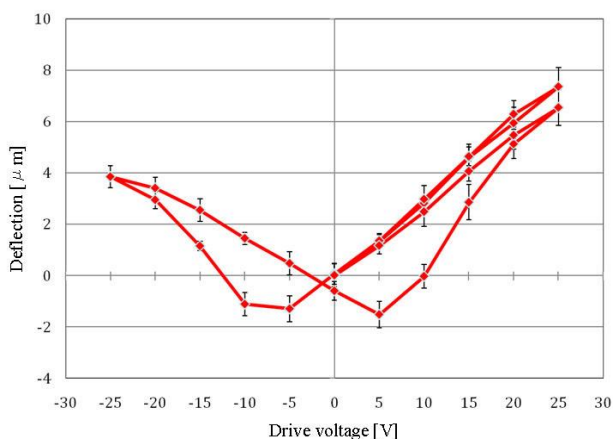
構造



写真



製作工程

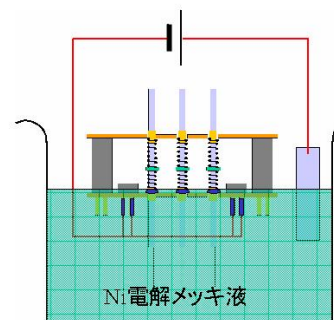
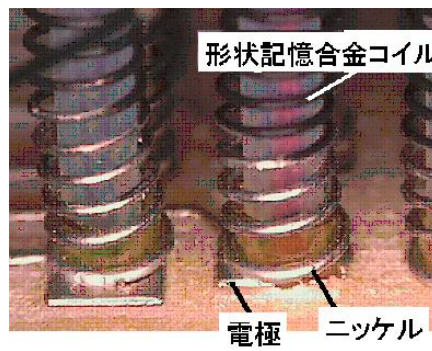
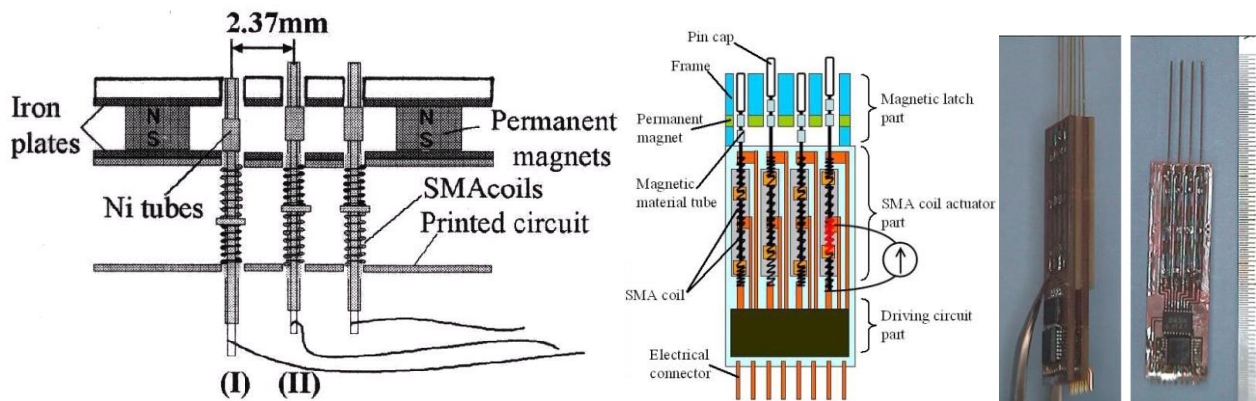


駆動電圧と変位

横方向駆動圧電マイクロアクチュエータ

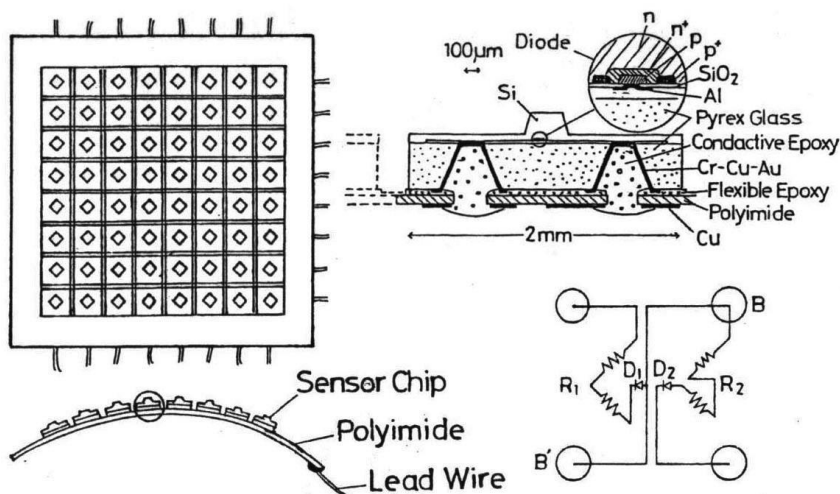
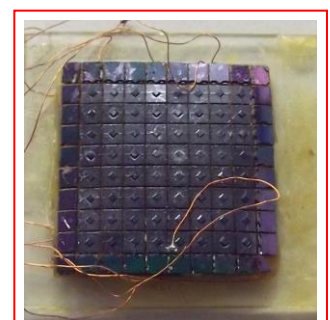
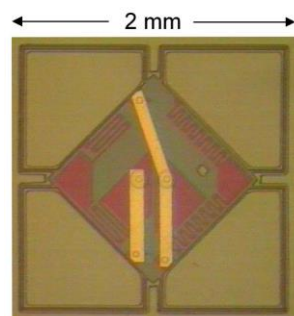
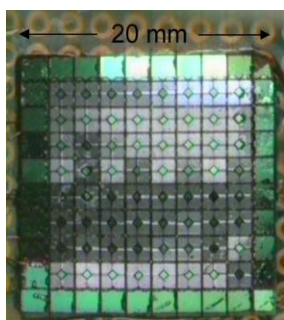
参考文献：N.Wang, S.Yoshida, M.Kumano, Y.Kawai and M.Esashi, Fabrication of High-aspect-ratio PZT Structure by Nanocomposite Sol-gel Method for Laterally-driven Piezoelectric MEMS Switch, 2012 7th IEEE Intl. Conf. on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (IEEE NEMS 2012) (2012) pp.321-326

F11 触覚ディスプレイと触覚イメージャ

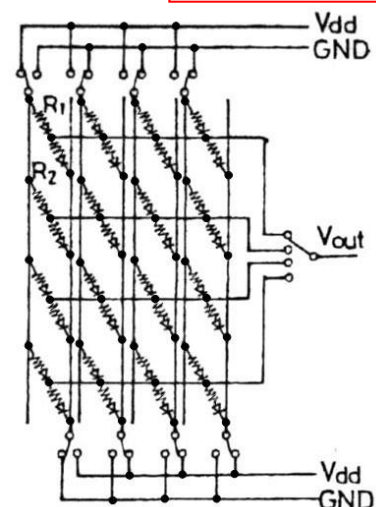


触覚ディスプレイ

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

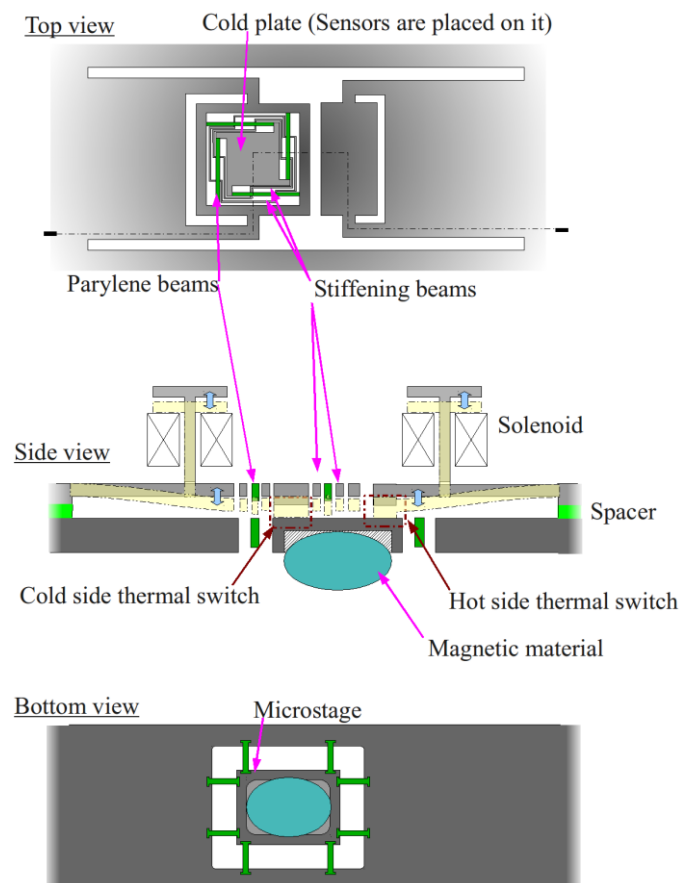


触覚イメージャ

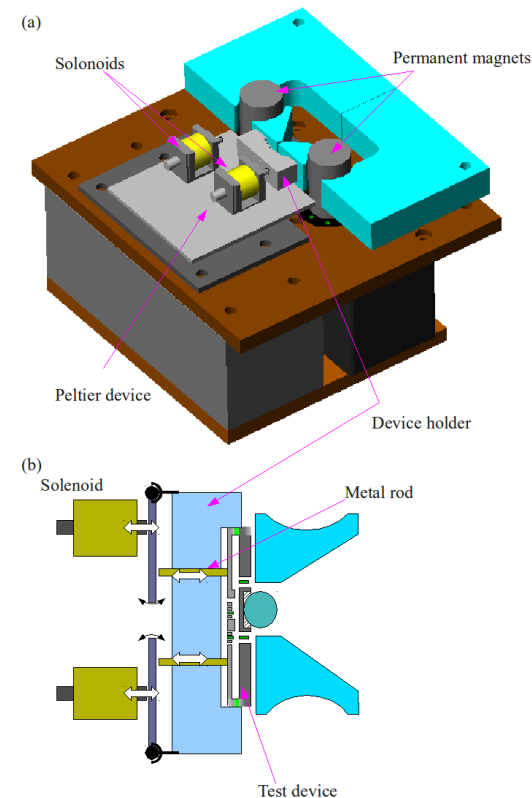


参考文献 : 江刺正喜, 庄子習一, 山本晃, 中村克俊, 半導体触覚イメージャの試作, 電子情報通信学会論文誌 C-II, J73-C-II (1990) pp.31-37

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

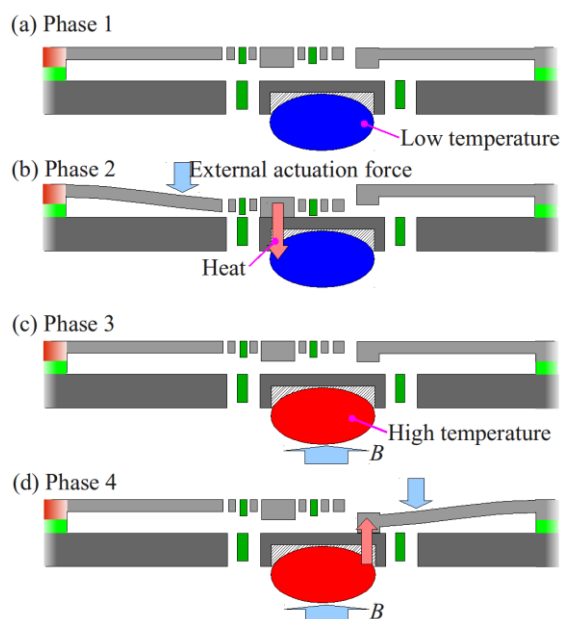


冷凍システム

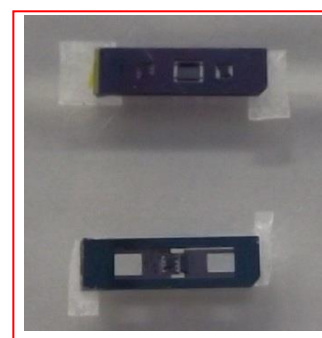
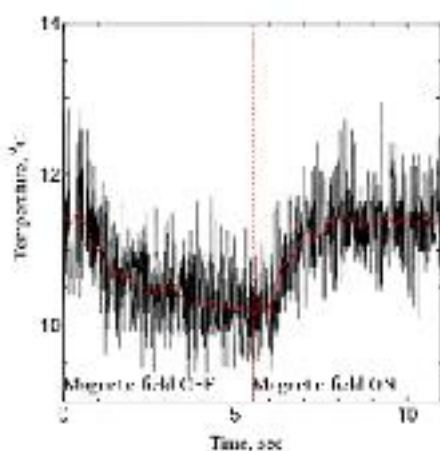
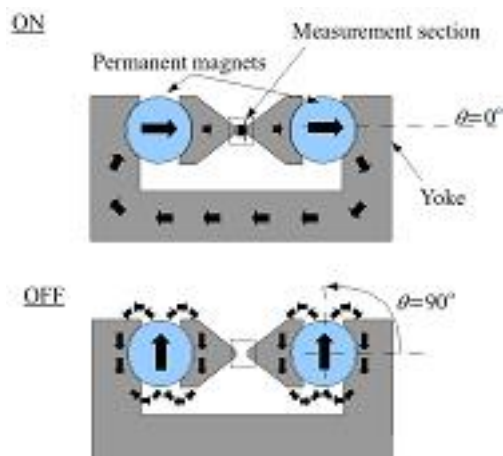
変動磁場の発生は、永久磁石を回転して行う

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

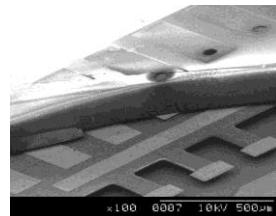
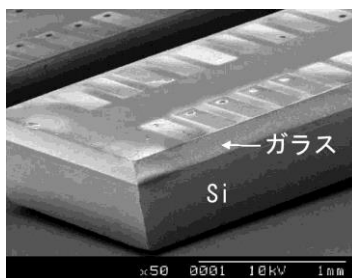
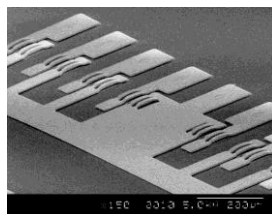
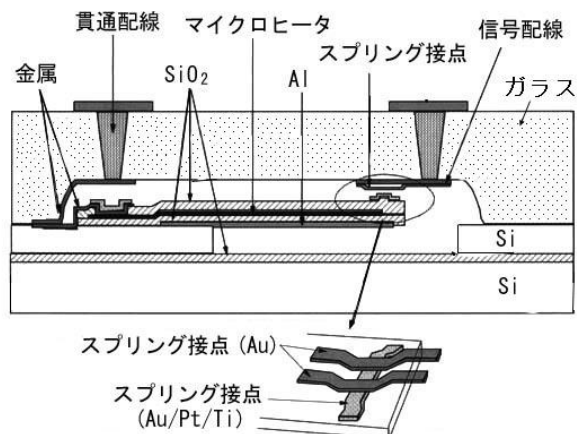
参考文献 : T.Tsukamoto, M.Esashi and S.Tanaka, A Micro Thermal Switch with a Stiffness-enhanced Thermal Isolation Structure, J.of Micromech. Microeng., 21 (2011) 104008(6pp)



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

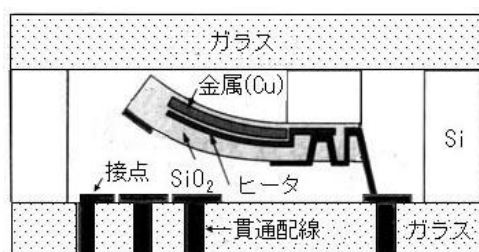


熱型 MEMS スイッチ



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

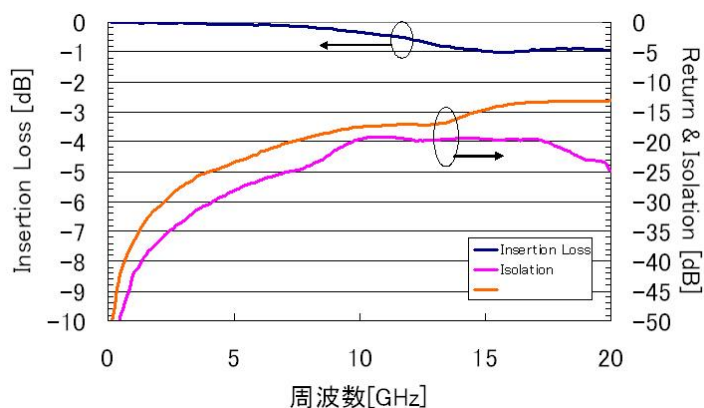
- 高耐電圧性
- 良好な高周波アイソレーション特性

小型化・集積化のメリット

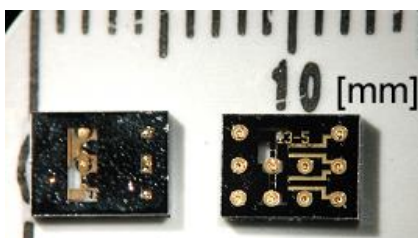
- 高速信号伝播特性

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)



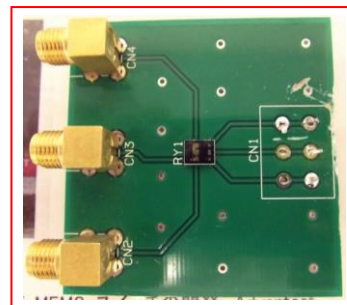
アドバンテスト社製
半導体試験装置
T2000 シリーズ

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

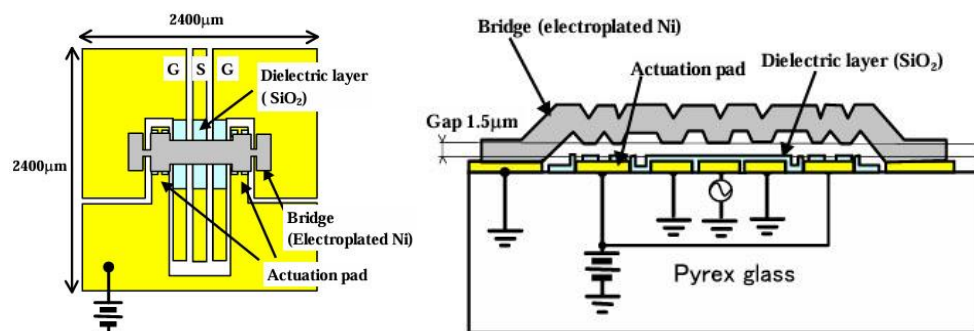
ADVANTEST



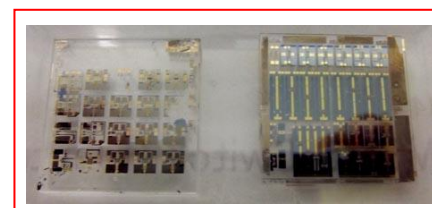
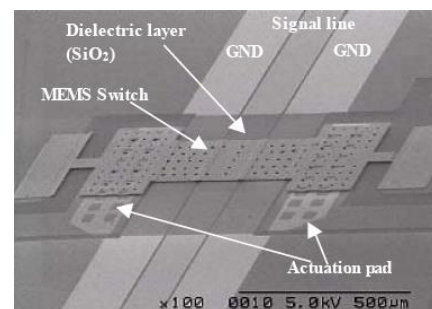
LSI テスタ用熱型 MEMS スイッチと生産工場のアドバンテストコンポーネント (仙台)

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

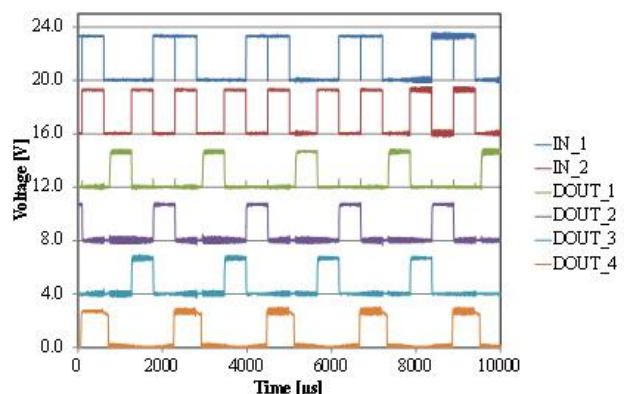
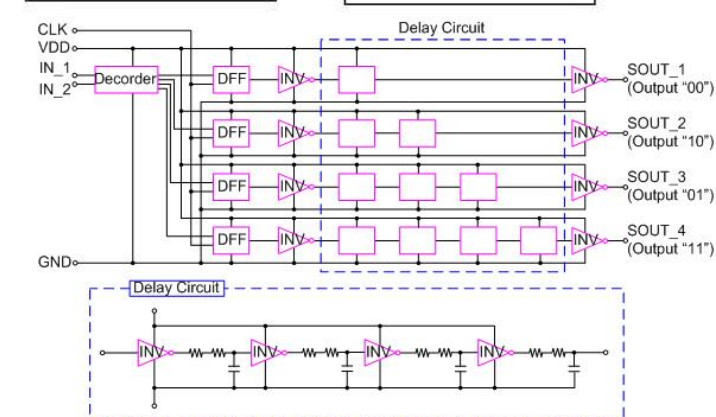
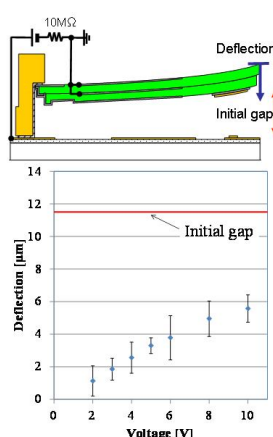
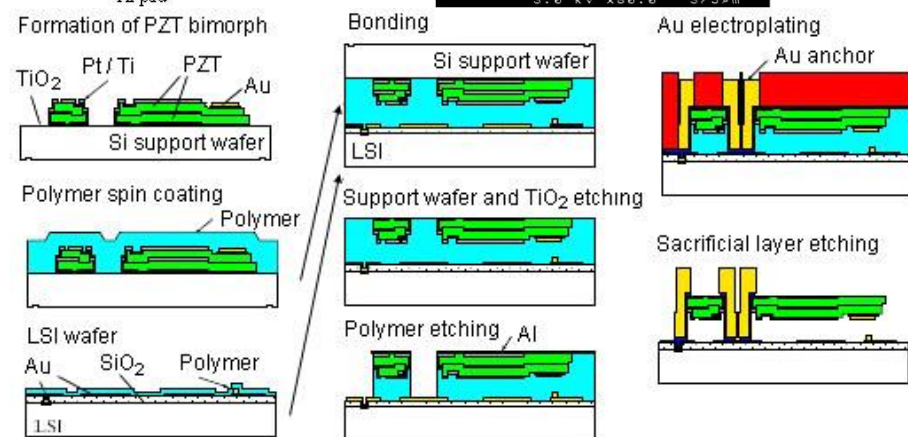
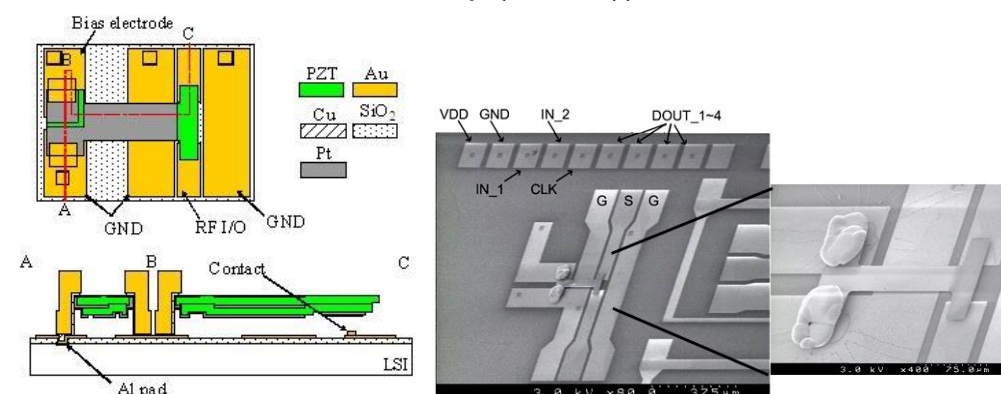
F14 静電・圧電型 MEMS スイッチ



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

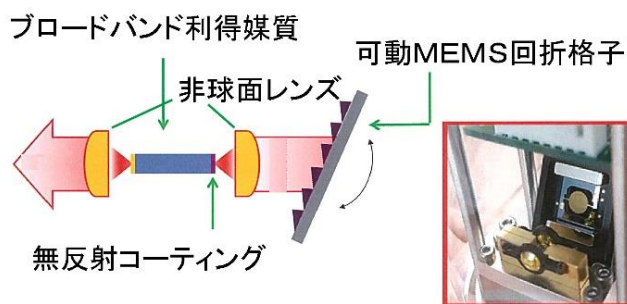
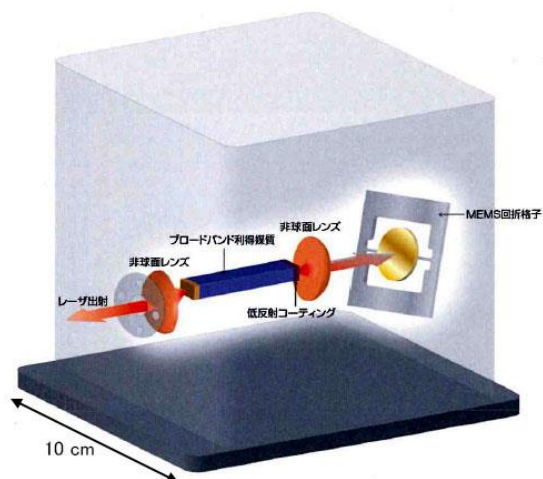


圧電薄膜 MEMS スイッチ

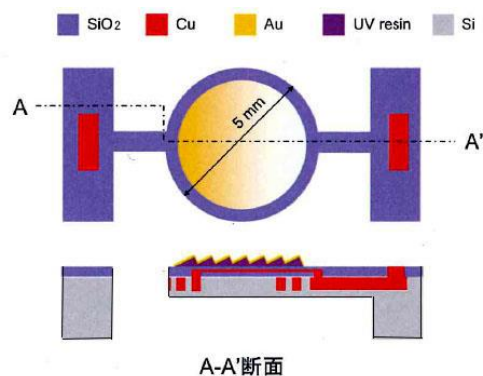
参考文献 : K.Matsuo, M.Moriyama, M.Esashi and S.Tanaka, Low-voltage PZT-actuated MEMS Switch Monolithically Integrated with CMOS Circuit, Technical Digest IEEE MEMS 2012 (2012) pp.1153-1156

G1 波長掃引パルス量子カスケードレーザ (浜松ホトニクス(株))

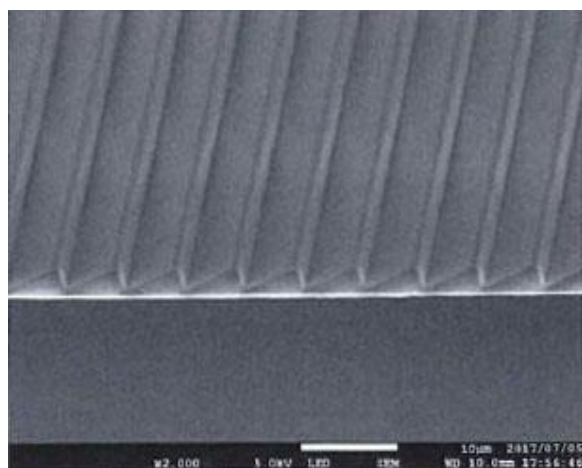
外部共振構造によりブロードな波長掃引が可能なパルス量子カスケードレーザ(EC-QCL)が、従来 フーリエ変換赤外分光器(FT-IR)などで行っていた中赤外の分光測定を遠隔・非接触かつ高スループットで実現することが可能。浜松ホトニクス(株)が西澤記念研究センターの試作コインランドリを利用して、可動 MEMS 回折格子を製作して製品化した。



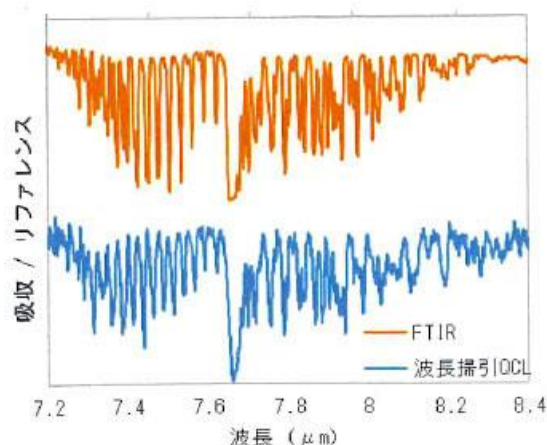
構造



可動 MEMS 回折格子



MEMS 回折格子の SEM 像



メタンガスの赤外線吸収特性 (測定例)

Melt Pressure & Temperature Sensor

Rev.1

KF10 **NEW**

長野計器

光学式 溶融樹脂 圧力・温度センサ

Melt Pressure & Temperature Sensor

光学式で圧力を計測する革新的な樹脂圧センサ

サファイア単結晶ダイアフラム
搭載ヘッドにより耐久性向上

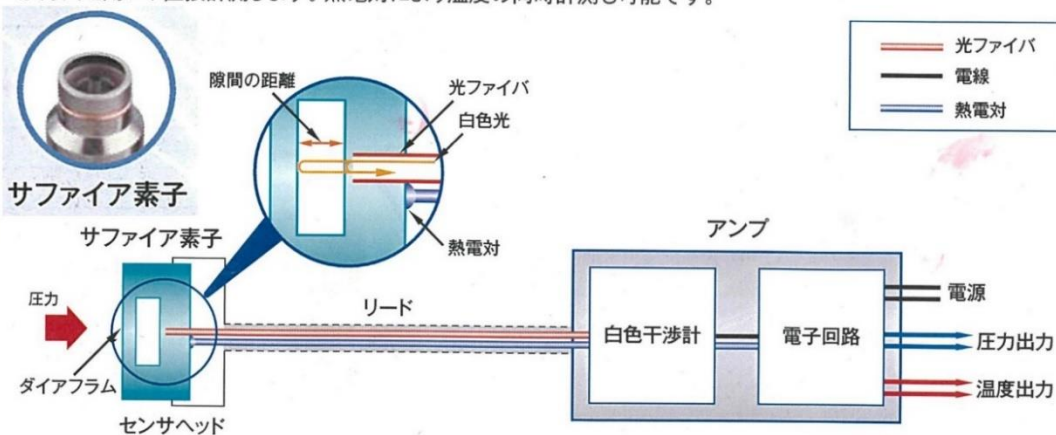


CE RoHS

**400℃で±0.5%F.S.
の高圧計測を実現!**

光学式圧力センサ構成図

サファイア素子の中に隙間が設けられており、ダイアフラムにかかる圧力によって変化する隙間の距離を白色干渉方式を用い、直接計測します。熱電対により温度の同時計測も可能です。



長野計器

NAGANO KEIKI

長野計器株式会社

本社 / 〒143-8544 東京都大田区東馬込一丁目30番4号 代表TEL 03(3776)5311 FAX 03(3776)5320

●お問合せは下記フリーコールをご利用ください。

コールセンター / 0120-10-8790

ホームページ URL :

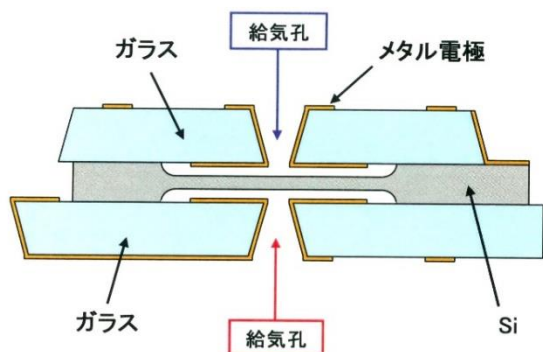
<https://www.naganokeiki.co.jp/>

G3 静電容量型微差圧センサ「マノスター」(株)山本電機製作所

MEMS パークンソーシアムの「MEMS 人材育成」および、

試作コインランドリで開発された

マノスターデジタル微差圧計 QDP33



断面構造



チップ写真



アセンブリ

MANOSTAR DIGITAL SENSOR

QDP33

マノスターデジタルセンサ

NEW

究極のマノスター誕生。

HIGH QUALITY
COMPACT BODY
CLEAR DISPLAY
30mm X 30mm

自社開発の静電容量型センサを搭載

- ▶ 高感度、高精度
- ▶ 各種微差圧レンジに対応 (ゼロセンタレンジ含む)

業界最小クラスのデジタル微差圧計

- ▶ 本体サイズ 幅 30mm、高さ 30mm
- ▶ 密着取り付け可能

洗練されたデザインと視認性

- ▶ 高品質白色LCD (メイン画面)
- ▶ 12セグメントのアルファニューメリック表示

【外観図】

【取り付け例】

©2017年発売予定 (開発中の為、仕様を変更する場合があります。)

YAMAMOTO ELECTRIC WORKS CO.,LTD.JAPAN

仕様	
圧力レンジコード	QDP33 N 1 D 500 (例)
レンジ	最大値 (±レンジは±も記入)
単位	D Pa E kPa
アナログ出力	1 4 ~ 20 mA 4 1 ~ 5 V
比較出力	N NPN トランジスタ P PNP トランジスタ

圧力レンジコード	定格圧力レンジ	LCD表示
D 50	0 ~ 50 Pa	0 ~ 50.0
D 100	0 ~ 100 Pa	0 ~ 100.0
D 200	0 ~ 200 Pa	0 ~ 200
D 300	0 ~ 300 Pa	0 ~ 300
D 500	0 ~ 500 Pa	0 ~ 500
D 1000	0 ~ 1000 Pa	0 ~ 1000
E 1	0 ~ 1 kPa	0 ~ 1.00
E 2	0 ~ 2 kPa	0 ~ 2.00
E 3	0 ~ 3 kPa	0 ~ 3.00
E 5	0 ~ 5 kPa	0 ~ 5.00
D +-50	-50 ~ 50 Pa	-50.0 ~ 50.0
D +-100	-100 ~ 100 Pa	-100.0 ~ 100.0
D +-200	-200 ~ 200 Pa	-200 ~ 200
D +-300	-300 ~ 300 Pa	-300 ~ 300
D +-500	-500 ~ 500 Pa	-500 ~ 500
E +-1	-1 ~ 1 kPa	-1.00 ~ 1.00
E +-2	-2 ~ 2 kPa	-2.00 ~ 2.00
E +-3	-3 ~ 3 kPa	-3.00 ~ 3.00
E +-5	-5 ~ 5 kPa	-5.00 ~ 5.00

製品に関するお問い合わせ

▷ お電話でのお問い合わせ

▷ メールでのお問い合わせ

078-621-7000

eigyuu@manostar.co.jp

製造元 **株式会社 山本電機製作所**

〒653-0031 神戸市長田区西尻池町一丁目2番3号

TEL: (078)-631-6000 FAX: (078)-631-6020

<http://www.manostar.co.jp/>

国内 MEMS 企業 9 社の連携プロセスによる「SEMI マイクロシステム/MEMS セミナー」10 周年記念品 (会社間コラボレーション) 2006/12/6

設計 江刺



2) フォトリソ **RICOH** MEMS CORE



3) Si RIE **RICOH**



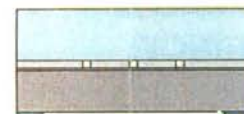
4) フォトリソ **RICOH** MEMS CORE



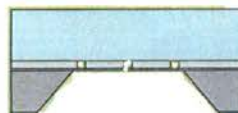
5) 酸化膜ドライエッチング **RICOH**



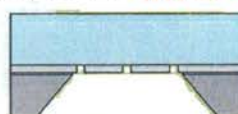
6) 陽極接合 **OMRON**



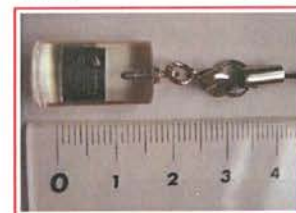
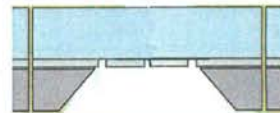
7) Si 結晶異方性エッチング **OMRON**



8) 酸化膜エッチング **OMRON**



9) ダイシング **FE** 富士電機システムズ株式会社



0) SOI 基板 **OLYMPUS**

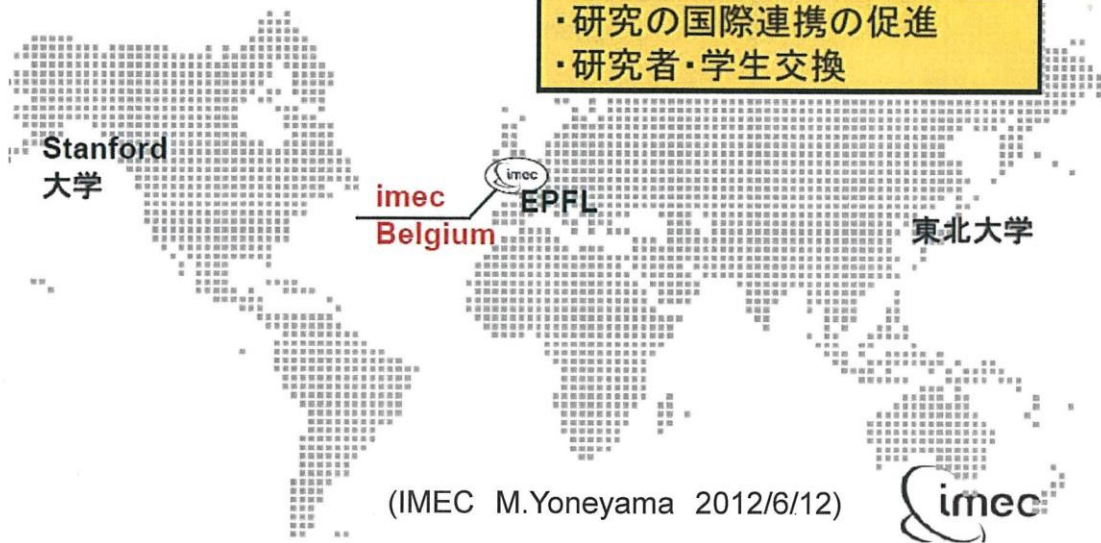


1) 熱酸化、酸化膜エッチング **RICOH**



Strategic Partner
東北大学・Stanford大学・EPFL

- ・日・米・欧から1大学ずつ選定
- ・研究の国際連携の促進
- ・研究者・学生交換



← 数井 東北大理事と
Luc Van Den Hove
IMEC社長

協 定 調 印 式
(2012/6/11)中央は
ベルギーのフィリッ
プ皇太子 →



IMEC での
共同セミナー
(2012/6/21)
毎年交互開
催

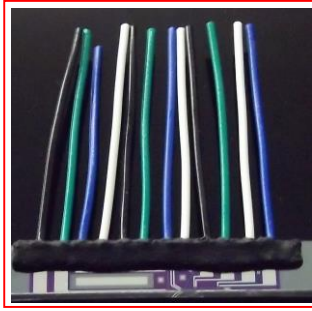


Exhibit #1: Sample to determine the piezoresistivity of a poly-SiGe layer by measuring the resistance changes during 4-point bending tests.

Exhibit #1

KATHOLIEKE UNIVERSITEIT
LEUVEN

OPTIMIZATION OF THE PIEZORESISTIVE AND ELECTRICAL PROPERTIES OF POLY- SiGe FOR MEMS SENSOR APPLICATIONS



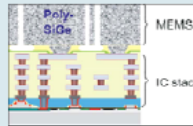
P. Gonzalez^{1,2}, L. Haspelslagh¹, Kristin De Meyer^{1,2} and Ann Witvrouw¹

¹imec, Kapeldreef 75, 3001 Leuven (Belgium); ²KULeuven, Kasteelpark Arenberg 10, 3001 Leuven

Poly-SiGe has emerged as a promising MEMS structural material since it provides the desired mechanical properties at CMOS-compatible temperature

Monolithic integration of MEMS on top of CMOS can improve performance, yield and reliability as well as lower packaging and assembly costs

INTRODUCTION



ABSTRACT

- The piezoresistive and electrical properties of boron-doped poly-SiGe for different doping doses (from $2 \cdot 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ to $4 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) and Ge content (49% and 64%) are evaluated
- With proper tuning of the boron and germanium content, a gauge factor over 20 and a TCR as low as 0 are achievable
- Finite-element simulations of a possible poly-SiGe pressure sensor were done, showing the effect of sensor area.

EXPERIMENTAL

400nm-thick poly-Si₃₅Ge₆₄ and poly-Si₄₉Ge₅₁ layers were deposited using CVD and doped through ion implantation of boron at 65 keV with dosages between $2 \cdot 10^{13}$ and $4 \cdot 10^{15} \text{ cm}^{-2}$

- Poly-Si₃₅Ge₆₄
 - Wafer temperature: 500°C
 - Annealing temperature: 570°C

- Poly-Si₄₉Ge₅₁
 - Wafer temperature: 540°C
 - Annealing temperature: 620°C



Sample for piezoresistive measurements with 4 differently orientated resistors

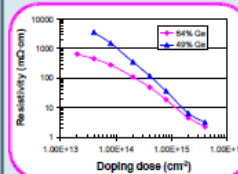
MEASUREMENT SETUP

- Piezoresistivity is estimated from the resistance variation when stressing the films in a four point bending fixture

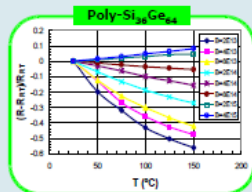


- Resistivity is measured on blanket wafers using a four-point probe
- TCR is calculated by performing four point resistance measurements of patterned resistors in the temperature range 25-150°C

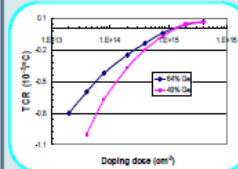
RESISTIVITY AND TCR



The resistivity reduces with increasing B concentration and Ge content



The temperature dependence of resistivity varies from non-linear and negative (thermionic emission) to positive and linear (carrier mobility) by increasing B concentration



The TCR can be tuned according to specifications, making it positive, negative or even 0

PIEZORESISTIVITY

With the measured relative resistance variation and the simulated stress the piezoresistive coefficients are calculated

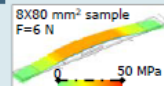
$$\Delta R/R = \sigma (\pi_l \cos^2 \varphi + \pi_t \sin^2 \varphi - \pi_{lt} \cos \varphi \sin \varphi)$$

B (cm ⁻²)	Poly-Si ₃₅ Ge ₆₄		Poly-Si ₄₉ Ge ₅₁	
	$\pi_l (10^{-11})$	$\pi_t (10^{-11})$	$\pi_l (10^{-11})$	$\pi_t (10^{-11})$
$4 \cdot 10^{13}$	9.6	4.4	8.8	0.7
$2 \cdot 10^{14}$	12.2	1.9	12.4	1.5
$4 \cdot 10^{14}$	8.9	0.7	13.7	0.94
$8 \cdot 10^{14}$	5.5	0.3	8.6	-0.43
$4 \cdot 10^{15}$	3.8	-0.3	4	-0.5

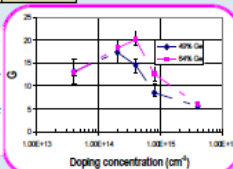
- The gauge factor (G) of poly-SiGe, tails off for high and low doping levels

- A $G_{\max} = 20.2$ was found, slightly smaller than reported values for poly-Si (22-29)

- The possibility to post-process on top of CMOS (higher SNR) might offset the slightly smaller gauge factor

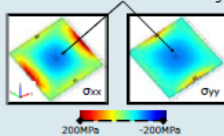


FE simulations are used to determine the value of the stress σ induced in the resistors



APPLICATION TO A PRESSURE SENSOR

Due to the positive nt, it is best to place the transversal piezoresistors in the centre of the membrane where the stress is negative



The piezoresistive coefficients for poly-Si₃₅Ge₆₄ (with $B = 4 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2}$) are used along with FE simulations to predict the sensitivity of a piezoresistive poly-SiGe pressure sensor



Area	(a)
200×200 μm ²	5.2
250×250 μm ²	8.6
300×300 μm ²	12.75

Obtained sensitivities (mV/V/bar) for the different areas studied. Membrane and piezoresistor thickness are 4 and 0.4 μm, resp.

CONCLUSIONS

The piezoresistive and electrical properties of poly-SiGe were studied as a function of doping concentration and Ge content. The gauge factor of poly-SiGe could be improved by a factor of 3-4 over the state of the art. This optimized film also has a very low TCR, which is ideal for piezoresistive sensor applications. A pressure sensor was proposed as a first application.

4.7 Processing of MEMS Gyroscopes on Top of CMOS ICs

A. Witvrouw¹, A. Mehta¹, A. Verbist¹, B. Du Bois¹, S. Van Aerde²,
J. Ramos-Martos³, J. Ceballos³, A. Ragel³, J. M. Mora³, M.A. Lagos³, A. Arias³,
J. M. Hinojosa³, J. Spengler⁴, C. Leinenbach⁵, T. Fuchs⁵, S. Kronmüller⁵

¹IMEC, Leuven, Belgium, ²ASM, Leuven, Belgium, ³IMSE-CNM, Sevilla, Spain,

⁴Philips, Böblingen, Germany, ⁵Bosch, Gerlingen-Schillerhöhe, Germany



Exhibit #2: First poly-SiGe above-CMOS integrated gyroscope. The CMOS technology used is a standard 0.35 μm technology with 5 interconnect levels.

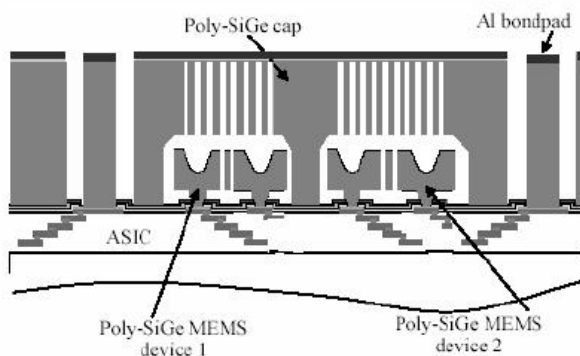
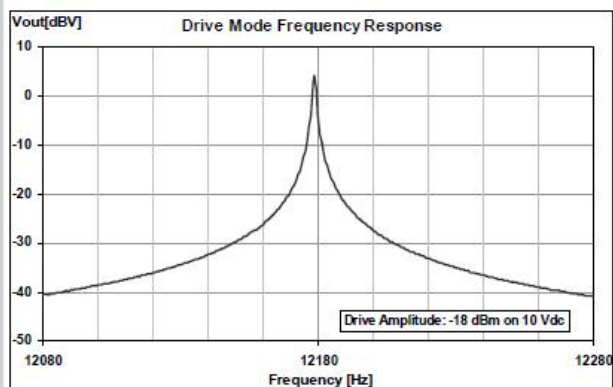
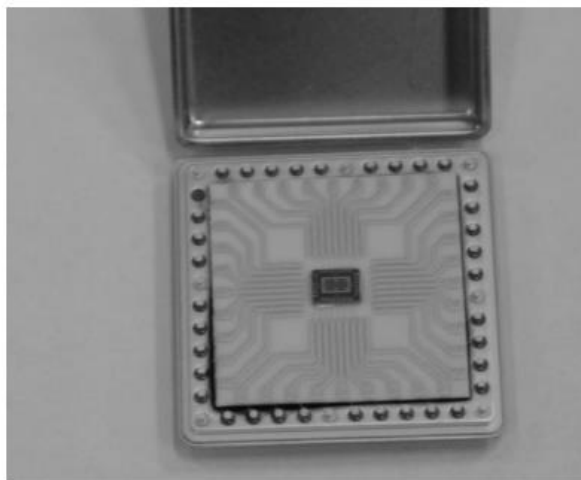
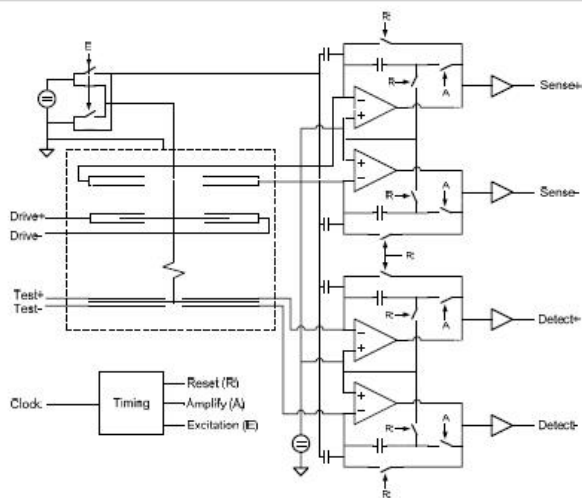
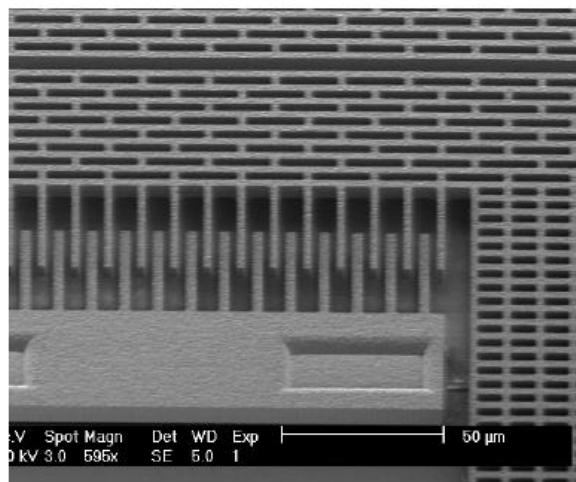
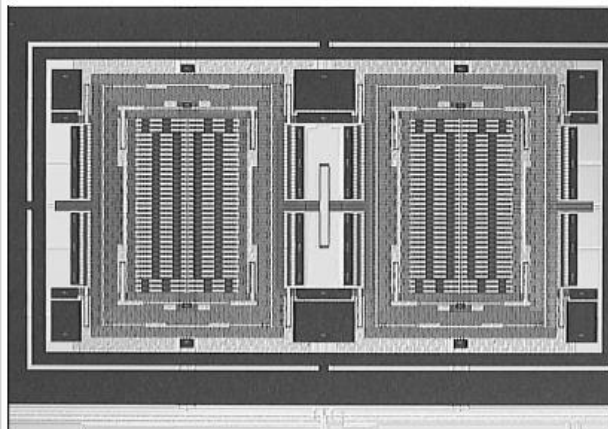


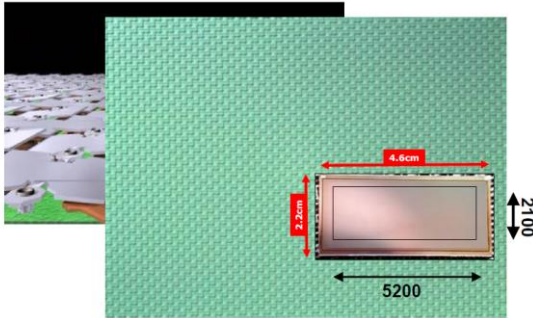
Exhibit #3: 11 megapixel micro-mirror array with 8 μm pitch made in poly-SiGe above standard 0.18 μm analog-CMOS wafers fabricated by NXP, featuring 6 interconnect levels.

Ann Witvrouw



11MPixel micro-mirror array

- To be used as SLM (Spatial Light modulator)

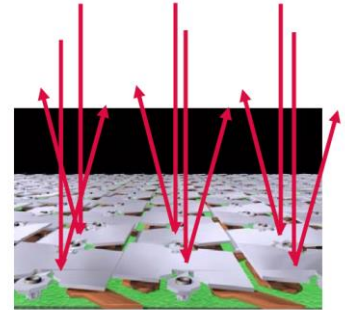


Project together with ASML, Bruco, NXP, Philips Appl. Tech.

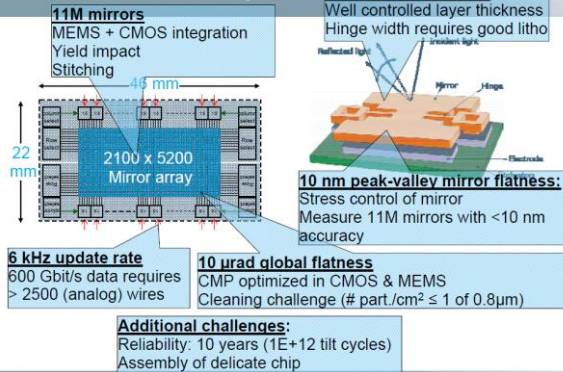
11MPixel micro-mirror array: application

Spatial Light Modulator:

- Light is deflected by each mirror to create image
- Applications: video projection, mask writing, maskless imaging



Micro-mirror array: Challenges



Micro-mirrors: State-of-the art

TI DLP Discovery 4000:

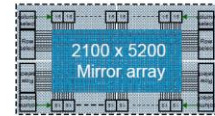
1920x1080 (2M)
Digital
Mirror Pitch 10.8 μm
Mirror Area 21 x 12 mm² (2.5 cm²)
<www.dlp.com

Fraunhofer SLM:

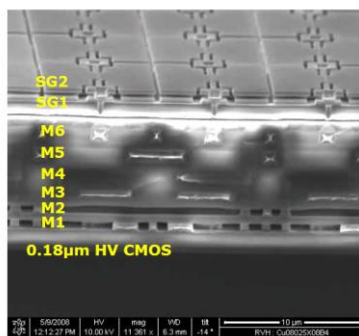
2048x512 (1M)
Analog
Mirror Pitch 16 μm
Mirror Area 33 x 8 mm² (2.6 cm²)
<www.ipms.fraunhofer.de

This work:

5200x2100 (11M)
Analog
Mirror Pitch 8 μm
Mirror area 42 x 17 mm²
(7 cm²)



Micro-mirrors: processing

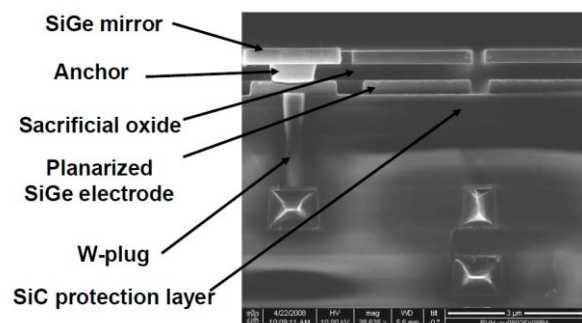


SiGe is chosen to achieve required mirror specs including reliability at CMOS-compatible T

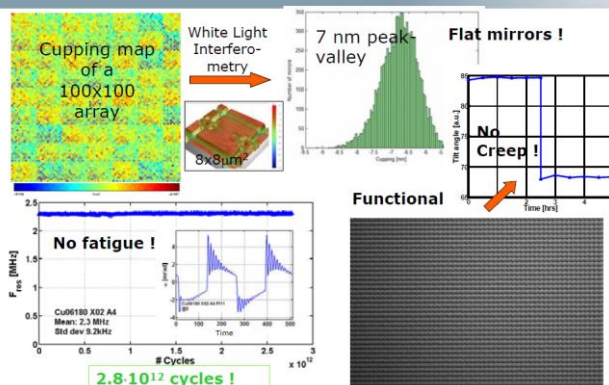
SiGe-based micro-mirror module
Planarised interface
0.18 μm analog CMOS with 6 metal levels (from NXP)

< L. Haspeslagh et al.,
Proc. IEDM 2008

Micro-mirrors: processing



Micro-mirrors: functional & reliability analysis



Micro-mirrors: packaging and testing

Mirror performance after packaging
123648 mirrors tested

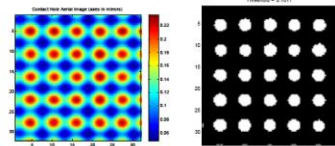
Item	Specification	Results
Good Mirrors %	/	99.5 %
Mean Cupping	< 10 nm	5.4 nm
Residual Piston	< 1 nm	< 1 nm

Direct imaging:
3 mirror contact holes



Packaging and assembly
A. Witvrouw et al. Proc. MEMS09

Imaging results: J. Lauria et al.,
Microel. Eng. 86, 569-572 (2009)



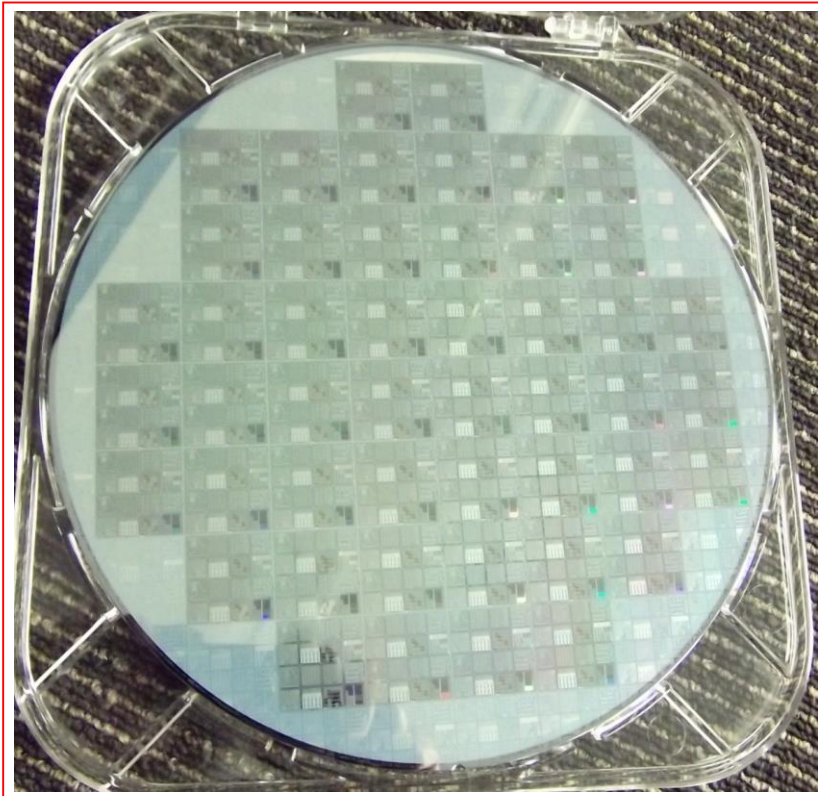


Exhibit #4: Poly-SiGe MEMS MultiProject Wafer (MPW) from the first SiGeMEMS MPW run organized by Europractice in 2011.



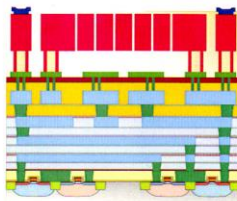
imec CMORE SiGeMEMS MPW

EUROPRACTICE IC Service offers Multi-Project Wafer Services in imec's CMORE SiGeMEMS standalone and SiGeMEMS/CMOS integrated technology:

Imec's **CMORE Silicon Germanium MEMS** platform technology, referred to as **SiGeMEMS**, is developed to enable monolithic integration of CMOS and MEMS. Systems integrating MEMS devices with the driving and readout electronics on the same die lead to better performances in terms of signal to noise ratio through reduced interconnect parasitic resistance and capacitance, allow for smaller die size and package, and also for lower power consumption. SiGeMEMS is based on a MEMS-last approach which allows state-of-the-art CMOS foundries to be employed.

Technology

The **SiGeMEMS** process, belonging to imec's CMORE service platform, is very versatile. Thanks to its flexible and modular approach, allowing application-specific tuning and optimization, it addresses a large number of applications like gyro's, switches, microphones, uspeakers, CMUTs, T-sensors, P-sensors, ... and array type devices like μmirrors, probe-based memories, and arrays for μfluidics and μpower generation...



EUROPRACTICE now offers a fixed baseline **SiGeMEMS** process in a Multi-Project Wafer Service. This unique baseline process consists of MEMS structures defined by an electrode layer and a 4μm-thick SiGe-mechanical layer on top of a TSMC 0.18μm CMOS wafer. Nanogaps of 500nm will allow fabrication of extremely small features. A standalone MEMS version, identical but processed on a wafer with a single metal layer, will be available for initial prototyping.

Europractice-imec SiGeMEMS MPW runs in 2012

Imec CMORE	2012											
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
SiGeMEMS-MEMS-only									20			
SiGeMEMS/TSMC 0.18μm CMOS (CVD18LD 1.6/3.3/32V)						10				25 ¹⁾		

Note: 1) This run is preliminary and can be updated during 2012

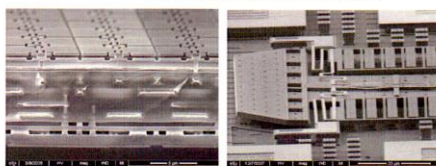
Price

Technology Version	Standard Price	EU-Discounted Price
MEMS-only	4250 €	4000 €
CMOS integrated	28500 €	27000 €

EU-Discounted Price only applies to EUROPRACTICE registered (who paid their annual full membership fee) Academic and Research Members from all 27 EU countries and Norway, Iceland, Liechtenstein, Israel, Croatia, Serbia, Macedonia, Albania, Montenegro, Bosnia-Herzegovina, Switzerland, Turkey who submit designs for educational or publicly-funded research use only.

Standard Price normal price for universities and research institutes not belonging to previous category. Companies should contact imec CMORE at www.imec.be/cmore to take advantage of additional extensions and services.

Prices and conditions may change any time without prior notice.



For more information: epm@imec.be

www.europractice-ic.com



imec CMORE SiGeMEMS MPW

Principle

Imec's CMORE **SiGeMEMS** technology offered through the EUROPRACTICE IC MPW service is aimed at creating, characterizing and evaluating test structures prior to further specific development and production projects. By gathering the designs of multiple customers on the same masks set, MPWs allow to fabricate test structures and prototypes of devices at a low cost.



Advantages of SiGeMEMS

Monolithic integration with IC :

- Very compact
- Best solution for applications that are very sensitive to parasitics
- High intrinsic system reliability: less components, less interconnections.

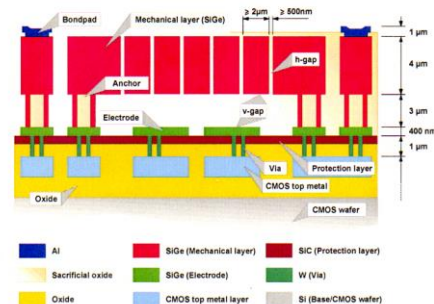
MEMS last above CMOS :

- Most flexible with respect to choice of CMOS technology
- Extremely well suited for MEMS array applications
 - very high-density and massively parallel interconnections possible
 - large arrays of MEMS (e.g. μmirror arrays)

Poly-SiGe :

- High performance: low parasitics
- Good mechanical properties & reliability
 - better than Al: higher strength and Q factor
 - better than Al: less creep and fatigue

Summary of SiGeMEMS main features and dimensions



- Al
- Sacrificial oxide
- Oxide
- SiGe (Mechanical layer)
- SiGe (Electrode)
- CMOS top metal layer
- SiC (Protection layer)
- W (Via)
- Si (Base/CMOS wafer)

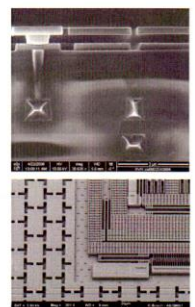
General conditions :

EUROPRACTICE **SiGeMEMS** MPW Service is accessible for universities and research institutes. (EUROPRACTICE registered members) → more info at www.europractice-ic.com

Companies can have additional extensions to take advantage of the versatile, flexible and modular technology:

- Variable layer thicknesses
- Application-specific optimization of layer & material properties
- Application-specific functional add-on layers

Companies should contact imec CMORE at www.imec.be/cmore

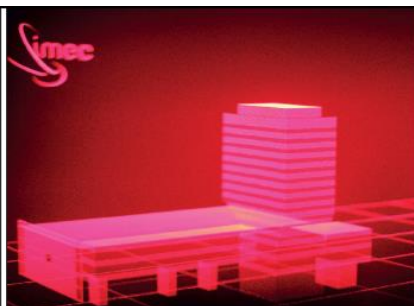


For more information: epm@imec.be

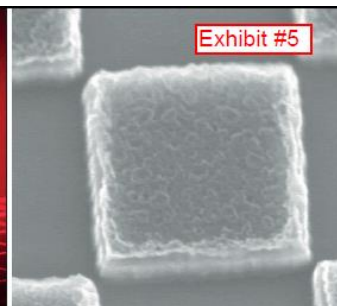
www.europractice-ic.com



Set-up for holographic display technology.



Holographic image demonstrator.



SEM-image of sub-wavelength binary holographic pixel.

DIGITAL DIFFRACTIVE OPTICS PATH TO HIGH-QUALITY HOLOGRAPHIC DISPLAYS

Vision

Imagine having a meeting. You and your guests sit around the table arguing, discussing or presenting data. Just like any meeting you have today, only for one detail: some of the people around the table are 3D images – dynamic holograms – of people sitting in an office thousands of miles away. You will look them in the eye, feel their hesitations, and see their body language. Unlike with today's displays, you won't miss a cue.

Holographic visualization promises to offer a natural 3D experience for multiple viewers, without the undesirable side-effects of current 3D stereoscopic visualization (uncomfortable glasses, strained eyes, fatiguing experience). Imec's vision is to design the ultimate 3D display: a holographic display with wide viewing angle and a high-definition visual experience.

Challenges

Building a high-quality, real-time holographic display requires several breakthroughs from today's holographic prototypes. The challenges are threefold:

- To achieve high image quality, millions of light-diffracting elements are needed. These must all be individually controlled.
- To achieve a wide viewing angle, the light-diffracting elements should be sized close to or below the wavelength of the visible light, i.e. as small as a few hundred nanometers.
- To achieve real-time imaging, massive computing power is needed.

Technology

Imec is scaling its MEMS technology to meet these challenging demands. Our prototypes show promising results, setting the path to high-quality displays.

Imec aims for system-level solutions utilizing a unique combination of its multi-disciplinary teams with strong competences in:

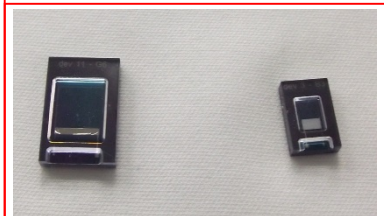
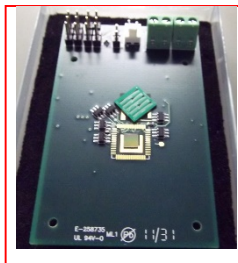
- Advanced lithography
- Silicon processing
- SiGe MEMS processing platform
- MEMS design & prototyping
- Computational holography
- Holographic (lens-less) imaging
- Sub-wavelength diffractive optics
- Embedded system design
- Parallel computing platforms

Our longer-term goal is to create a display system for computer-generated holography with billions of sub-wavelength diffractive elements, delivering high-definition 3D visual experience.



www.imec.be

H7 エネルギーハーベスタ用 MEMS と電子嗅覚



エネルギーハーベスタ用 MEMS と電子嗅覚

Imec, The Netherlands

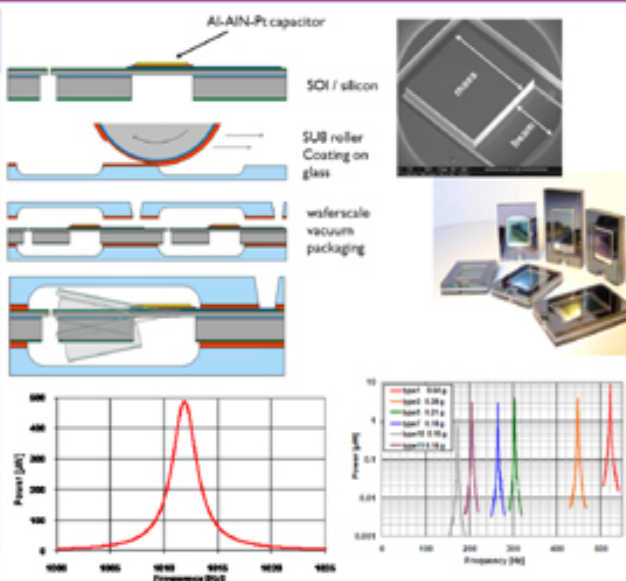
Background

Wireless sensor nodes are able to operate autonomously, for extended periods of time, provided they are equipped with Ultra Low Power components, and their energy is supplied by energy harvesters. For both the sensors as well as the harvesters, MEMS fabrication by bulk machining is an enabling technology.

た
ハ

Energy Harvesting

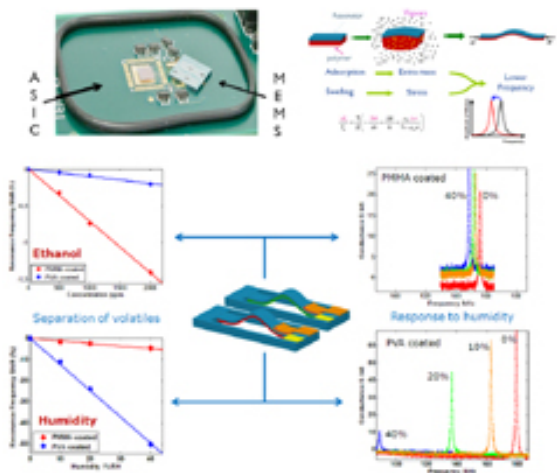
ピエゾ電気による振動発電デバイスは SOI ウェハに作られます。Al-AIN-Pt を堆積した後、DRIE (深い反応性イオンエッチング) によって梁や錘を形成しています。2 枚のガラスウェハで空洞内に真空封止されて作られていますが、この封止にはローラーによるコーティング法を用います。200Hz から 1KHz の異なる共振周波数を持つ複数のものが設計されており、得られた最大電力は 4.5G の加速度的場合 489 μ W です。



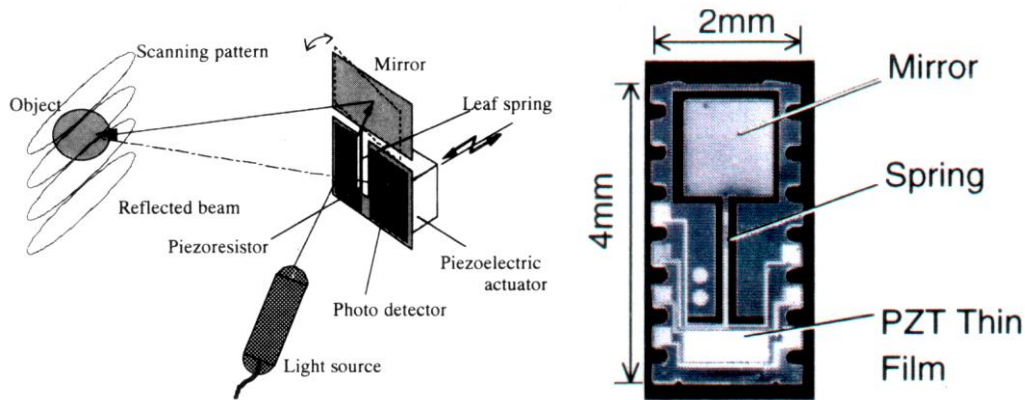
Ultra Low Power Electronic Nose

MEMS 片持ち梁における分子吸着による共振周波数の変化を用いた、質量変化型の(バイオ)センシングが今まで用いられてきました。

IMEC では MEMS 共振子アレイの共振周波数変化を用いた電子嗅覚を開発しました。これはそれぞれの共振子に異なる種類の高分子膜を付けておき、環境中でそれぞれが異なる応答をすることを利用します。この方法では高分子膜が気体を吸着したときに応力変化を生じて共振周波数が変わります。これは質量変化によるものより 300 倍程高感度で、また MEMS アレイの微細化によって微量の気体が検出できます。このための ASIC 回路も作られて、センサデバイスのピエゾ駆動や、共振周波数に追従することを可能にしています。

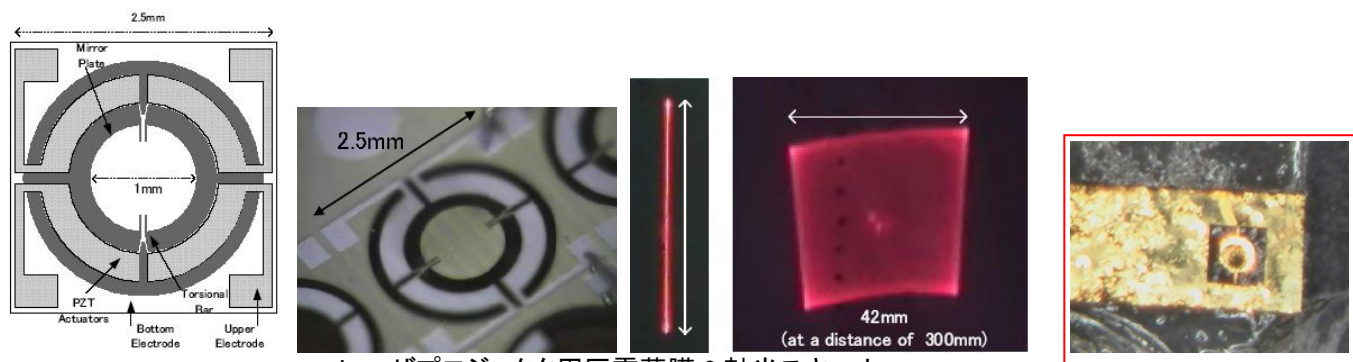


圧電・静電光スキャナ



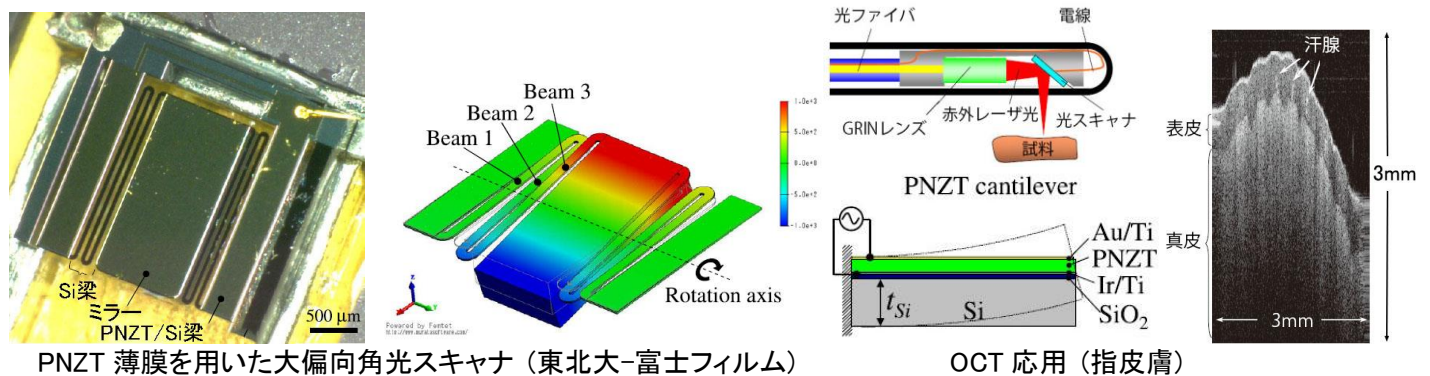
圧電 2 軸光スキャナ (オムロン)

参考文献 : T.Kawabata, M.Ikeda, H.Goto, M.Matsumoto and T.Yada, The 2-Dimensional Micro Scanner Integrated with PZT Thin Film Actuator, Transducers' 97 (1997) pp.339-342



レーザプロジェクタ用圧電薄膜 2 軸光スキャナ

参考文献 : H.Matsuo, Y.Kawai and M.Esashi, Novel Design for Optical Scanner with Piezoelectric Film Deposited by Metal Organic Chemical Vapor Deposition, Jap. J. Appl. Phys., 49, 6 (2010) 04DL19



PNZT 薄膜を用いた大偏向角光スキャナ (東北大-富士フィルム)

OCT 応用 (指皮膚)

参考文献 : T.Naono, T.Fujii, M.Esashi and S.Tanaka, Large Scan Angle Piezoelectric MEMS Optical Scanner Actuated by Nb Doped PZT Thin Film, J. Micromech. Microeng. 24, 1 (2014) 015010(12))



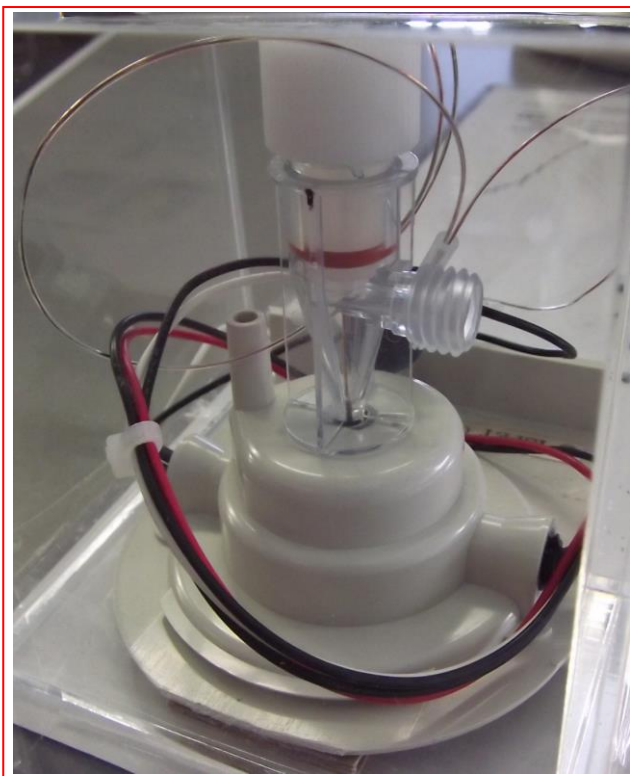
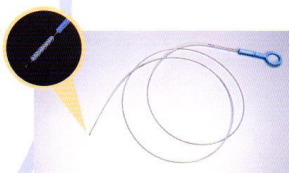
バーコードリーダ用静電光スキャナ (東北大 - オプトエレクトロニクス)

12 ピロリ菌ウレアーゼ測定器

モノクローナル抗体で*H.pylori*ウレアーゼのみを検出

Helicotac

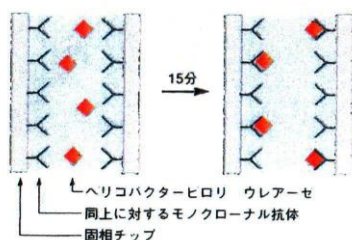
ピロリ菌ウレアーゼ測定器 ヘリコタック PYL-1100



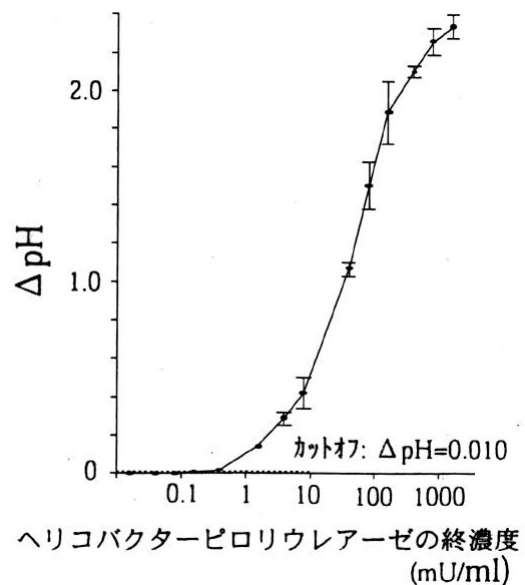
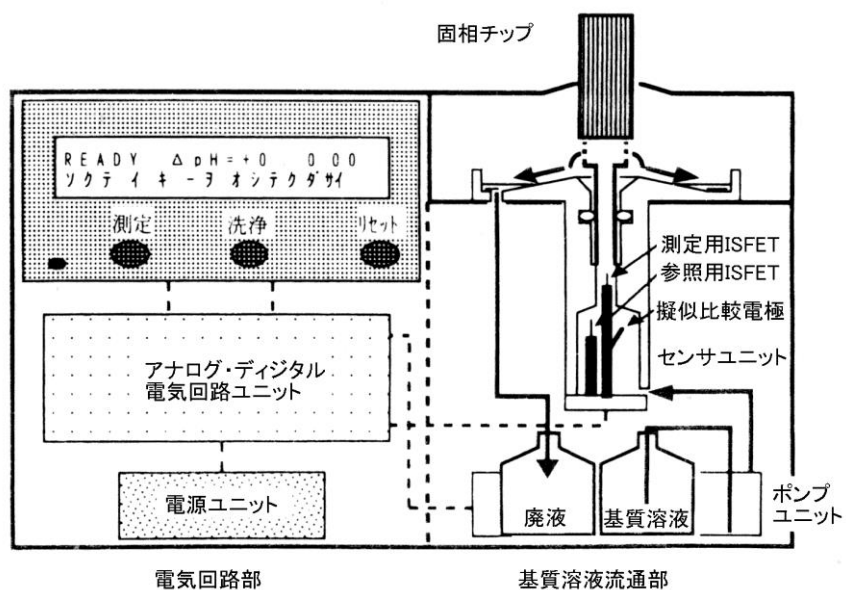
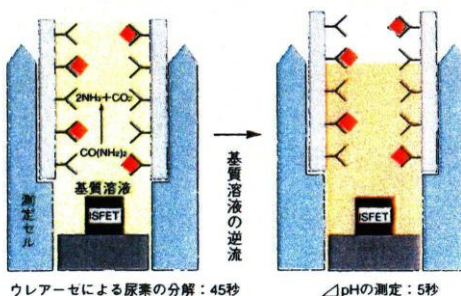
PYL-1100は、胃粘液中のヘリコバクターピロリ (*H.pylori*) ウレアーゼをモノクローナル抗体により吸着させ、当社独自のpHセンサにより免疫学的に検出します。

検体溶液と固相チップの免疫反応から*H.pylori*の存在を示す Δ pHを得るまで、約20分と迅速です。

1. 抗原抗体反応

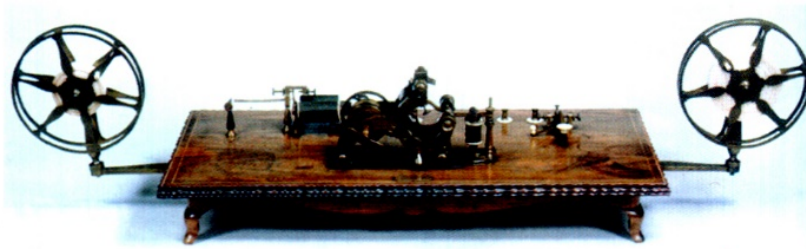


2. ウレアーゼ活性の測定

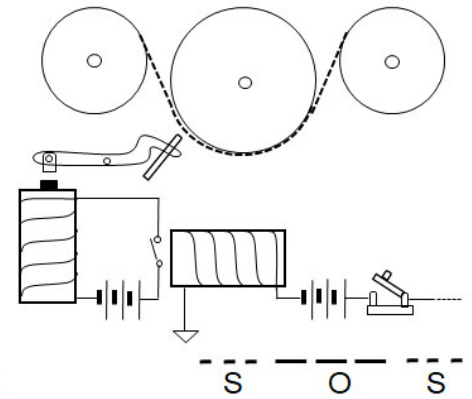


参考文献：中村通宏：ISFETを検出器とする免疫学的ピロリ菌ウレアーゼ測定器、Chemical Sensors, 18 (2002) pp.2-7

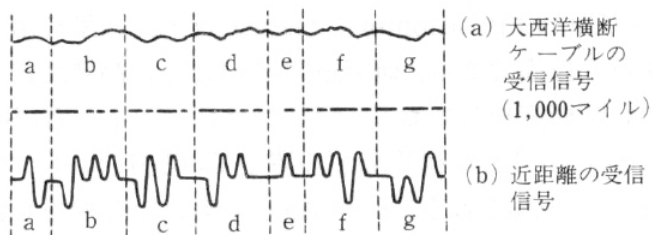
J1 海底電線ケーブルの電信通信



エンボッシングモールス電信機 1854年、ペリー来航の際にアメリカより贈呈された 重要文化財指定

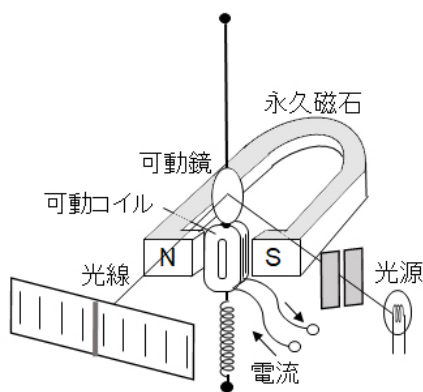


モールス電信機 (郵政博物館)

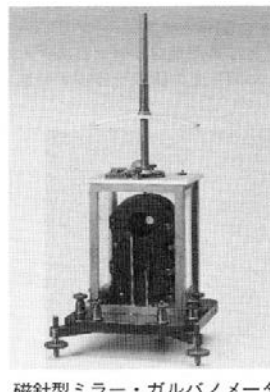


海底電信の受信信号の崩れ

1850年にドーバー海峡の海底ケーブルが敷設され、それが多額の利益を生み出すことがわかったと、イギリスは世界中に海底ケーブルをはりめぐらそうとした。大西洋の海底ケーブルは1857年に企画され、1858年8月にはいったんつながった。ビクトリア女王とブキャナン大統領との間で祝電の交換もなされた。しかし、このときのビクトリア女王から祝電102ワードの伝送に67分かっている。すなわち1分間に2ワードくらいの送受信しかできなかった。

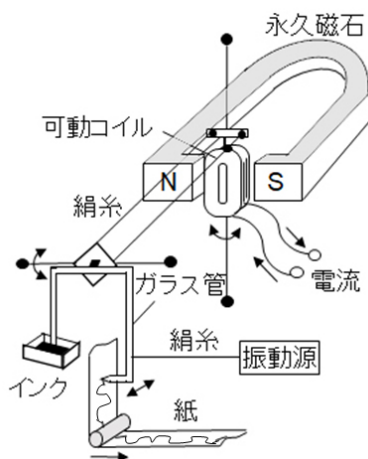


ケルビン型(光)ミラー・ガルバノメータ



磁針型ミラー・ガルバノメータ

波形が崩れて判読がしにくい。これは長距離ケーブルの芯線抵抗が大きくなり、信号レベルが低くなるばかりでなく、ケーブルの周りの誘電体がコンデンサの役割をなしてその充電と放電に時間を要するためである。当時の技術では、解決法はゆっくり伝送するしかなかった。弱い電信信号を受けるため、電信の受信器にケルビン型ミラー・ガルバノメータが使われた。この鏡に光をあてて電信信号によって左右に鏡が振れる反射光を観察した。信号の読みとりには2人の技師が必要で、1人が観察しもう1人が記録した。長時間にわたる忍耐のいる仕事であった。このような作業は、電信信号をペンとインクで記録するサイフォンレコーダが発明されるまで続いた。



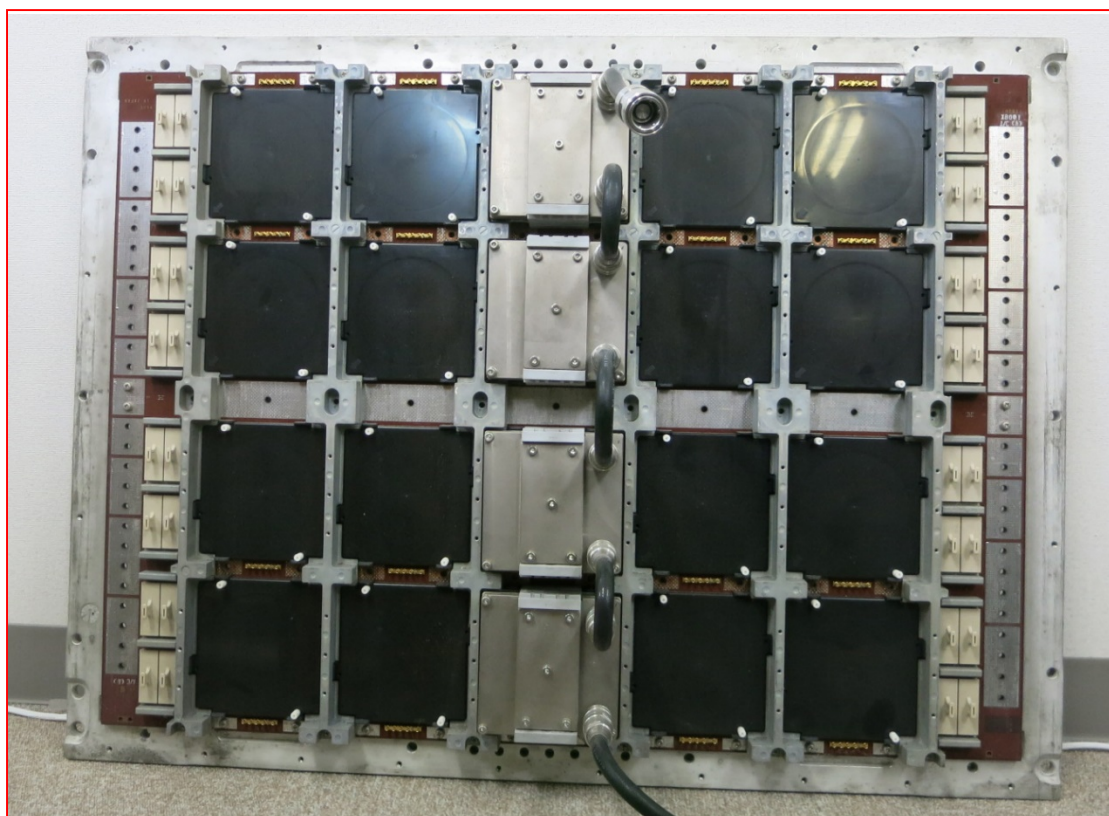
サイフォンレコーダ



サイフォンレコーダ
右側のインクつばから左側に延びているガラス管式のペン先を、受信信号で動かし、紙テープ上に受信波形状を記録する。

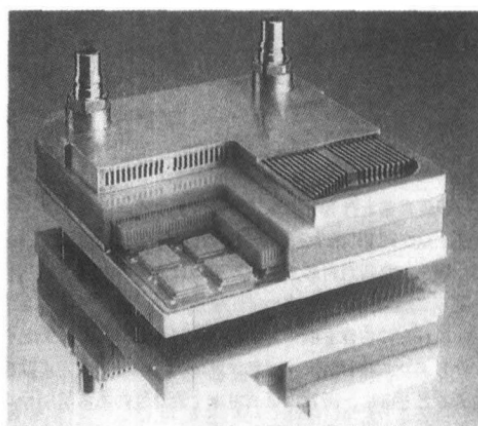
(松本栄寿：海底電信とガルバノメータ，計測と制御，38巻 8号 (1997) p.505)

J2 スーパーコンピュータ(大形計算機)用 CPU ボード

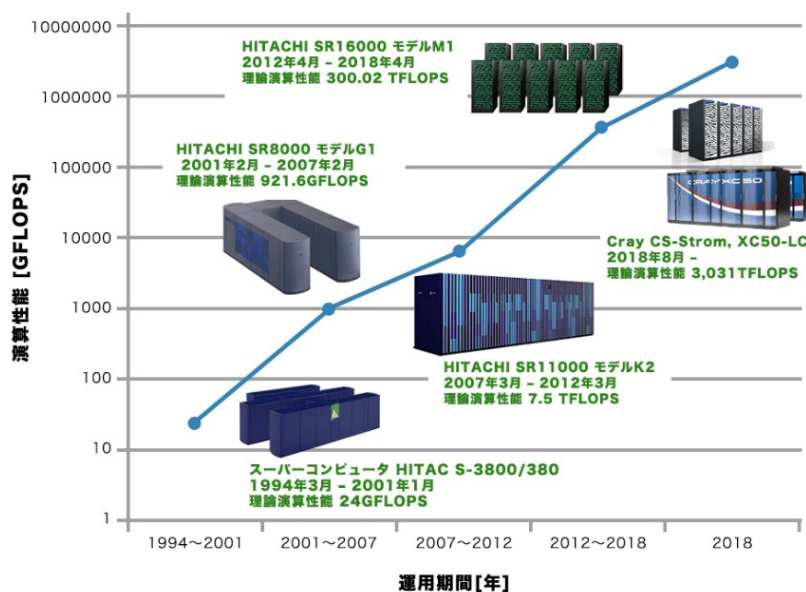


CPU (中央演算処理装置) 冷却用 TCM (Thermal conduction module) (上蓋を外してない中央部が左下の図に対応)
(川添良幸氏 寄贈)

参考 A. J. Blodgett and D. R. Barbour : Thermal conduction module : a high-performance multilayer ceramic package,
IBM Journal of Research and Development, 26, 1 (1982) pp.30-36, <https://doi.org/10.1147/rd.261.0030>



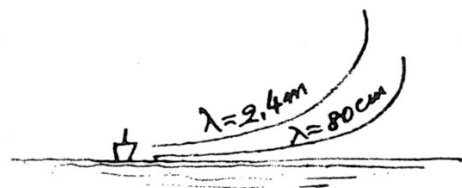
フリップチップ実装MCM(HITAC M-880)



(中島忠克 : 大型計算機の冷却技術,
溶接学会誌, 66, 8 (1997) 21-25)

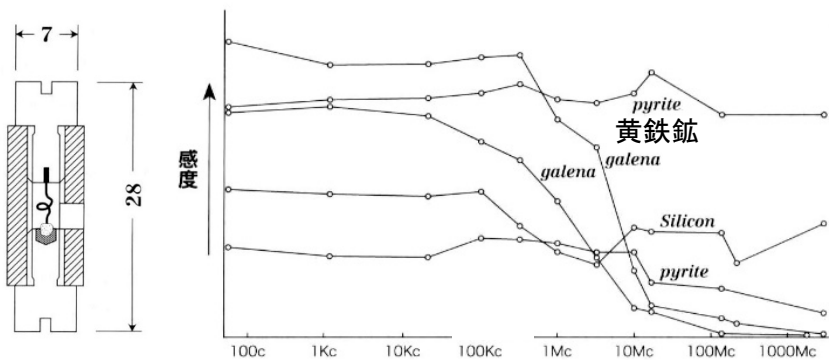
東北大学金属材料研究所附属 計算材料科学センターの大型計算機
(<https://www.sc.imr.tohoku.ac.jp/center/successive.html>)

J3 陽極分割マグネトロンによるマイクロ波レーダ

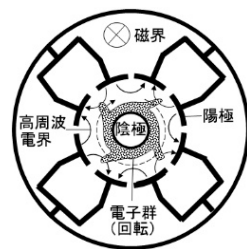
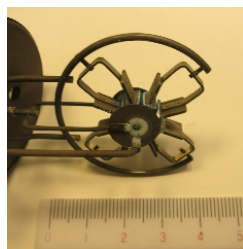
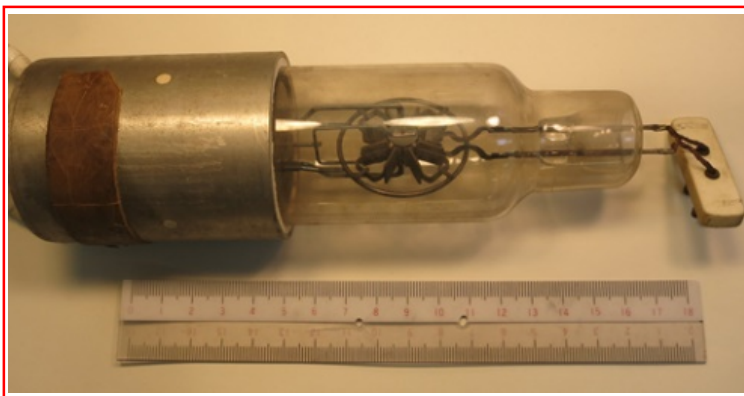


2.4m と 80cm との
電波の波長 (伝播特性) の関係

戦時中のドイツからの
技術供与資料

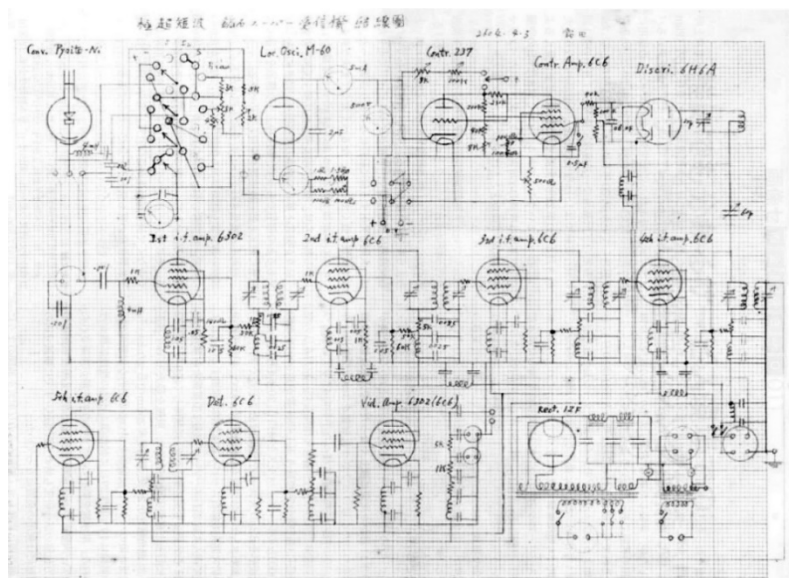
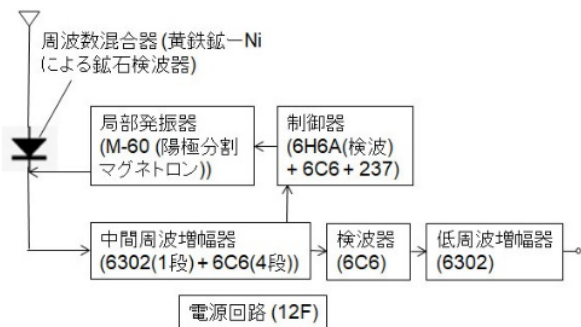


鉱石検波器とその周波数特性



陽極分割マグネトロン (岡部金次郎) (エレクトロニクス発展の歩み調査会(編))

“エレクトロニクス発展の歩み”, 東海大学出版会 (1998).



マイクロ波レーダ用受信機 (霜田光一: 国産マイクロ波レーダの開発—霜田光一の戦時研究—

第1回[電波探知機・電波探信儀用鉱石検波器の研究], O plus E, 33, 10 (2011) 1044-1052)



霜田先生の鉱石検波器用の
の鉱石(西牧村産 黄鉄鉱)
(餘家 清氏 寄贈)

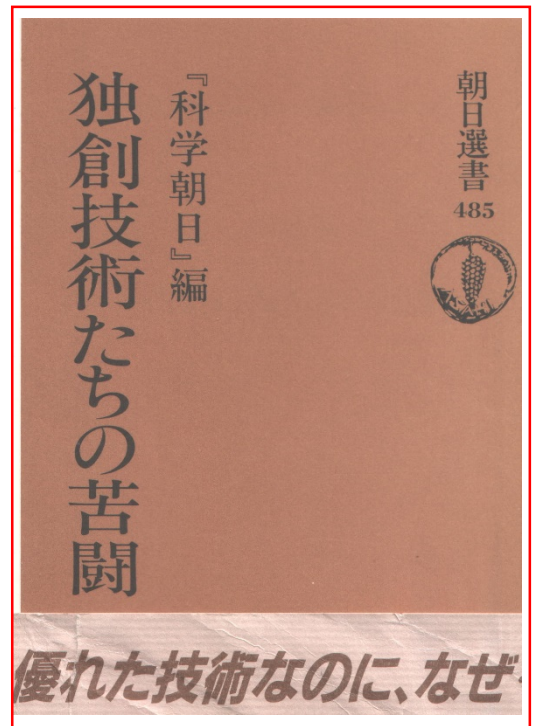
J4 終戦前に高出力陽極分割マグネトロンを開発した島田実験所（Z計画）

多数の学者が参加した島田実験所

島田に建設中の実験所（延べ建坪二〇〇〇坪）が、まがりなりにもできあがったのは、四三年五月のこと。実験所長は伊藤と昵懇な東北大の渡辺寧教授（非常勤）、これを補佐する水間は、副所長のポストについた。また水間の呼びかけで参加がきまった常勤の研究スタッフは、次の通りである。

海軍技研・矢浪正夫技術大尉、日本無線からは山崎壯三郎技師と研究助手多数、学界からは大阪帝大菊池研究室渡瀬譲助教授、東北帝大渡辺研究室阿部善右工門助教授、元海軍技師の旅順工大高尾磐夫教授、顧問格として東京帝大の小谷正雄教授（物理）、同萩原雄祐教授（天体物理）、同水島三一郎教授（化学）、東京文理大の朝永振一郎教授（物理）などが、それぞれ研究室の主だった助手を伴って参加した。当時、大阪帝大渡瀬研究室の助手だった現理化学研究所理事、小田稔もその一人であった。

そのほか学徒動員で徴用された第一高等学校など理工系の学生が、補助員として多数参加した。そして六月の開所時には総勢一〇〇〇名の大所帯になっていた。またこれ以外にも、非常勤の立場で研究に協力した著名な学者は、菊池正士（大阪帝大）、仁科芳雄（理化学研究所）、伏見康治（大阪帝大）、永宮健夫（大阪帝大）、佐藤岩夫（東北帝大）、日野寿一（東京帝大、医学）などがある。



殺人光線

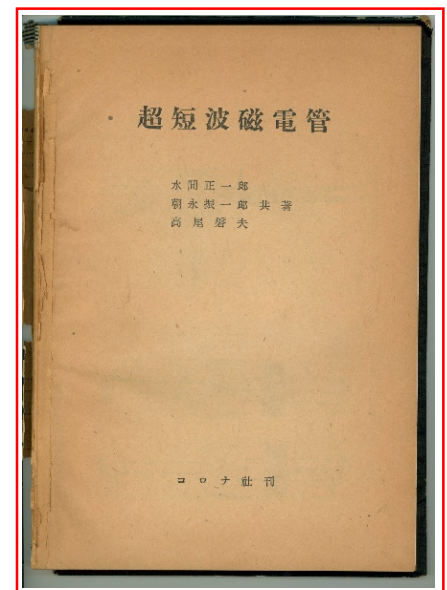
電子レンジに甦った海軍「Z研究」



中川靖造



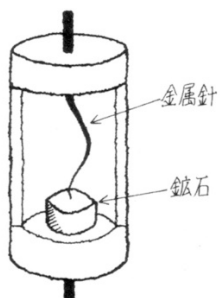
波長二〇センチ、連続出力一〇〇キロワットのマグネトロン（中島茂氏提供）



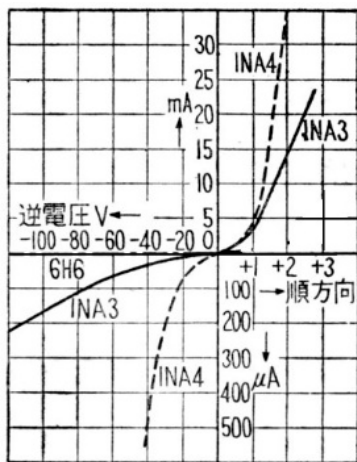
（朝日選書 485 独創技術たちの苦闘）

朝永振一郎なども参加したZ計画

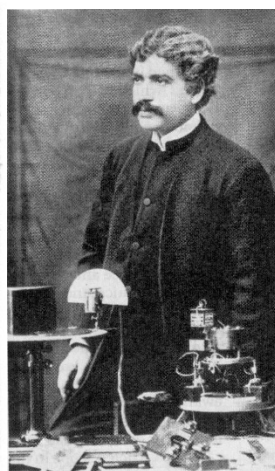
J5 鉱石検波器と点接触トランジスタ



原理



特性

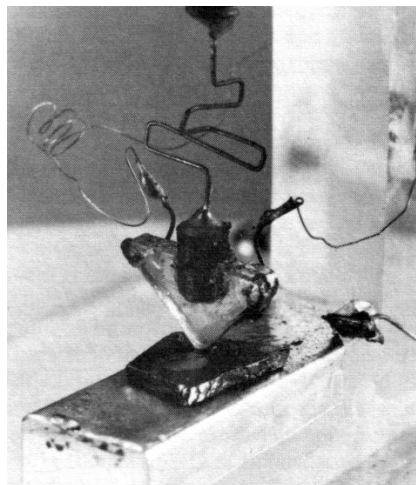


発明者 J.C. Bose

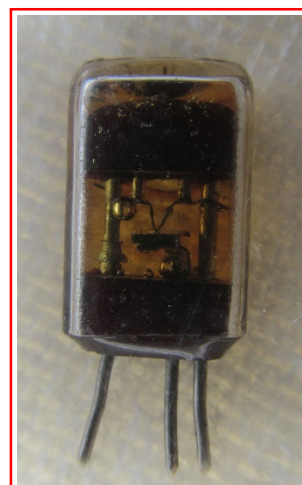


展示品

鉱石検波器（点接触ダイオード）（J.C. Bose : On the selective conductivity exhibited by certain polarizing substances, Proc. of the Royal Soc. London, vol.LX (1897) 433-436.他）

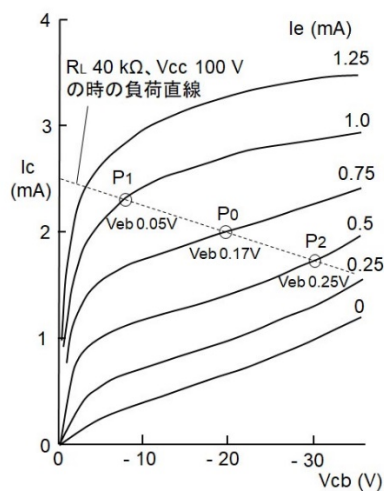
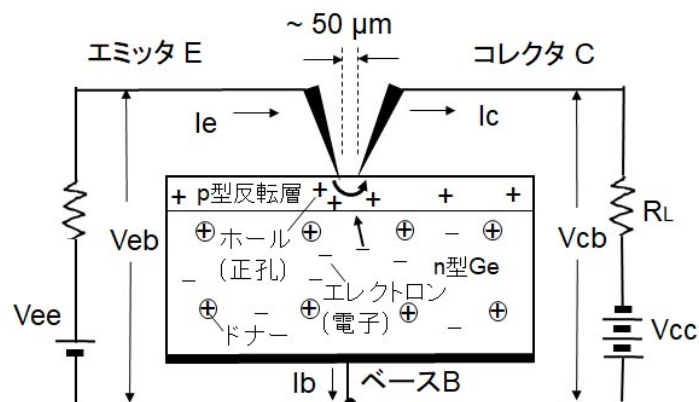


左からバーディーン、ショックレー、ブラッテン
トランジスタ発明のBBSトリオ



発明当時の点接触トランジスタの写真

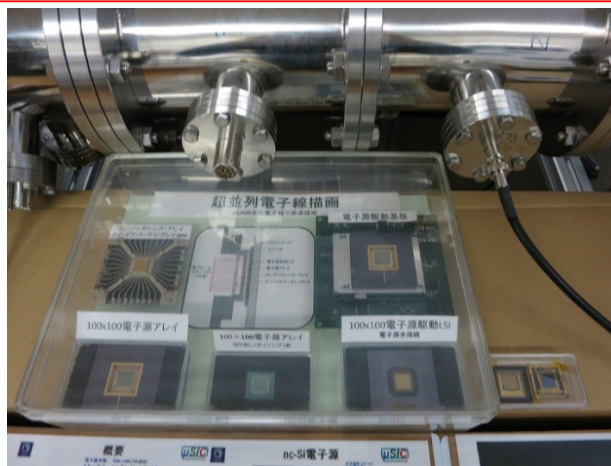
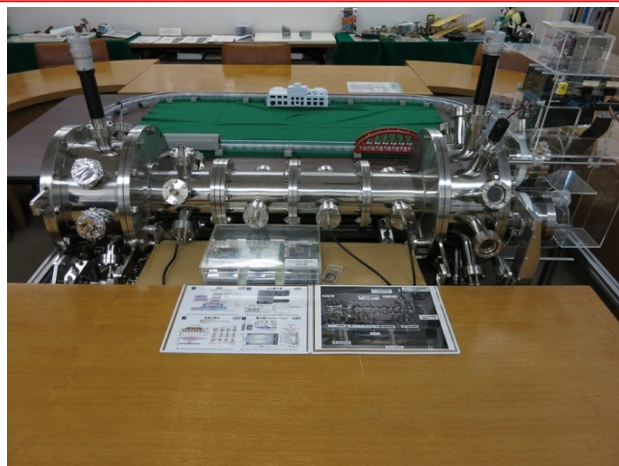
ウェスタンエレクトリック社の点接触トランジスタ



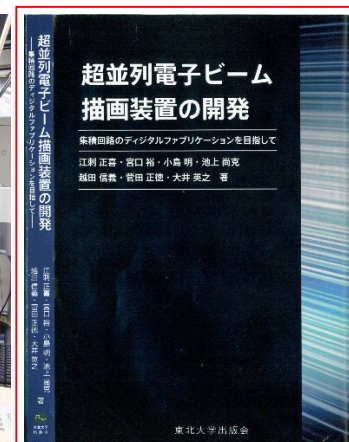
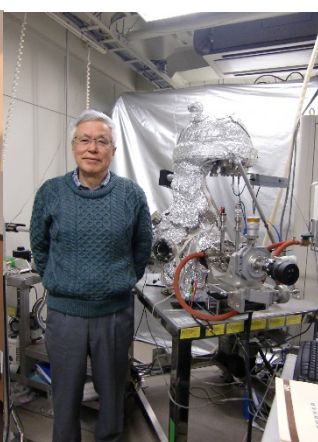
点接触トランジスタの原理と特性

J. Bardeen and W.H. Brattain : Physical principles involved in transistor action, Physical Review, **75**, 8 (1949) 1208-1226.

J6 超並列電子ビーム描画装置



100 × 100 アクティブマトリックス電子源(右)による超並列電子ビーム描画装置

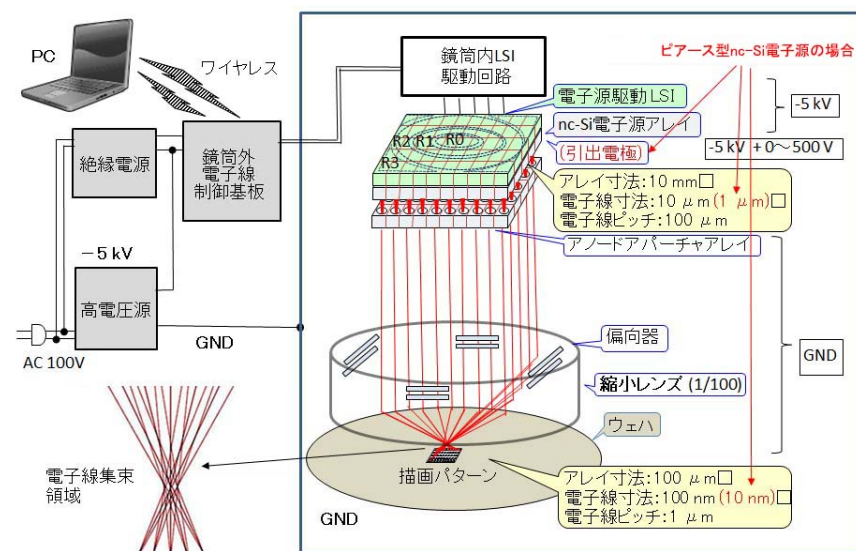


開発メンバー (2009 年 - 2016 年)

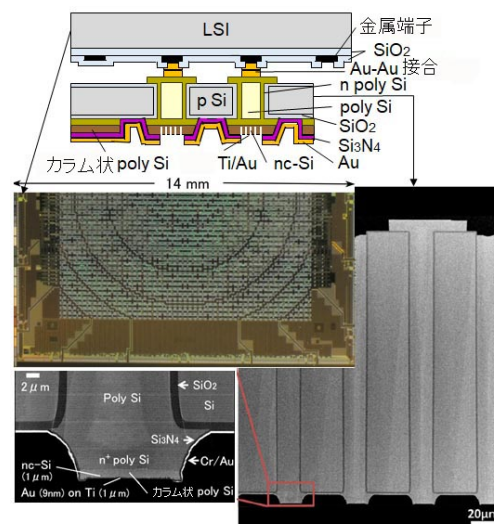
(左から 宮口、江刺、小島、池上、大井、菅田、越田)

東北大学出版会 (2018)

(著者：左の写真のメンバー)



システム構成



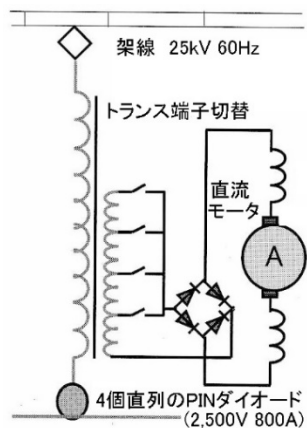
アクティブマトリックスナノクリスタル Si(nc-Si)電子源

M. Esashi, H. Miyaguchi, A. Kojima, N. Ikegami, N. Koshida, and H. Ohya : Development of a massively parallel electron beam write (MPEBW) system: aiming for the digital fabrication of integrated circuits, Jap. J. of Applied Physics 61, SD0807 (2022) 1-19

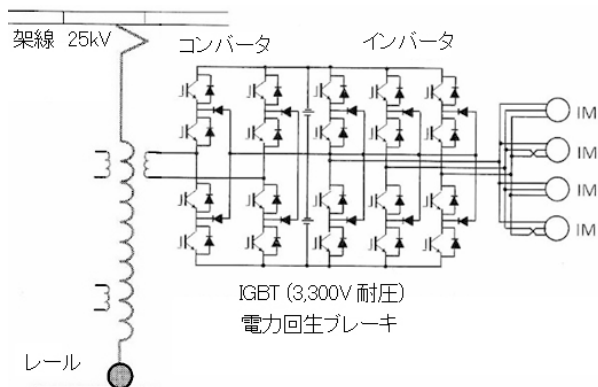
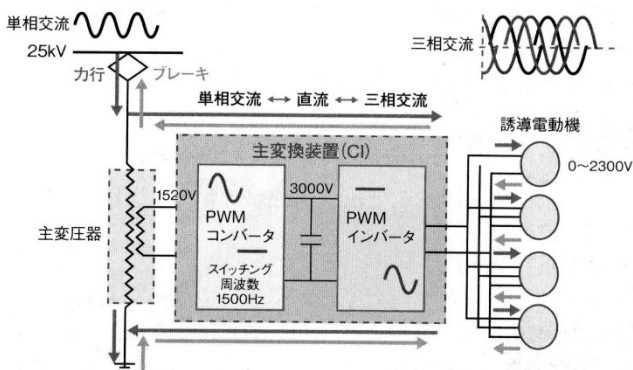
J7 新幹線車両に見るパワーデバイスの変遷

新幹線車両の種類	0系	100系	300系	700系	N700系/N700A	N700S
試験車の完成時期	1964年	1985年	1992年	1999年	2007年	2018年3月
パワーデバイスの種類	ダイオード	サイリスタ	GTO	IGBT	低損失なIGBT	SiCパワーデバイス
冷却方式	強制風冷却				走行風冷却	
モーターの種類	直流モーター		4極の三相誘導モーター			6極の三相誘導モーター

新幹線車両のパワーデバイスとモーターの変遷

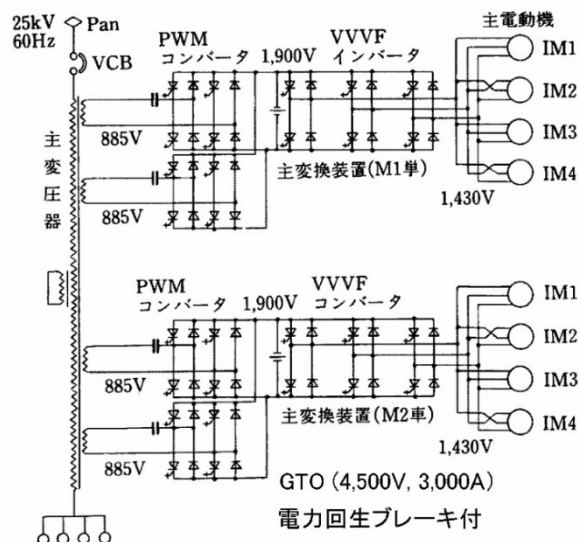


0系新幹線車両主回路



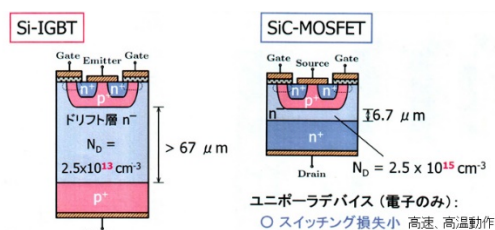
700系新幹線車両主回路

(兎束哲夫, 電気鉄道とパワーデバイス, SEAJ Journal No.159 (2017/11) 18-21)



300系新幹線車両主回路

(石川栄, II.“のぞみ”に結実した誘導電動機駆動システム
電学論 D, 114, 6 (1994) pp.604-607)



1kV Si-IGBT 1kV SiC-MOSFET

(市川丁太 赤木泰彦 教授)

主電動機: かご形三相誘導電動機 6P

制御方式: SiC 適用 VVVF インバータ制御方式

最高運転速度: 東海道:285 km/h(曲線 +25 km/h);

山陽:300km/h; 西九州:260km/h

編成: 16両編成(東海道・山陽); 6両編成(西九州)

製造年: 先行試作車:2018年; 量産車:2020年 -

製造所: 日立製作所笠戸事業所;

日本車輛製造豊川製作所(Y編成を除く)

製造数: 量産車:830両(2024年10月1日現在);

SiC デバイスを用いた新幹線 N700S 系

(上野雅之, 日経エレクトロニクス, (2017) 9 (p107), 10 (p.101))

J8 磁気浮上ランプ

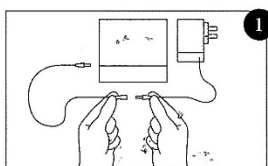
スウェーデンの Flyte 社によるランプでランプ内の永久磁石と台にある電磁コイルで浮上し、電磁誘導によるワイヤレス給電で浮上します。

<https://www.plywood.jp/36321001>

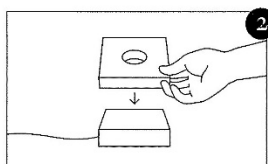
Set the light bulb free

Flyteは磁気を利用して
空中に電球を浮かせることができます。
電力は空中に浮いた状態のままで
ワイヤレスに供給されます。

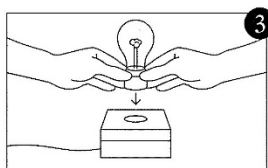
» 設置してみよう



1 Flyteベースを金属でない平らな表面に置きます。電源延長ケーブルをFlyteベースに繋ぎます。ケーブルの他方の端を電源アダプターに繋ぎます。それをコンセントに差し込みます。



2 FlyteアシスタントをFlyteベースの上に直接置きます。これは特定の浮遊パランスの点への目標として働きます。



3 Flyteベースの上約13cm以上の高さから始めます。Flyte電球を両手で持って、Flyteベースの中心の上に、水平を保ってFlyte電球の重量を支える上向きの磁力を感じるまでゆっくり降ろします。



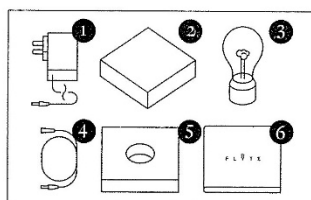
» 電球を空中に浮かせよう

電球を空中に浮かせるには、少し練習が必要になるかもしれません。コツを掴むまでは、Flyte設置アシスタント(付属のコルク上のボード)を使って浮かせる練習をしてみてください。慣れてくれば、毎回、難なく電球を空中に浮かせることができるようになります。

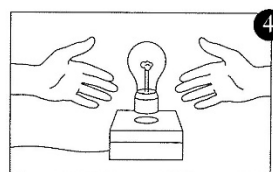
» 手に伝わる磁力を感じとろう

電球を空中に浮かせるには、電球の中心をFlyteベースの中心の真上に合わせる事が大事です。真下からの磁力を感じられればコツを掴めるようになります。少しでも場所がずれると、電球は逆向きの磁力に引っ張られて、Flyteベースにくっつくようになります。電球をFlyteベースの真上に合わせることをお忘れなく。

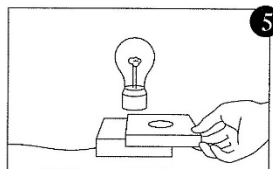
» 付属品



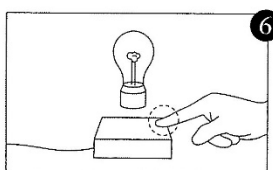
- 1.電源アダプター
- 2.Flyteベース
- 3.Flyte電球
- 4.電源延長ケーブル
- 5.Flyteアシスタント
- 6.ユーザーガイド/保証書



4 磁力がFlyte電球の重みを支えていると感じたら、ゆっくりそれを中心に持っていき電球をまっすぐになるよう向きを整えます。うまくいかなかったなら、単純に電球を根元で持って持ち上げ、もう一度試します。習得するにはある程度の練習が必要です。

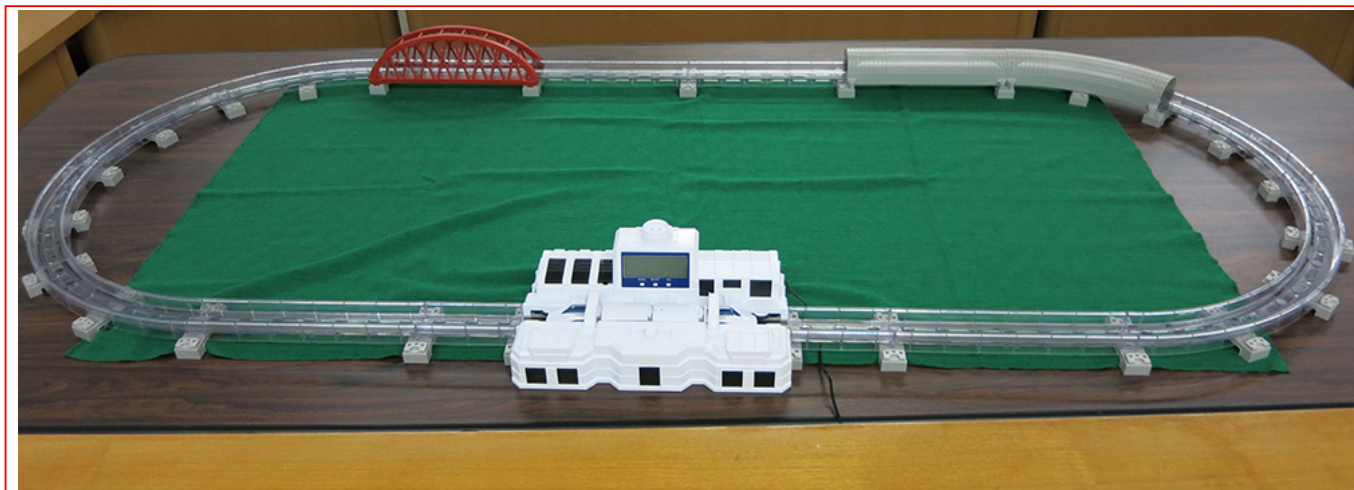


5 電球を浮かせることに成功したら、Flyteアシスタントをすっと横に引いて取り除きます。もし5秒以上、うまく磁力をとらえられない場合は、もう一度電球を約13cm以上持ち上げて、はじめからやり直してください。



6 電源ボタンは、Flyteベースの天面、電源ジャックの対角線上の位置にあります。その場所をやさしく指でタップして、電球をオン・オフすることができます。

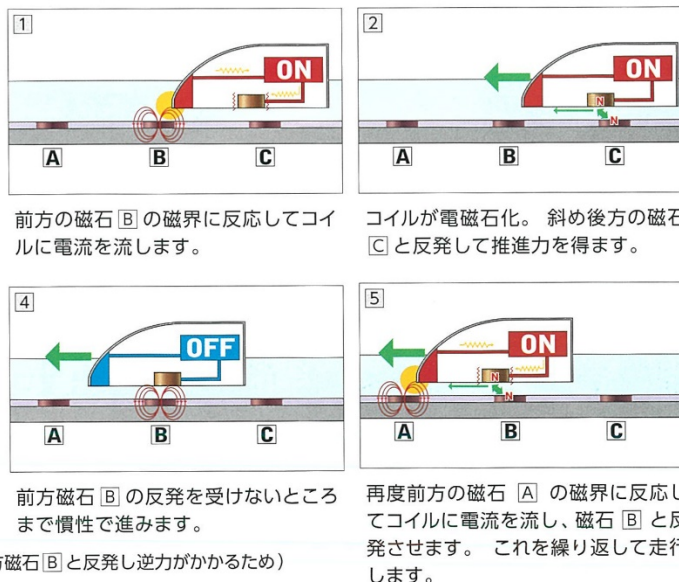
J9 磁気浮上リニアライナーの鉄道模型（タカトミー社）



磁力で浮いて、磁力で走る！

走行の仕組み解説

高速磁気センサーが前方の円形磁石の磁力を感知し、コイルに電流が流れ磁界を発生させます。レールと車両の磁石同士の反発で推進力が発生し、車両が前進します。

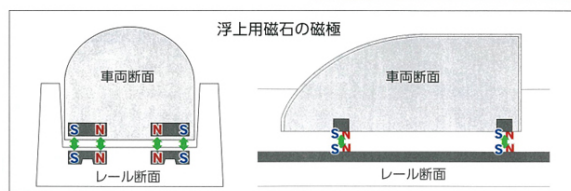
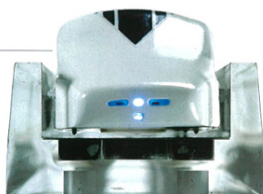


車両に搭載した磁石およびコイルと、レールに取り付けられた磁石との反発によって非接触で浮上・走行します。

※超電導リニアの仕組みとは異なります。

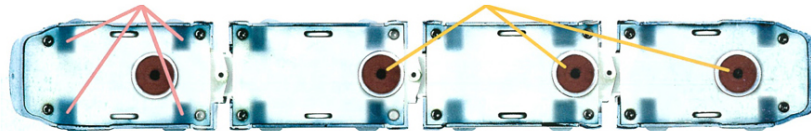
浮上の仕組み解説

レールに取り付けられた帯状の磁石と、各車両底部の四隅に搭載した4つの磁石の反発力で約2mm本体が浮上します。



車両側 浮上用磁石

車両側 推進用コイル(電磁石化します)



※内部構造をわかりやすくする為、実際の製品底面とは見え方が異なります

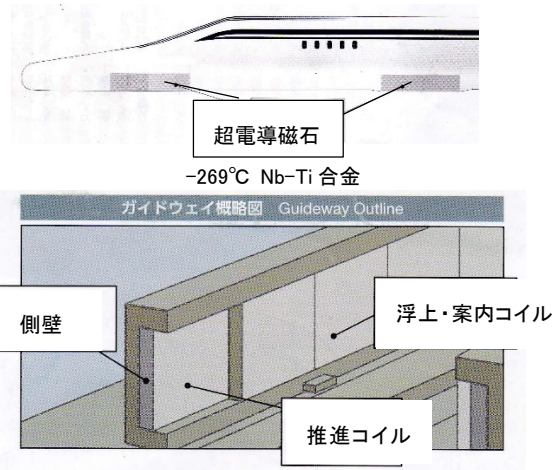
レール側 浮上用磁石

レール側 推進用磁石



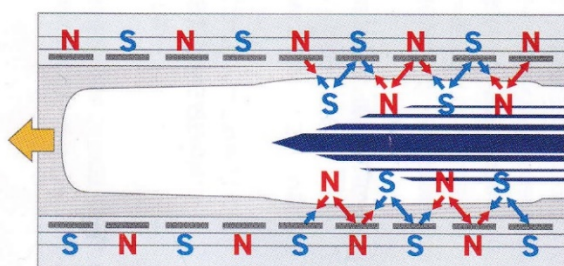
(リニアライナーマガジ (タカトミー社))

J10 超電導リニア中央新幹線と鉄道模型



リニア中央新幹線 (<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E4%B8%AD%E5%A4%AE%E6%96%B0%E5%B9%B9%E7%E7>)

推進の原理

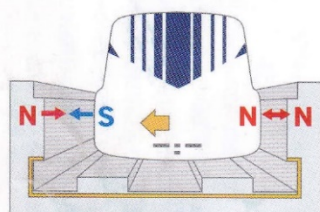


地上の推進コイルに電流を流すことにより磁界(N極、S極)が発生し、車両の超電導磁石との間で、N極とS極の引き合う力と、N極どうし・S極どうしの反発する力により車両が前進します。

超電導リニアは超電導を利用した世界に誇る日本独自の先端技術です。車両に搭載した超電導磁石と地上に取り付けられたコイルとの間で生じる磁力によって非接触で走行。そのため、時速500kmもの超高速走行が、安定して可能になっています。

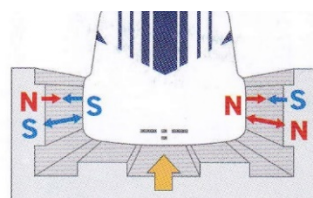
Point 01
リニアモーターカーは
どうやって
動いているのか

案内の原理



側壁両側の浮上・案内コイルは車両が中心からどちらかにずれると、車両の遠ざかった側に吸引力、近づいた側に反発力が働き、車両を常に中央に戻します。

浮上の原理



車両が高速で通過すると、ガイドウェイの側壁両側の浮上・案内コイルに電流が流れて電磁石になり、車両を押上げる力と引き上げる力が発生して浮上します。

リニア中央新幹線の推進・浮上・案内の原理 (リニアライナーマガジン (タカラトミー))



超電導磁気浮上を用いたリニアライナーの鉄道模型
(3,600 個の Nd-Fe 磁石からなるレール)

液体窒素(77K)で模型電車を冷却

山形大学 大学院理工学研究科 電気電子工学専攻 中島健介 研究室 <http://nakajima-lab.yz.yamagata-u.ac.jp/>

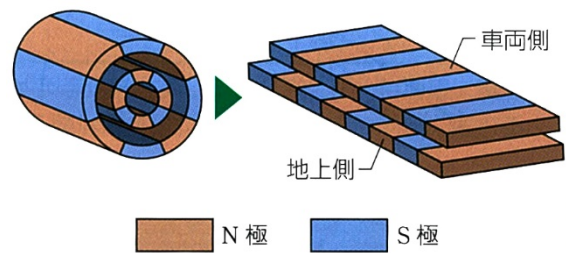
J11 車輪走行のリニア地下鉄（リニアメトロ）

“リニアメトロ方式” 地下鉄路線一覧

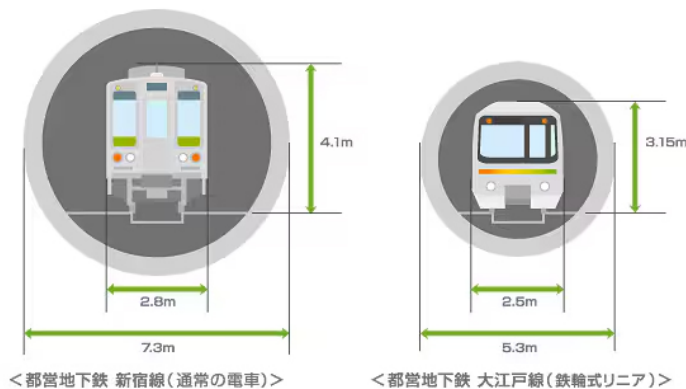
都 市	路線名	区 間	距 離
福岡市	七隈線	橋本～天神南	12.0km
神戸市	海岸線	新長田～三宮・花時計前	7.9km
大阪市	長堀鶴見緑地線 今里筋線	大正～門真南 井高野～今里	15.0km 12.1km
横浜市	4号線（グリーンライン）	日吉～中山	13.1km
東京都	大江戸線	都庁前～光が丘	40.7km
仙台市	東西線	動物公園～荒井	14.4km

回転式モーター

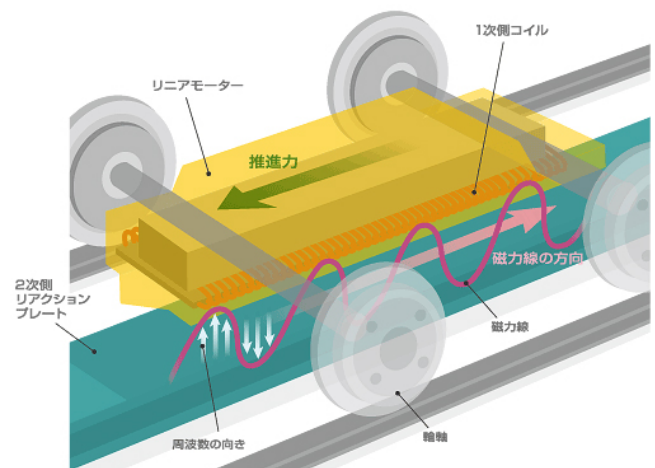
リニアモーター



物理図鑑 視覚でとらえるフォトサイエンス、数研出版（2022）



通常の電車と鉄輪式リニアの車体寸法の比較



都営大江戸線などの鉄輪式リニアの原理

TDK <https://www.tdk.com/ja/tech-mag/knowledge/160>

東西線（仙台市交通局）

「リニアメトロ」が、仙台の新たなまちづくりを支えます

仙台市では、自動車交通に過度に依存せず、軌道系交通機関を基軸とした集約型の都市構造を目指し、地下鉄東西線を建設しました。東西線の路線は、市南西部の八木山動物公園付近から東北大学等のある青葉山を経由し、都心部を経て、流通業務が集積する東部地区に至るルートです。導入したリニアモーター式地下鉄は、トンネル断面積が南北線の3分の2程度と小さく、建設費の低減が可能です。あることに加え、曲線半径を小さくでき、登坂能力にも優れており、勾配が大きいという東西線の路線特性に適合しています。2015年12月に八木山動物公園～荒井間13.9kmで開業した東西線は、南北線との両線とて本市を東西南北に貫く十文字の骨格交通網を形成し、仙台都市圏の基幹交通機関として重要な役割を担っています。

- 車体長：先頭車16m/両
- 車体幅：2.49m
- 車体高さ：先頭車3.15m
- 車両編成：4両

リニアモーターの地上側



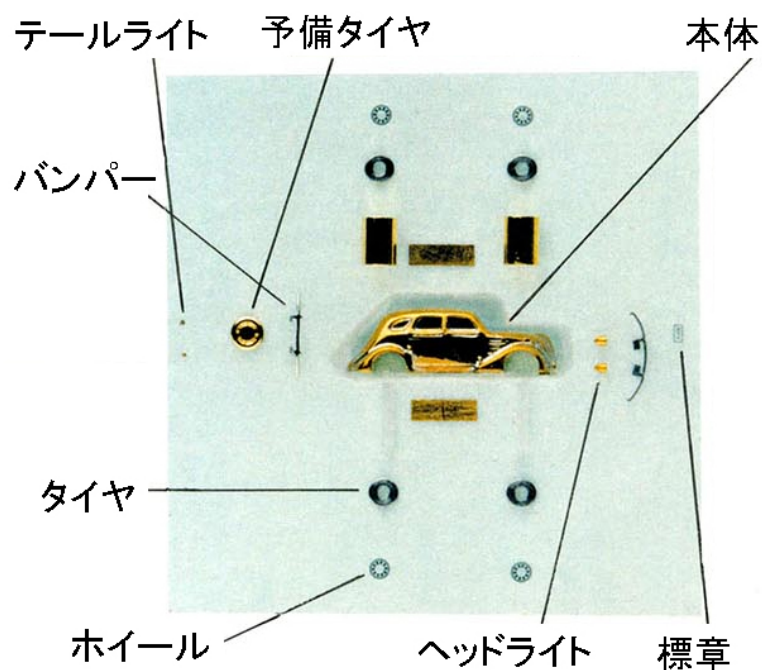
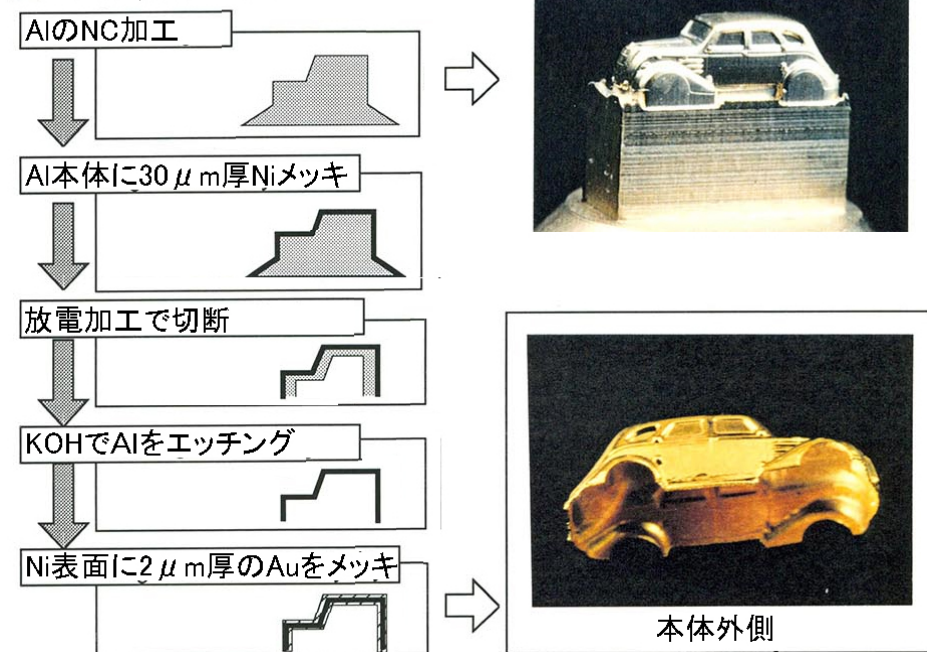
仙台市地下鉄東西線 <http://www.jametro.or.jp/linear/touzai.html>

J12 マイクロカー (株)デンソー



自動車トヨタ AA (1936 年)とその 1/1000 モデル (62mg、24 部品)

■ 本体製作工程



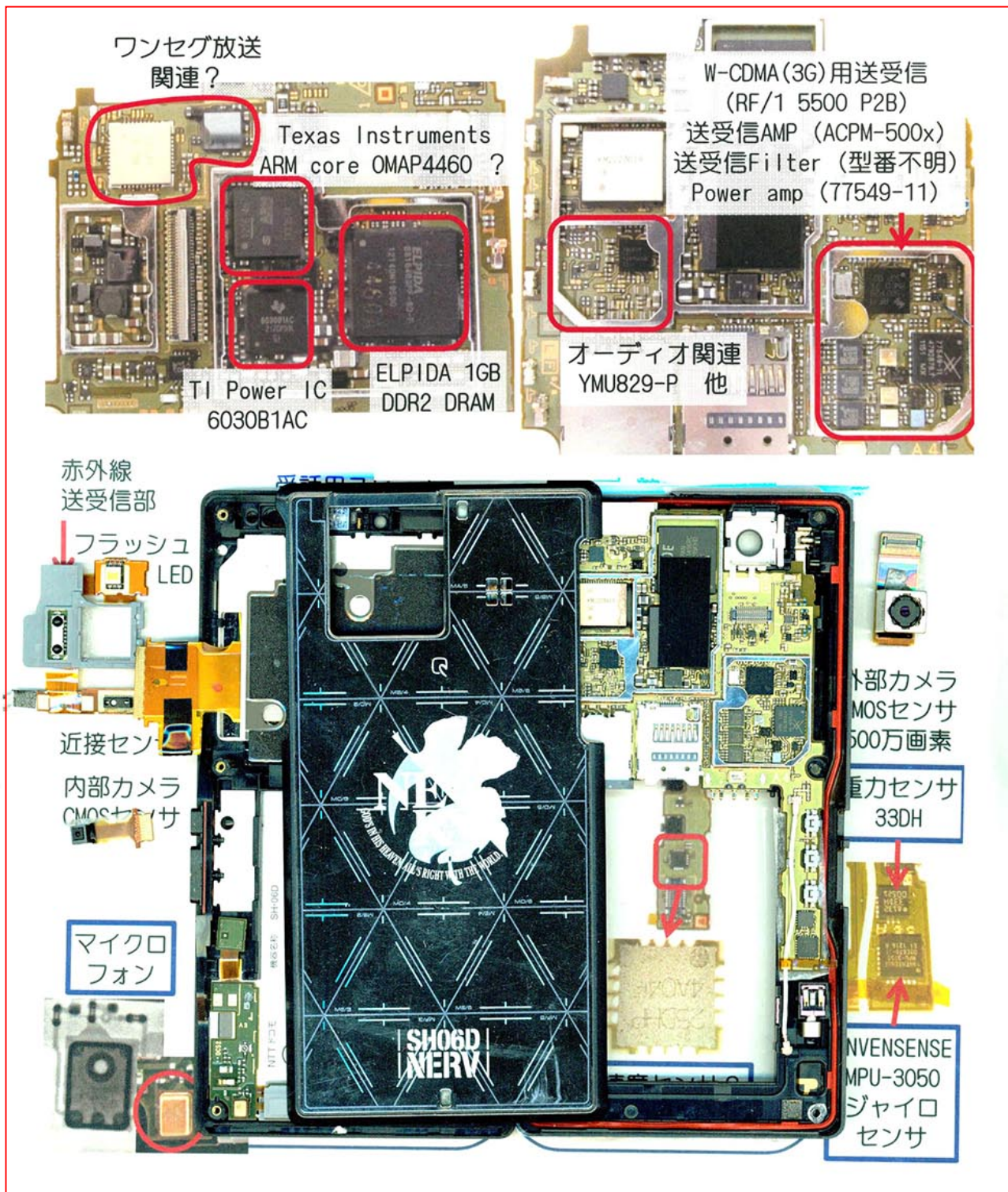
FOMA(3G)スマートフォン分解

シャープ SH-06D NERV (2012年製) Android 4.0.4

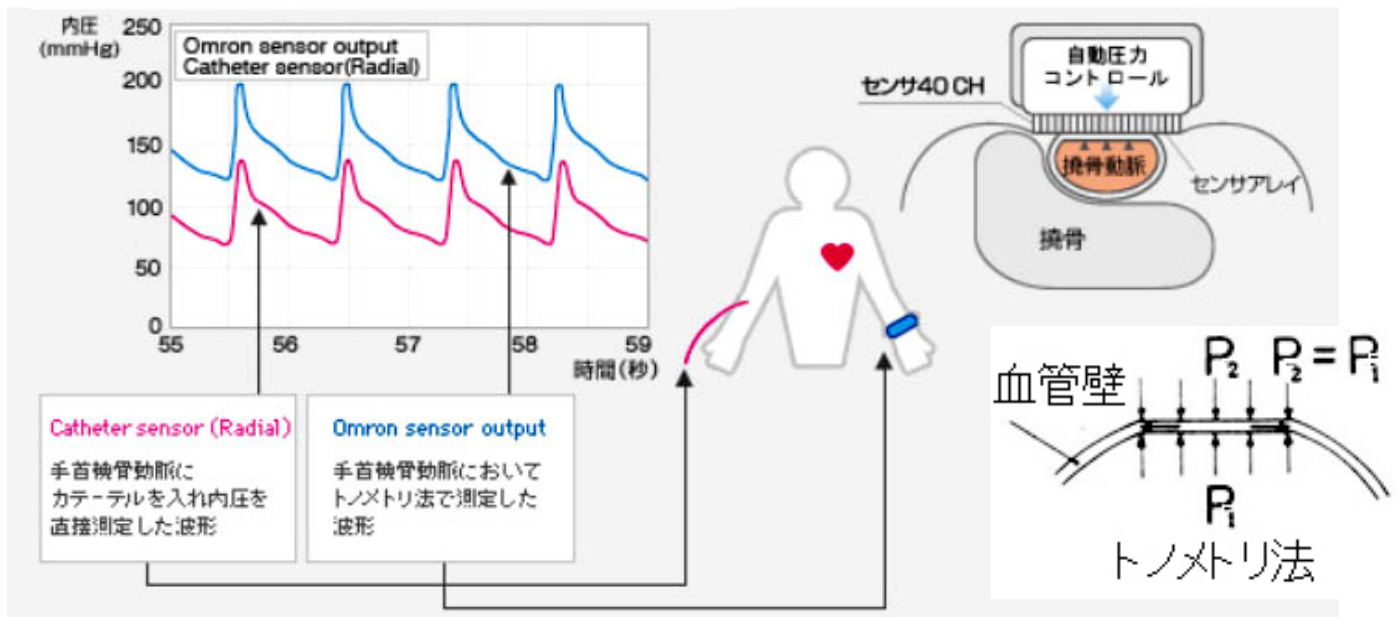
CPU : Texas Instruments OMAP4460 1.2GHz

RAM : ELPIDA DDR2 DRAM 1GByte

搭載センサ : CMOS、ジャイロ、加速度、重力、マイク、GPS、近接、照度、地磁気

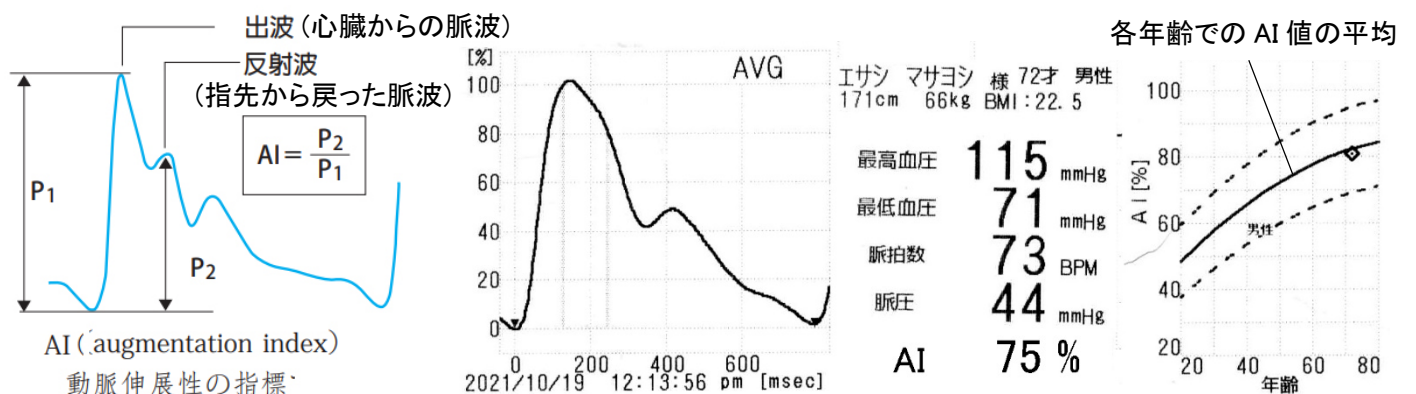


J14 トノメトリ法による連続血圧波形測定装置 (オムロン HEM-9000AI)



トノメトリ法と直接法(観血法)による脈波の比較

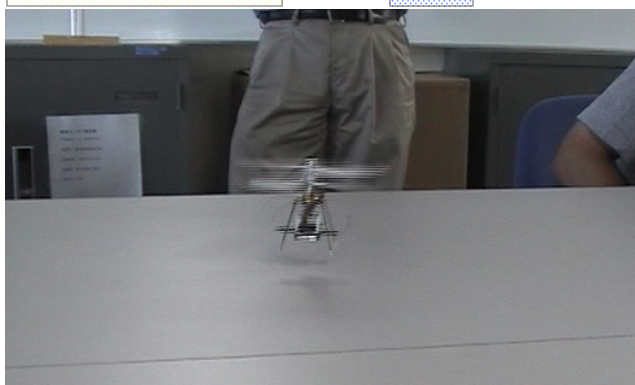
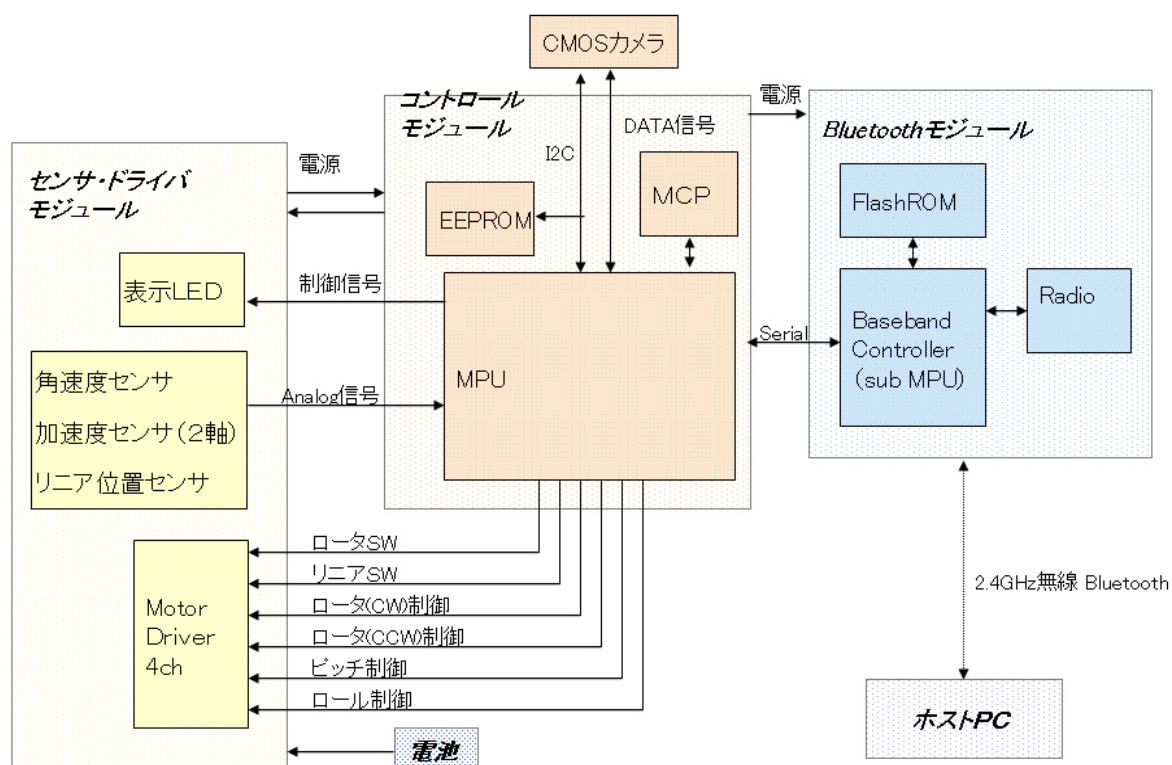
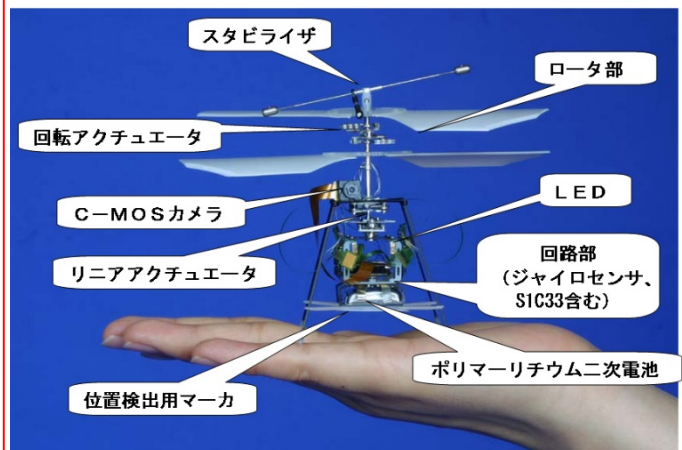
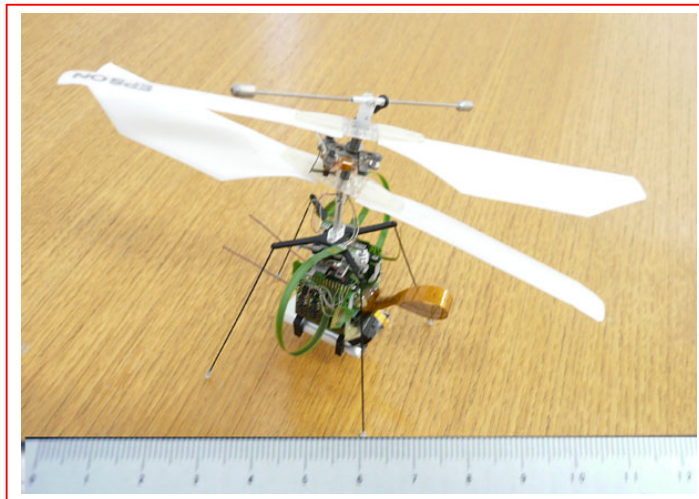
桡骨動脈の波形



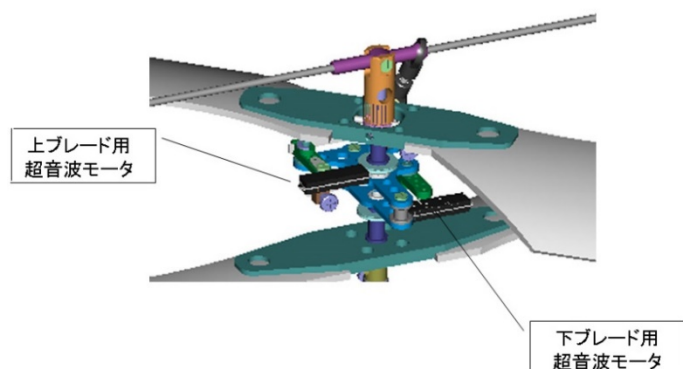
測定された脈波と AI 値 (動脈伸展性指標)

稲垣孝 (オムロンヘルスケア): トノメトリ法による桡骨動脈波形の AI 測定-オムロン血圧脈波検査装置 HEM-9000AI-
Arterial Stiffness 動脈壁の硬化と老化, No.9 (2006)

J15 マイクロフライングロボット (μFR) (セイコーエプソン社) (2003)



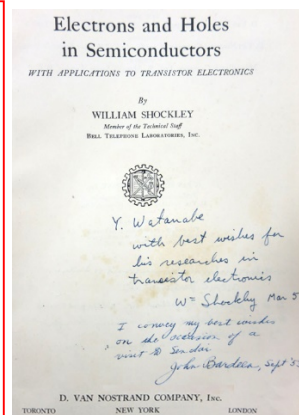
初フライト



ブレード回転用超音波モータ

https://www.jstage.jst.go.jp/article/micromechatronics/50/194/50_KJ00004320100/pdf/-char/ja

(セイコーエプソン(株) 宮澤 修 氏)

近代技術史関連の書籍 東北大・会社関連の書籍 渡辺寧先生が送った西澤先生の論文に対して送られてきた本

ATTENTION-PLEASE COLUMN

アインシュタインと東北大学②

●石原純との交流

アインシュタインの強力な理解者

石原 純 (当時
は理科大学助教
授、帰国後に教
授昇格)は、ミ
ンツ留学へ赴
いた折、スイス
のツリーヒエ工科大学のアインシュタイン教授の下
で、新進研究者として半年を過ごしました。九
十二年、大正十二年のことです。

この時期のアインシュタインは、一般相対性理
論の確證である万有引力論を唱え、他の教授と
の激しい論争を展開。石原はこの般しい一般相
対性理論の形成期を目の当たりにし、戦慄へ加
わっていたのです。

この縁で、出版社「改造社」がアインシュタイ
ンを日本へ招きたいと、石原に紹介状を依頼し
たのでした。石原はこれに協力して、博士との
交渉にあたりました。アインシュタインはこれを



石原 純

受けて、「この機会を逃したら、日本を訪れるこ
とはできない」と四月にとも及ぶ船旅への決断
をしたのでした。

一九二二年（大正十一年）、アインシュタインが乗
った北野丸が神戸港へ到着。船内にてヘルバ賞
賞のニュースを聞いた博士を迎えたのは、カメ
ラのフラッシュと大きな歓声をあげてよくよく
群衆。博士は、初めて凱旋將軍のような歓迎を
受けたのでした。

旅の目的は、観光と学術交流の二つでした。
そのため、アインシュタインは、全国各地を巡り、
京都大学、東京大学、東北大学などで、相対性理
論の講義を行いました。この時、同行し、講演の
通訳を行ったのが石原でした。石原は、物理学
者として相対論や量子論の論文を受けてよく書き
上げ、帝国学院から第九回奨励賞を受けていま
した。それだけに、博士は「石原の的確な理解
力」と通訳能力を高く評価したそうです。



アインシュタインの相対性理論は、物理学の革命を呼び起こした。この理論は、重力と光の速度の関係を説明し、時間の流れが重力によって遅くなることを示した。これは、私たちの日常感覚とは異なるが、宇宙の法則を正確に記述するものである。

ALBERT EINSTEIN

(「まなびの杜」編集委員会 編,「まなびの杜」(東北大学)知的探検のススメ II) 2006)

人間はどれだけの
事をしてきたか

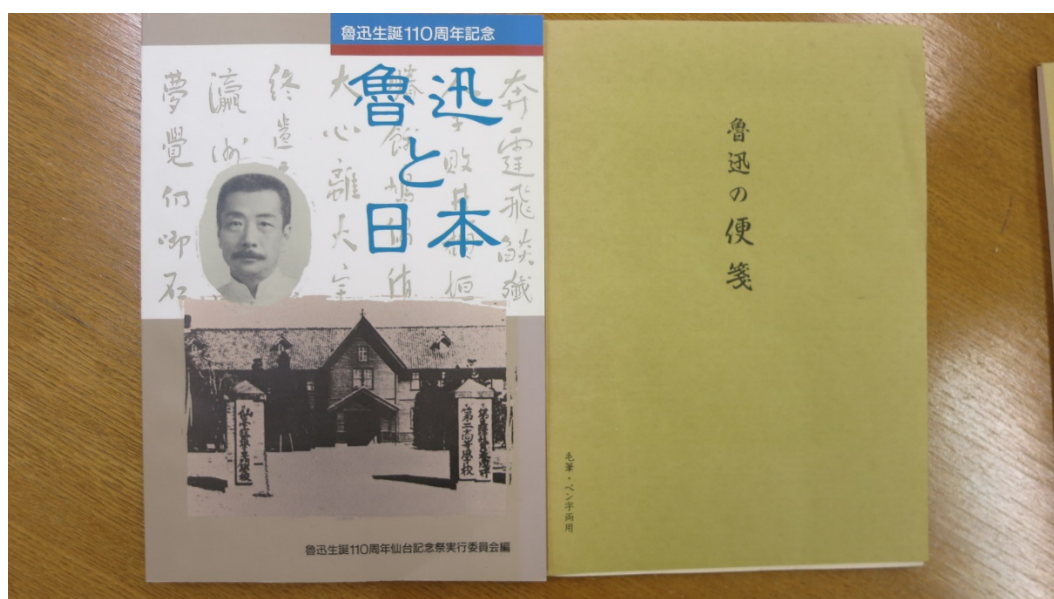


人間はどれだけの
事をしてきたか

石原純

517
1982

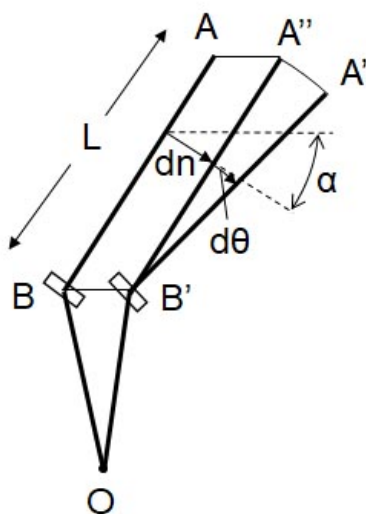
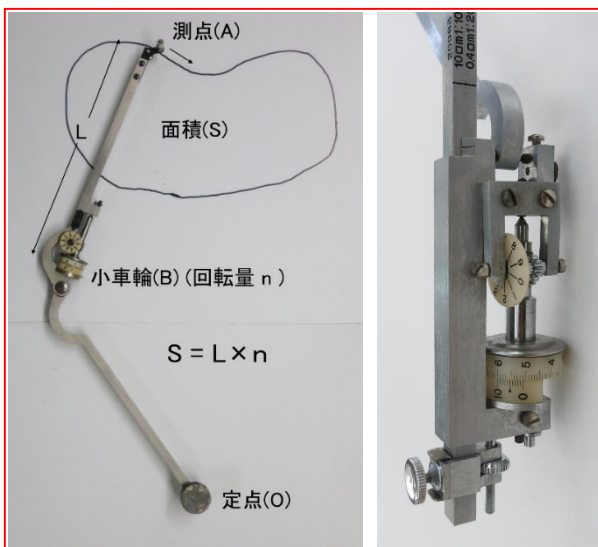
J17 本田光多郎と魯迅に関する資料



J18 プラニメータ(面積計)と比例コンパス

面積計(プラニメータ)の写真と原理を図に示します。2本の棒が繋がって曲がる部分(B)に小車輪が付いています。片側の棒は端部の定点(O)を支点に回ります。他の棒は長さがLで、端の測点(A)を持ち面積(S)を測りたい部分の周囲を動かして一周させますが、小車輪はその棒に直角に動き、その動きに対応する回転量nを用いると、面積(S)は $S=L \times n$ で求められます。同図(c)でその動作を説明します。測点がAからA'まで動く時、小車輪はBからB'まで動くとし、AからA'への移動は平行移動AA'と回転移動A'A'に分けられます。小車輪の回転量をdnとすれば棒の平行移動で覆われる面積はLdn、小車輪の回転方向が棒ABが平行移動(AA')する方向となす角度を α とすると回転量dnは $BB' \cos \alpha$ となり回転移動で覆われる面積は $L^2 d\theta/2$ となります。このため棒ABの移動によって覆われる面積dAは $Ldn + L^2 d\theta/2$ となり、閉曲線一周で求まる面積Sは、dAの式を積分して以下のように求められます。ここで回転移動d θ に関する積分は一周でゼロになり、第2項は消えます。

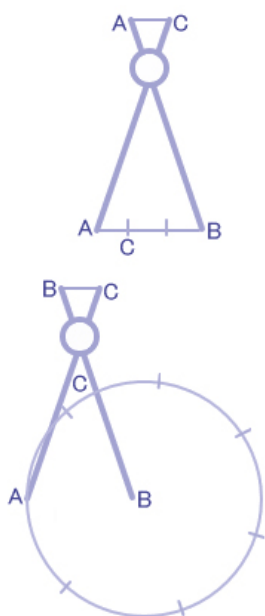
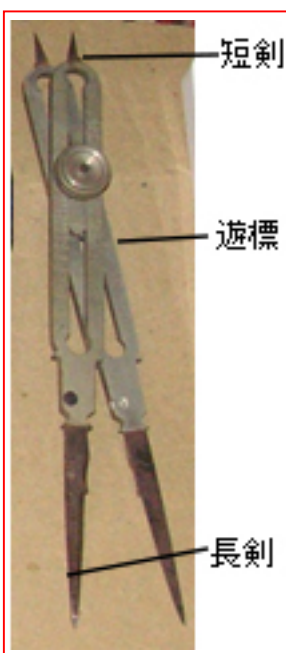
$$S = \oint dA = \oint Ldn + \oint L^2 d\theta/2 = L \times n$$



(a) 面積計の写真と原理 (b) 小車輪 (c) 測点の動きと小車輪の回転の関係

図 面積計(プラニメータ)

Ref. 西山豊：面積を測る, https://yutaka-nishiyama.sakura.ne.jp/math2010j/measuring_j.pdf



直線分割の場合LINE

任意の寸法の母線ABを三等分する時、まず遊標をL目盛りの3に合わせ、長剣を母線ABに開けば、短剣に表れた寸法ACは、ABの三分の一になります。

円分割の場合CIRCLE

ある円の周囲を七等分する時、遊標をc目盛りの7に合わせ、長剣を半径AB(Bは円周の任意の箇所)に合わせれば、短剣の表すBCは、円周を七等分して一周する寸法です。



面積分割の場合PLANE

任意の正方形の面積を二等分する時、遊標をP目盛りの2に合わせ長剣を一边のABに合わせれば、二分の一の面積をもつ、正方形の一边(AC)が短剣に表示されます。

立方分割の場合SOLID

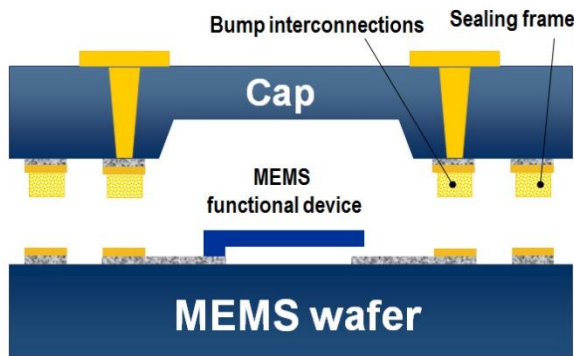
任意の正立方体を二等分する時、まず遊標をS目盛りの2に合わせます。次に底辺ABに長剣を合わせれば、短剣の表すACが、二分の一の体積をもつ正立方体の一辺になります。

比例コンパス http://okadaenoguten.o.oo7.jp/ditail_desain3.html (東京工業大学名誉教授 肥後矢吉 氏 寄贈)

K1 西澤潤一先生に関する本や写真他



L1 サブミクロン Au 粒子を用いた低温封止接合（田中貴金属工業(株) 小柏俊典）

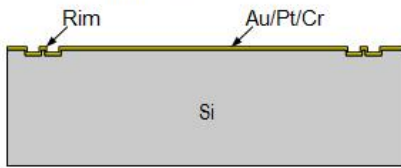


Au 粒子による封止構造

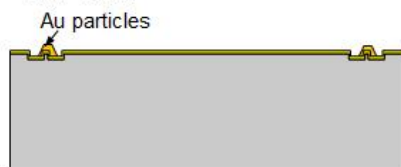
Au 粒子焼結体の圧縮変形(200℃)で出現する緻密組織を用いて、ウエハレベルの気密封止技術を開発しました。接合材からのアウトガスが抑制出来ることから、ゲッターフリーの実装技術を目指します。

T. Ogashiwa, K. Totsu, M. Nishizawa, H. Ishida, Y. Sasaki, M. Miyairi, H. Murai, Y. Kanehira, S. Tanaka, M. Esashi, "Hermetic Seal Bonding at Low-temperature with Sub-micron Gold Particles for Wafer Level Packaging", in Proc. of 48th Interbational Symposium on Microelectronics (IMAPS), Orlando, Florida, USA, October 26-29, 2015, pp. 73-78.

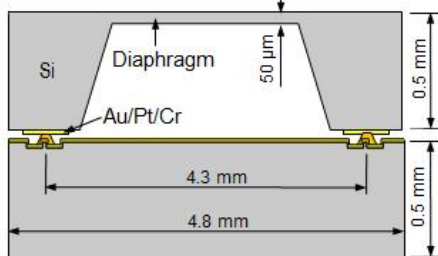
(a) Formation of a rim structure in 10 μm width by dry etching process.



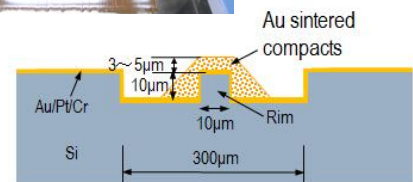
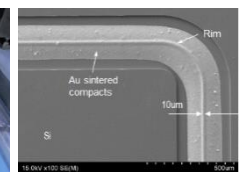
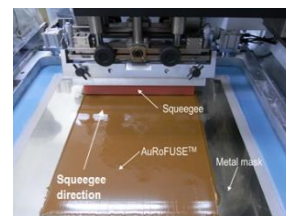
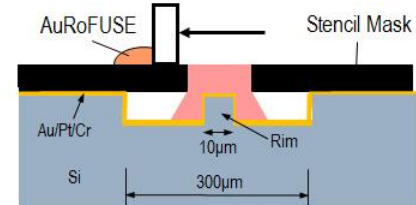
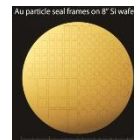
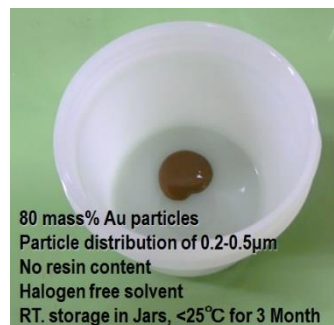
(b) Printing with Au paste and sintering at 200℃/2h in Ar-4%H₂.



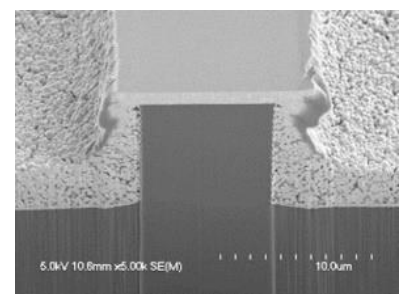
(c) Thermo-compression bonding at 200℃/30min under a pressure of 200MPa for the rim.



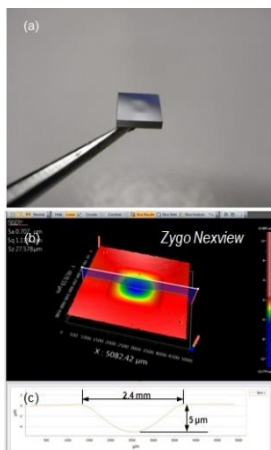
ウエハレベル封止プロセス



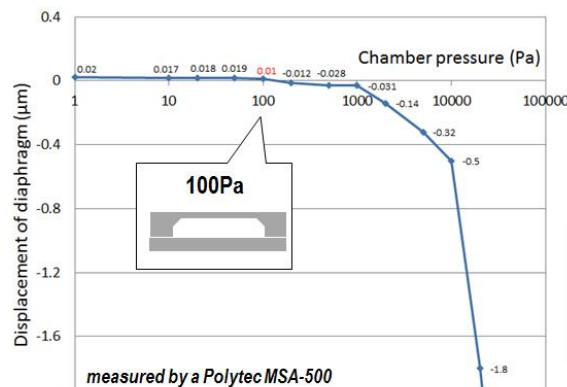
Au 粒子ペーストパターンのステンシル印刷 (AuRoFUSE™)



リム封止部の SEM 断面観察



ダイアフラム付ウェハの接合



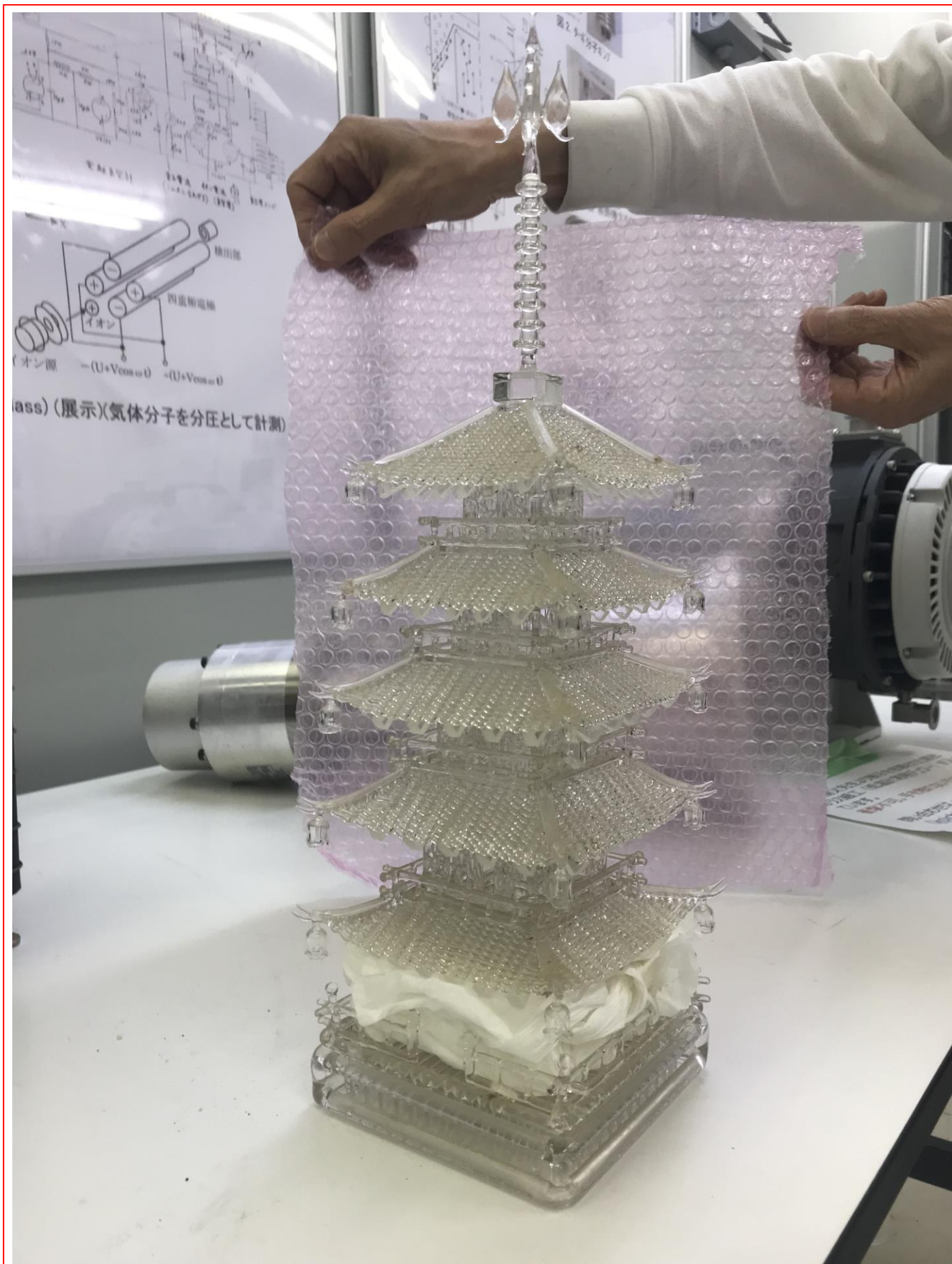
チャンバ減圧に伴うダイアフラムの変位

Exposure time in He	Before exposure	After exposure		
		< Dwell time >		
72 hours	2.91E-15	1.52E-12	1.99E-13	1.09E-14
0.617MPa(abs)		<17 min>	<392 min>	<1706 min>
Empty chamber	4.82E-15	4.97E-14	2.46E-14	5.37E-15

He leak rate : 10⁻¹⁴ Pa·m³/s (He)

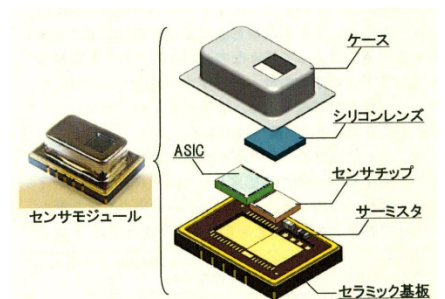
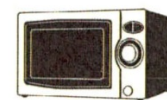
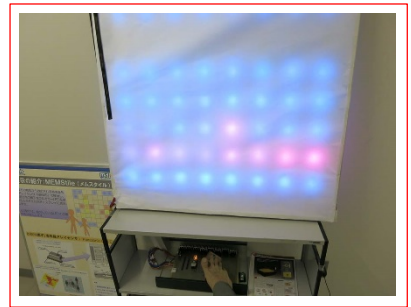
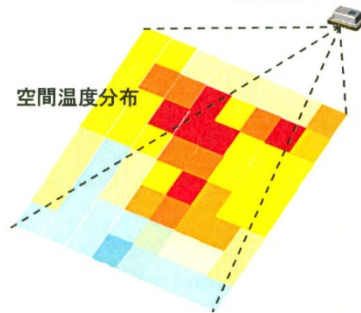
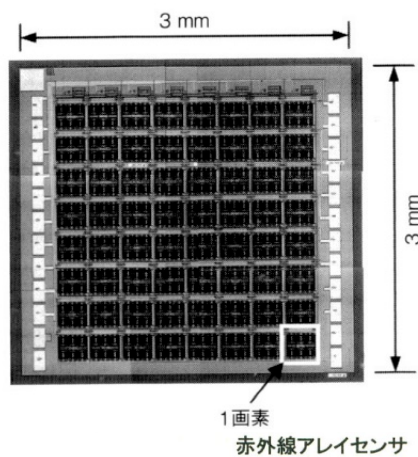
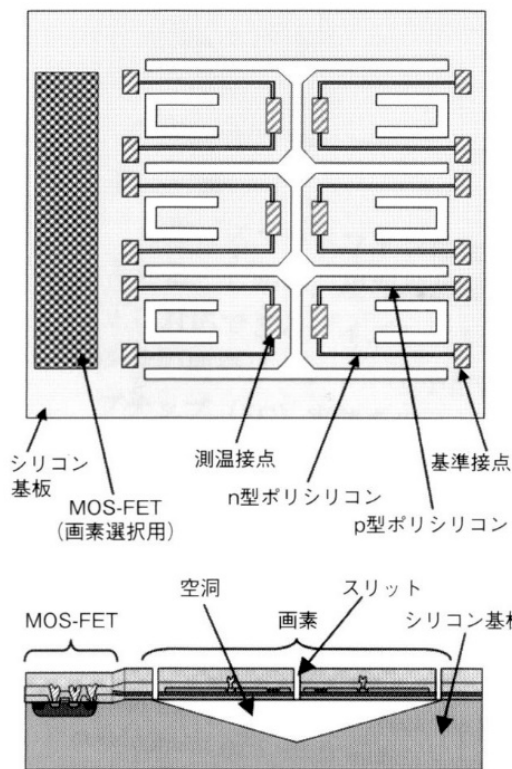
He リーク測定結果

M1 ガラス製五重の塔



松村善二郎 製作（熊野勝文 寄贈）西澤潤一記念研究センターの玄関に展示

N1 赤外線アレイセンサ (パナソニック株)



構造

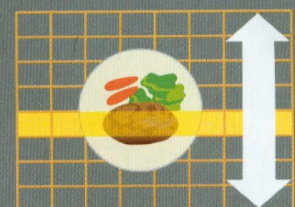
応用

64眼スピードセンサーが庫内全体の温度を瞬時に測定。
食品や大きさ、分量等をかしく見分けて※1
自動で加熱を調整します。



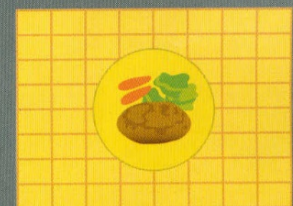
※実際はセンサーで庫内は光りません。

当社2013年度機種
NE-BS1000



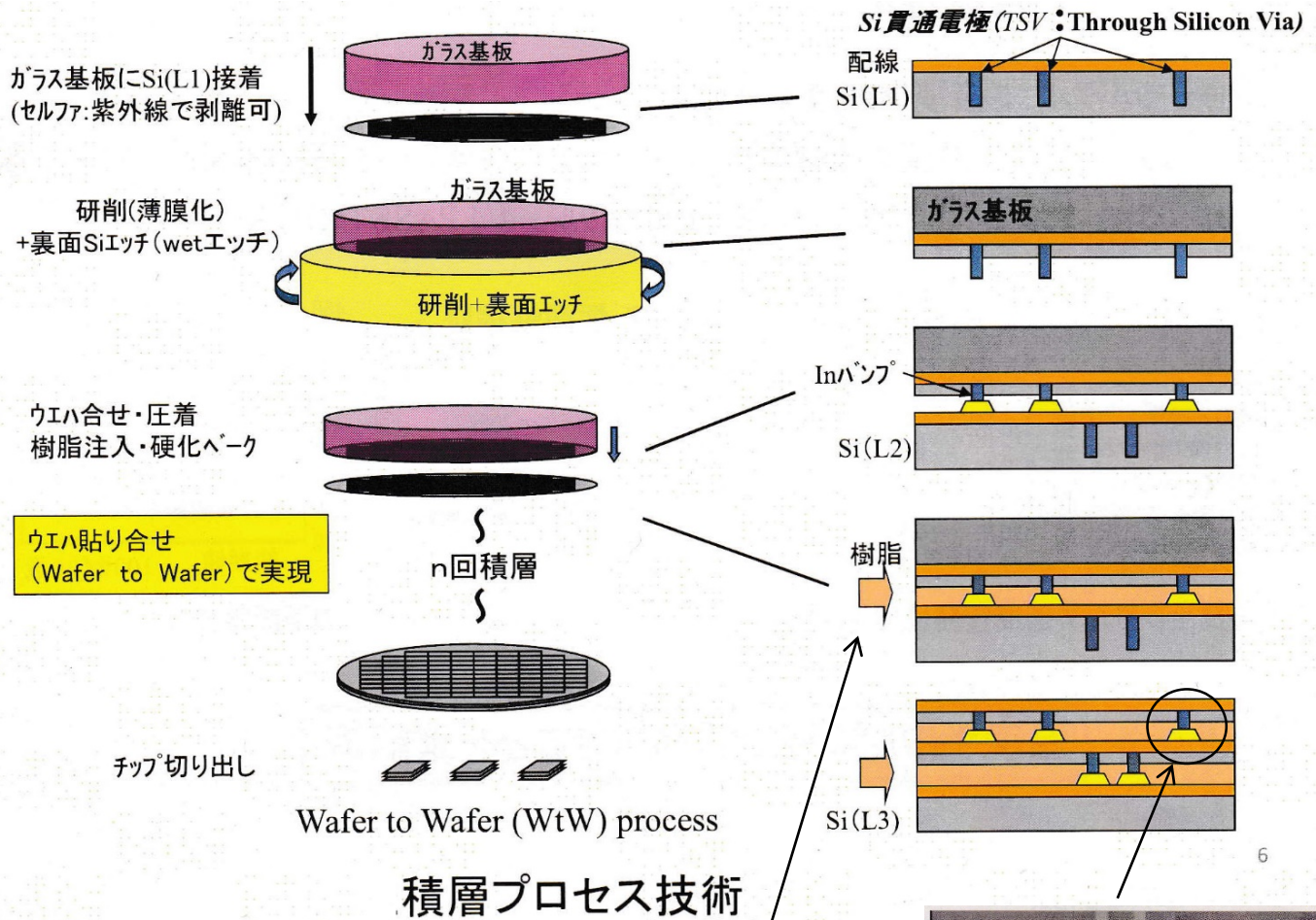
8眼センサーがスキャンして
温度を測定

新製品
NE-BS1100

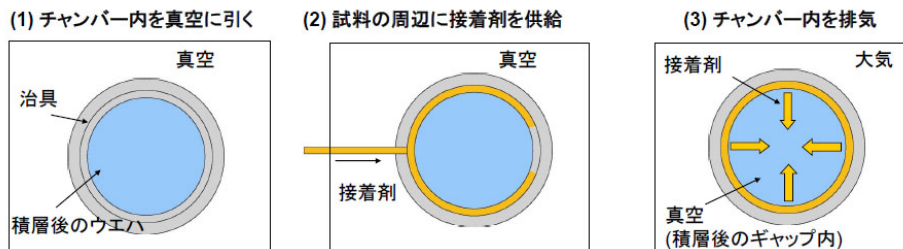
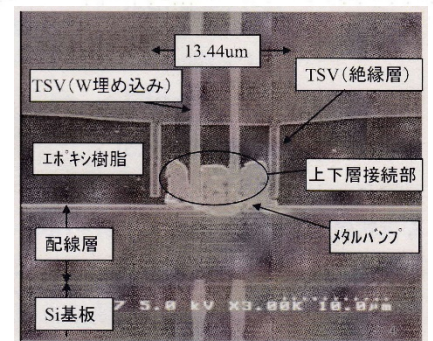
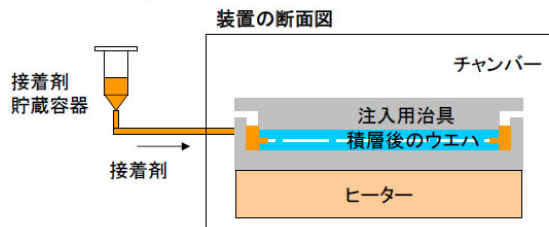


64眼スピードセンサーが
瞬時に温度を測定

電子レンジでの温度分布測定

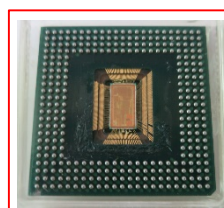


積層後ウエハをチャンバー内の治具に装着してチャンバーと積層ウエハのギャップ内を真空に引く。その後治具の周辺に接着剤を供給しチャンバー内が目標真空度に達した後チャンバー内を真空から大気に切り替えて接着剤をギャップ間に注入する。

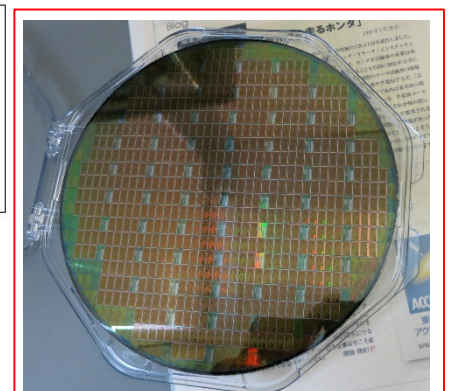


樹脂封入技術

(Nobuaki Miyakawa et.al . Multilayer stacking Technology using wafer-to-wafer stacked method, ACM J. on Eng. Technologies in Computing Systems, Vol.4, No.4 (2008):)



3D LSI チップ

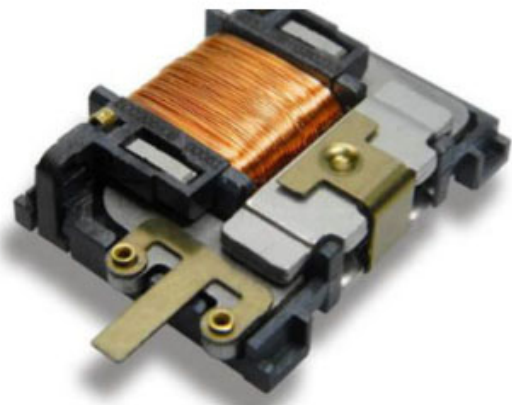


N3 押して発電するエネルギーハーベスタ式リモコンスイッチ (EnOcean GmpH)



リモコンスイッチ

ECO 200 (Not recommended for new designs)



Energy converter for motion energy harvesting

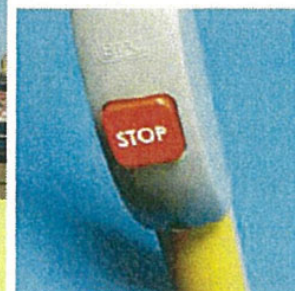
スイッチ用エネルギーハーベスタ

<https://www.enocean.com/en/product/eco-260/?ts=1696510449>



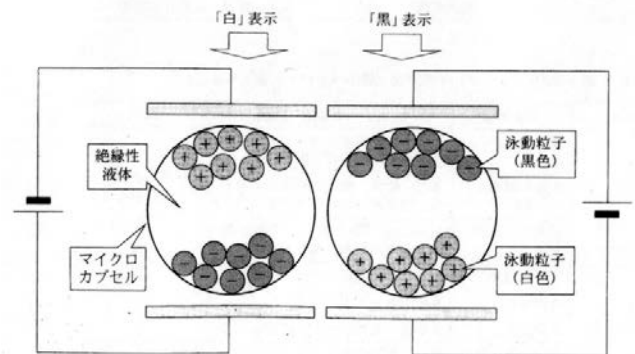
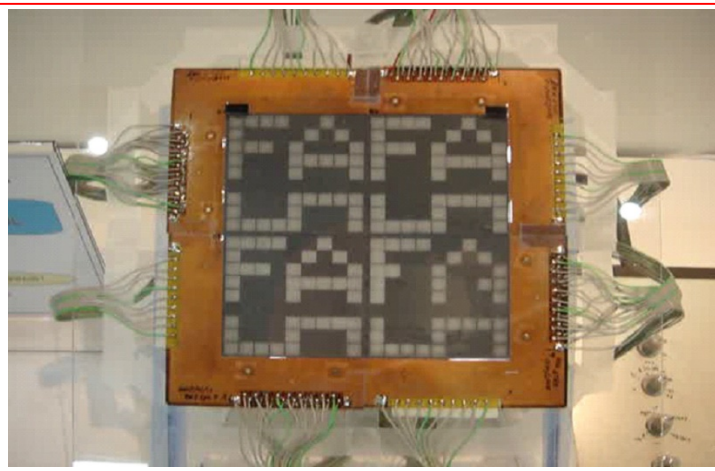
リモートスイッチのロンドンバスへの応用

(板垣一美 (enocean alliance) : エネルギーハーベスタによるバッテリーレス無線スイッチ・センサーと MEMS デバイスの応用, 2012/9/20 マイクロシステム融合研究会)

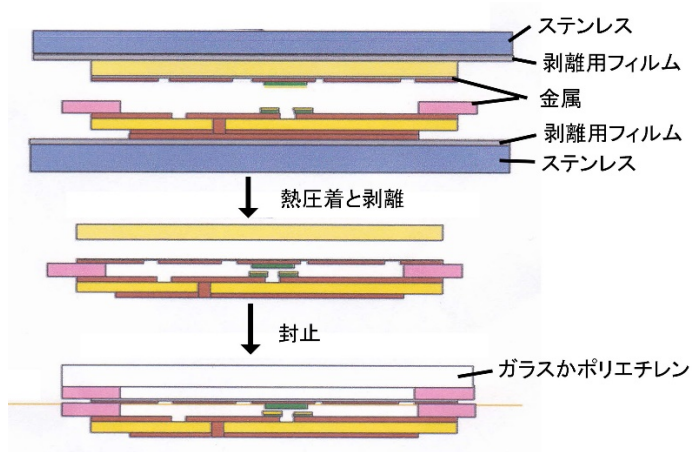
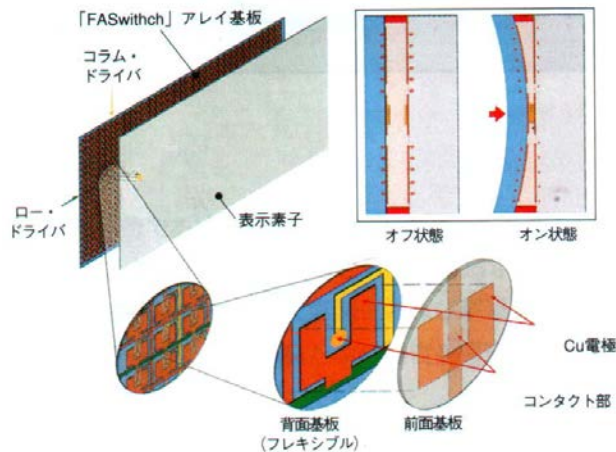


N4 電気泳動表示用薄膜スイッチアレイとオシロメトリック血圧計

(E-pape, 東京三洋電機 泉田和夫)



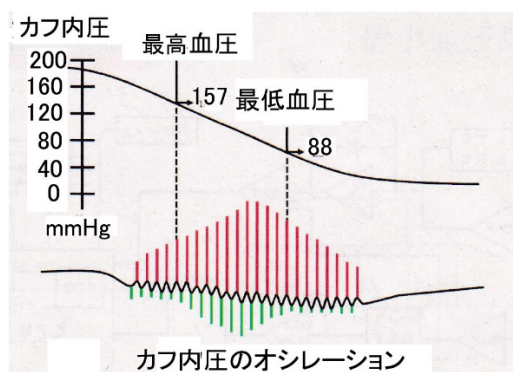
表示例と電気泳動表示



静電スイッチの動作と製作工程

(K.Senda, B.S.Bae and M.Esashi : MEMS Membrane switches Backplane for Matrix Driven Large Sign Display
[The 15th Internl. Display Workshops (IDW' 08), Niigata (2008, Dec.4) 1349-1353]

(泉田和夫、江刺正喜 : ポリマー基材によるメンブレンスイッチアレイの MEMS ディスプレイへの応用開発,
第 25 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム、レートニュース、沖縄 (2008 年 10 月 23 日) 121)



ホルター型オシロメトリック血圧計 (東京三洋電機(株) 泉田和夫)