

(補論) MEMSデバイス事例集

大分類	事例	主な用途	実用化	参照ページ
1. 機械・エレクトロニクス MEMS	加速度センサ	加速度のセンシング (2,3 次元)	○	2, 3, 18
	圧力センサ	圧力のセンシング (真空センサにも応用)	○	19
	マイクロジャイロ	角速度のセンシング	○	20
	流量センサ	流量のセンシング	○	—
	酸素センサ	酸素濃度のセンシング	○	—
	赤外線イメージャ	温度のセンシング	△	21
	マイクロアクチュエータ (回転運動系)	微小機械の駆動部 (回転運動)	○	21
	マイクロアクチュエータ (線形運動系)	微小機械の駆動部 (線形運動)	○	4, 22
	インクジェット プリンタヘッド	微小な液体の噴出	○	4, 22
	共振子フィルタ	高周波のフィルタリング	△	—
	マイクロリレー	リレー	○	—
	マイクロプローバ		△	—
	SPM	原子間力顕微鏡	○	—
	マルチサーマル プローブ	ストレージディスクヘッド	△	—
2. 通信・ネット ワーク MEMS	RF スイッチ	第 3 世代携帯電話スイッチ	△	7
	RF MEMS	発振器	△	7
3. オプティカル MEMS	光スイッチ	光通信のスイッチ	△	8, 23
	マイクロメカ光導波 路スイッチ		△	8, 23
	DMD	ディスプレイ	○	24
	光スキャナ	バーコードリーダー、 共焦点レーザー顕微鏡	○	24
4. その他	DNA チップ	特定の DNA の検出	○	5
	マイクロ化学チップ	有機合成反応	△	8
	燃料電池	燃料電池	△	9
	マイクロ触覚センサ カテーテル	内視鏡の動作	△	—

実用化の度合いについて

○：実用化済み（商用化）

△：研究・開発段階（試作）

（各デバイスとも、複数の機構が存在する場合は、最も実用化が進んでいるものについて記している。）

1. 機械・エレクトロニクスMEMS

1.1 加速度センサ

(1) 応用分野

自動車（エアバッグ、車載機器の入力装置）、
ゲーム機（ジョイスティック）、
携帯電話（入力装置）、
航空・宇宙（フライトコントローラ）、
工作機械・ロボット（アーム・姿勢制御）

(2) 動作原理

①－1 静電容量型（楕歯型）

楕歯の間に生じる静電容量を検出。

①－2 静電容量型（表面型）

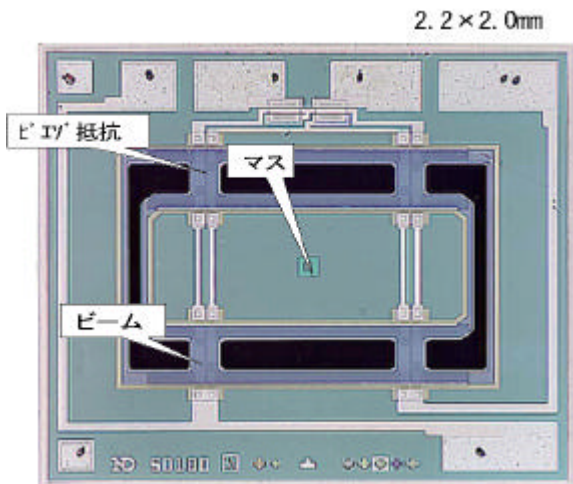
多結晶シリコンのおもりをバネで支えた構造で
重りの動きを静電容量変化として検出。

①－3 静電容量型（球型）

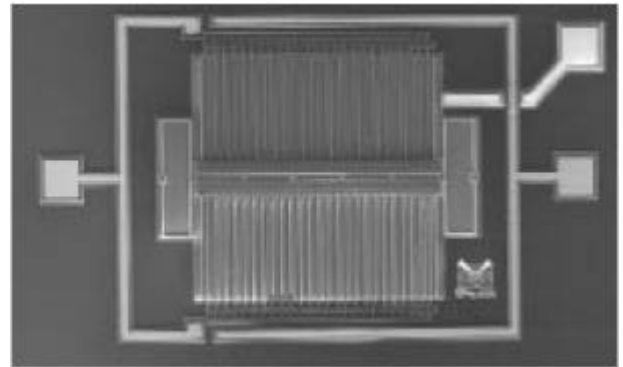
シリコン球の位置変化によって生じる電圧
の変化を検出。（2ページ参照）

②ピエゾ抵抗型

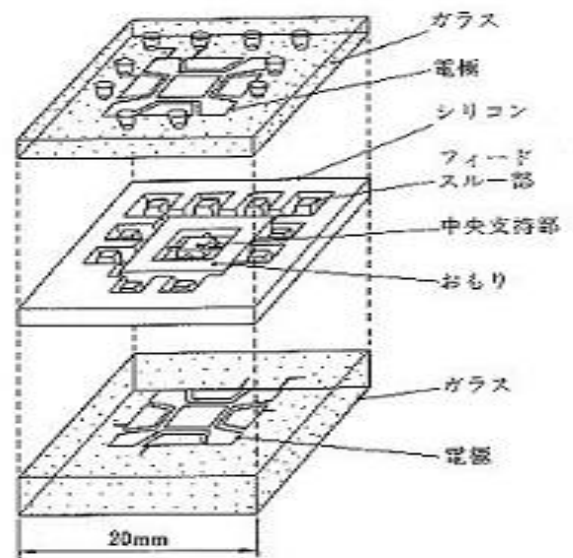
ピエゾ抵抗効果（応力に比例して抵抗率が変化）
を利用。



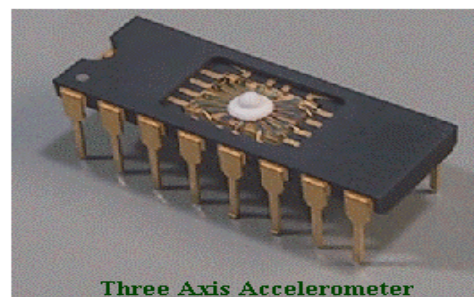
②ピエゾ抵抗型加速度センサ [4]



①－1 静電容量型（楕歯型）加速度センサ [1]



①－2 静電容量型（表面型）加速度センサ [2]



①－3 静電容量型（球型）加速度センサ [3]

1.2 圧力センサ

(1) 応用分野

時計（高度計、水深計）、医療機器（電子血圧計）、掃除機、自動車（エンジン制御）、等

(2) 動作原理

① 静電容量型

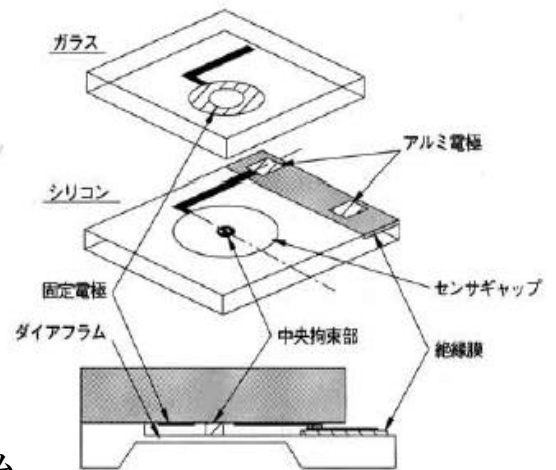
2枚の電極間の、圧力による距離の変化を静電容量の変化とし検出。

② ピエゾ抵抗型

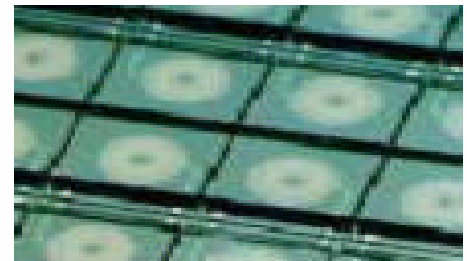
シリコンのダイアフラムのたわみを、ダイアフラムに埋め込まれたピエゾ抵抗素子によって検出。

③ シリコン振動式

シリコン振動子の圧力による共振周波数の変化を検出。



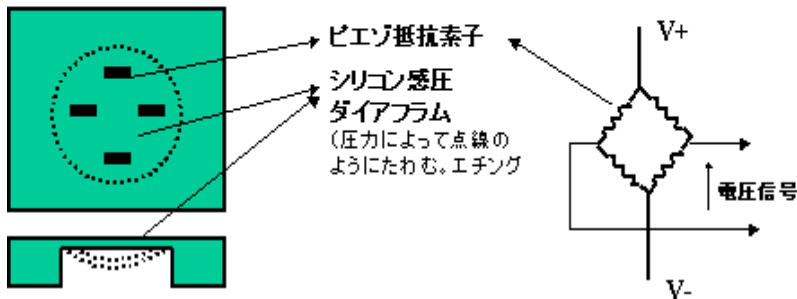
ドーナツダイアフラム構造微圧センサチップの構造結果



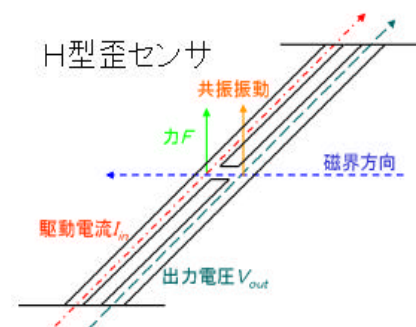
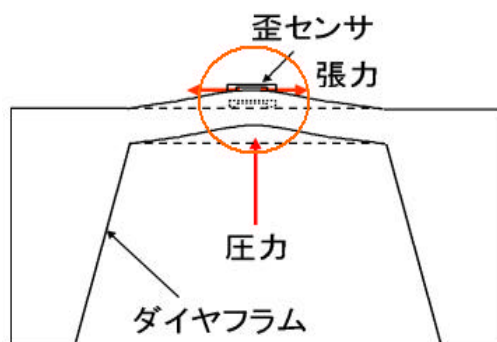
① 静電容量型圧力センサ [1]

シリコン加工技術により作製した感圧ダイアフラムのたわみをダイアフラム上に形成したピエゾ抵抗素子で検出する

圧力→感圧ダイアフラムのたわみ→抵抗値変化→電圧信号というメカニズムで圧力が電圧信号に変換される。



② ピエゾ抵抗型圧力センサ [2]



③ シリコン振動式圧力センサ [3]

1.3 マイクロジャイロ

(1) 応用分野

姿勢制御、カメラ一体型VTRの手ぶれ補正、
カーナビの位置制御

(2) 動作原理

① 圧電振動式

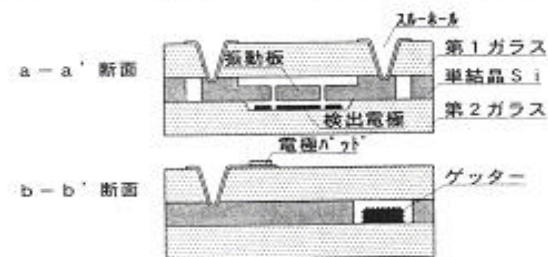
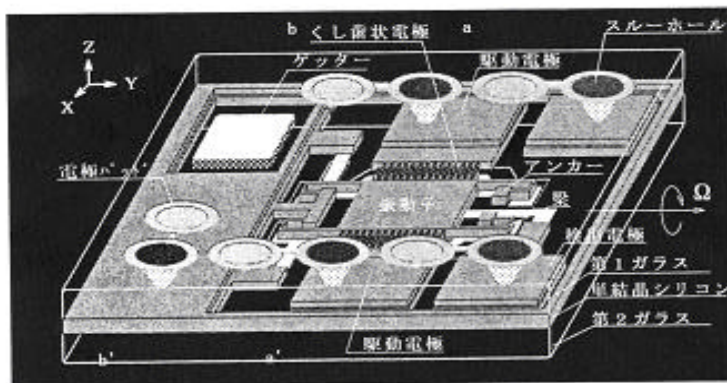
振動子のコリオリ力による変化によって
生じる静電容量の変化を検出。

② レート型

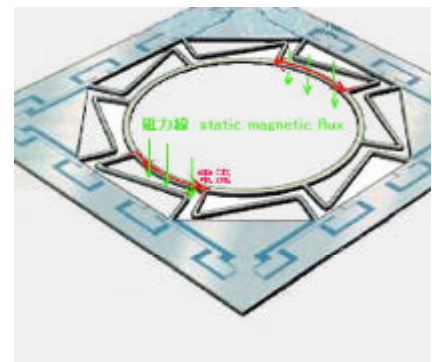
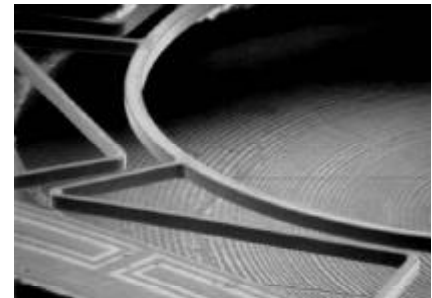
微細リングの振動のコリオリ力による変化に
よって生じる起電力を検出。

③ 静電浮上型

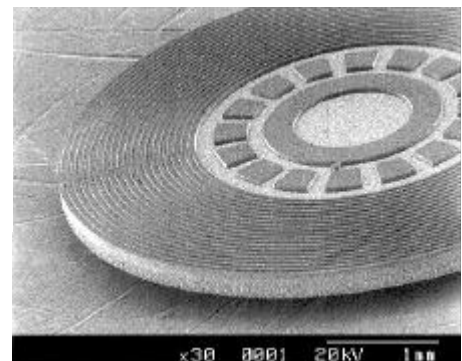
電極とローターの間の静電容量によりローターの
位置を検出。



① 圧電振動式ジャイロ [1]



② レート型ジャイロ [2]



③ 静電浮上型ジャイロ [3]

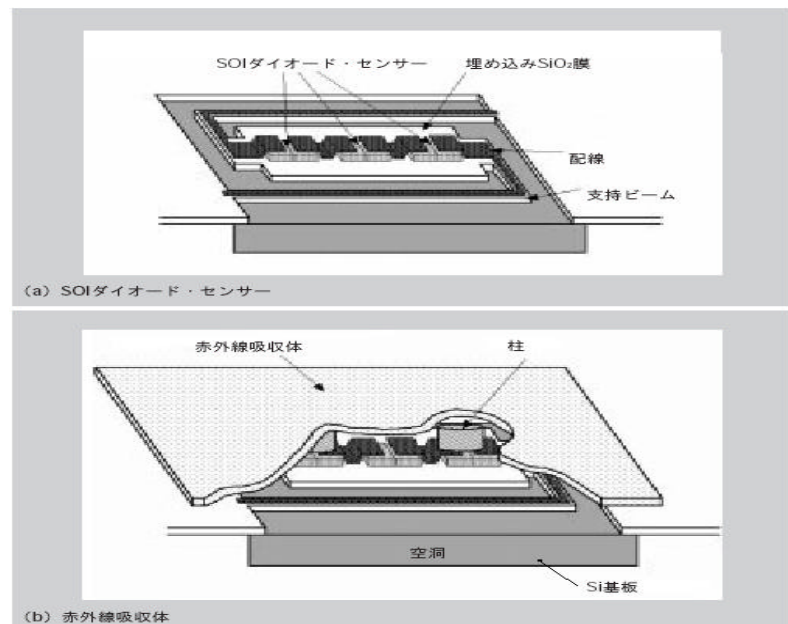
1.4 赤外線イメージャ

(1) 応用分野

赤外線センサ、暗視スコープ、
非接触温度計、等

(2) 動作原理

吸収した赤外線が温度
変化による抵抗の変化
として検出。



赤外線イメージャ [1]

1.5 マイクロアクチュエータ（回転運動系）

(1) 応用分野

時計等

(2) 動作原理

① 静電型

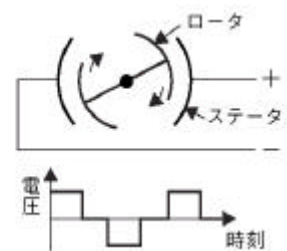
静電吸引力によるトルクを利用した
モータを回転。

② 超音波型

筒状の振動子のたわみ振動から
トルクを取り出す。

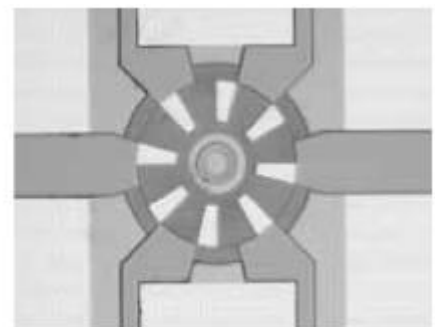
静電気駆動マイクロモータの動作
原理

ロータとステータの間に電圧を印加す
ると静電吸引力によるトルクが発生し、
回転する。

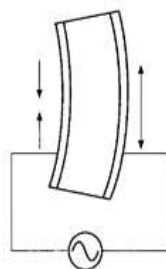
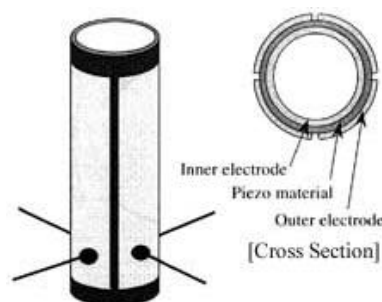


静電気駆動マイクロ
モータの顕微鏡写真

直径 $100\mu\text{m}$ 、厚さ
 $2\mu\text{m}$ の8極のロータ
と6極のステータで構
成されている。



① 静電型圧力モータ [1]



② 超音波型モータ [2]

1.6 マイクロアクチュエータ（線形運動系）

（1）応用分野

磁気ディスクのヘッド部（位置決め）、
光スキャナの角度制御、等

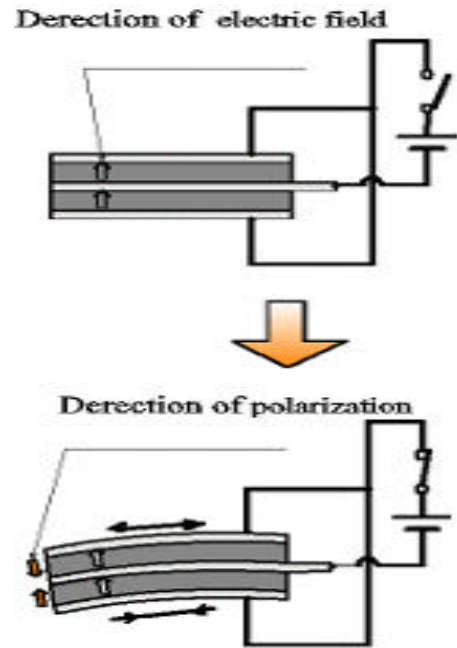
（2）動作原理

①圧電素子型

圧電セラミックスの電界による伸縮を利用。

②静電櫛歯型

（4 ページ参照）



①圧電素子型アクチュエータ [1]

1.7 インクジェットプリンタヘッド

（1）応用分野

インクジェットプリンタのヘッド
（インク噴出部分）

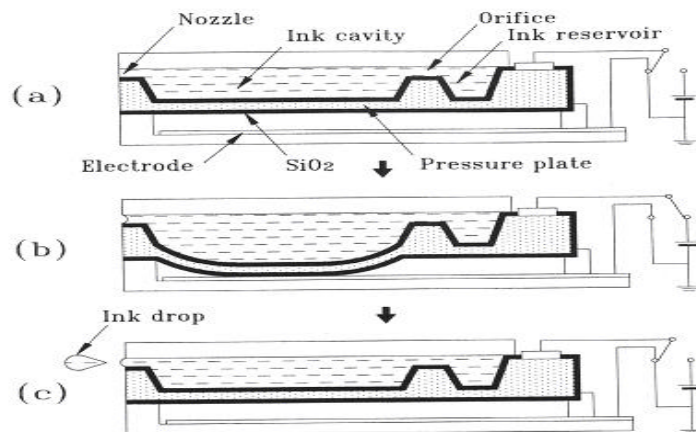
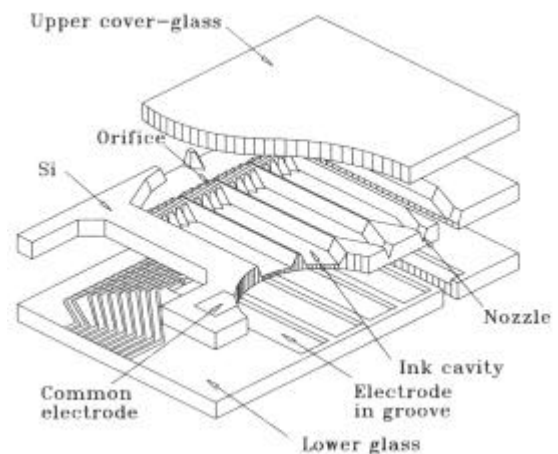
（2）動作原理

①バブルジェット型

（4 ページ参照）

②静電駆動型

静電引力によるアクチュエータの
たわみを利用し、インクをノズル
から噴射。



②静電駆動型 [1]

3. オプティカルMEMS

3.1 光スイッチ

(1) 応用分野

次世代のネットワークの基幹系に搭載

(2) 動作原理

①メカニカル型

光ファイバを電磁力などで移動させることで経路を変更。

②平面導波路型

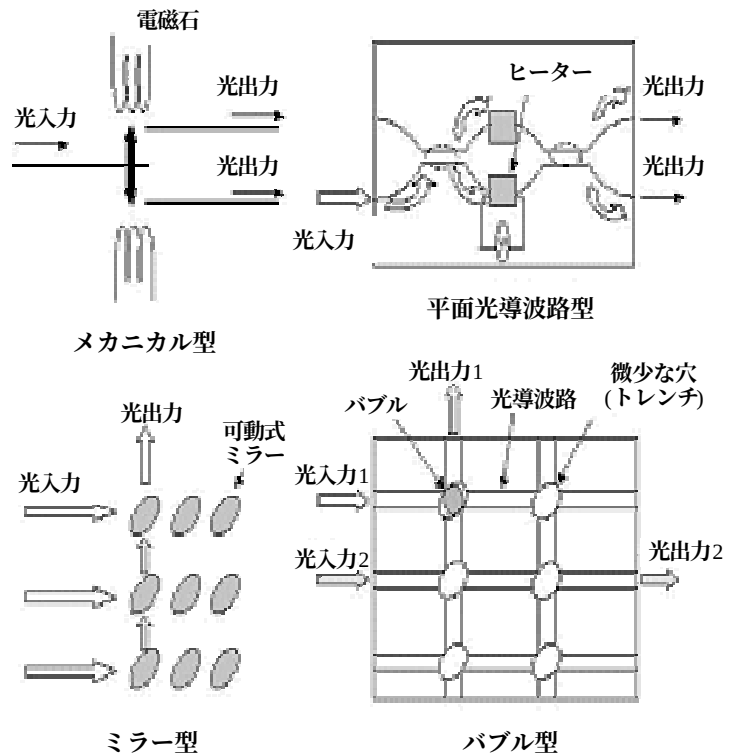
光導波路上にペルチェ素子やヒーターを設置し、温度により導波路の屈折率が変化する現象を利用して経路を変更させる。

③ミラー型（2次元、3次元） （8ページ参照）

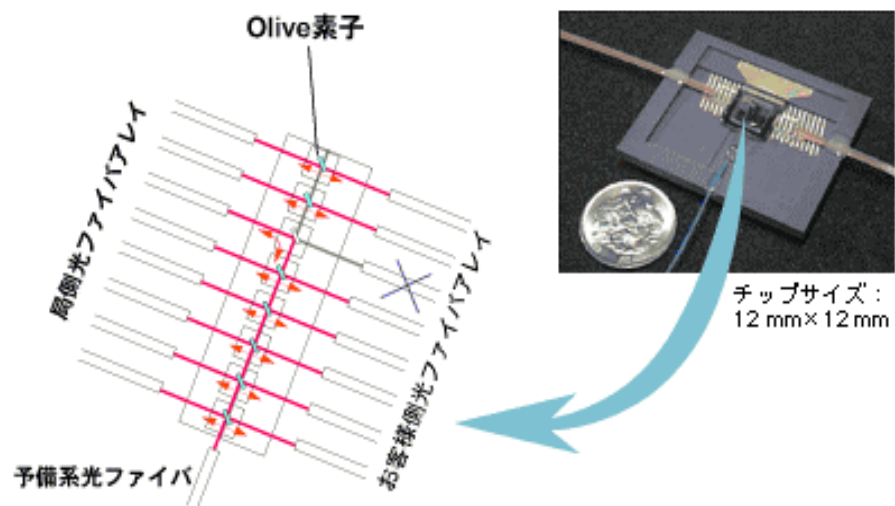
④バブル型

石英ガラスの光導波路の各交点に微小な穴（トレンチ）を形成し、オイルを充填する。ヒーターを用いて、この液体から泡（バブル）を生成／消滅させることで、光信号の経路を変える。

（インクジェットプリンタヘッドのバブルジェット技術の応用）



①～④ 光スイッチの動作原理イメージ^[1]



②平面導波路型光スイッチ^[2]

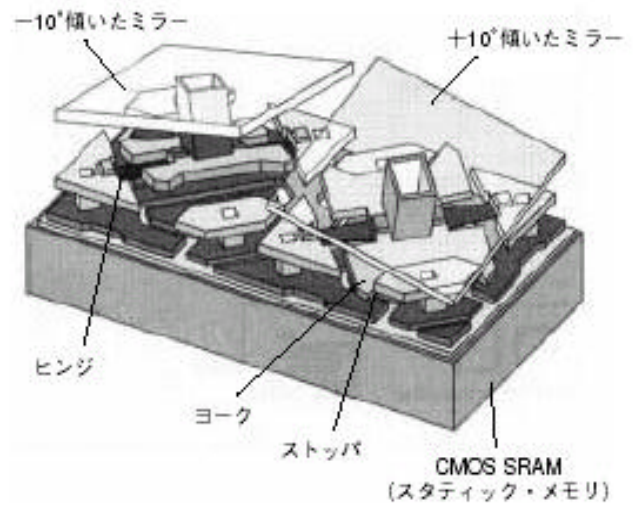
3.2 DMD

(1) 応用分野

プロジェクタ・ディスプレイの反射ミラー

(2) 動作原理

ミラーの下には制御回路とミラーを駆動する静電アクチュエータが配置されており、ミラーとの間に電圧を印加することで、ミラーを正確に $\pm 10^\circ$ 傾ける（オンオフ制御）。



DMD画素の模式図^[1]

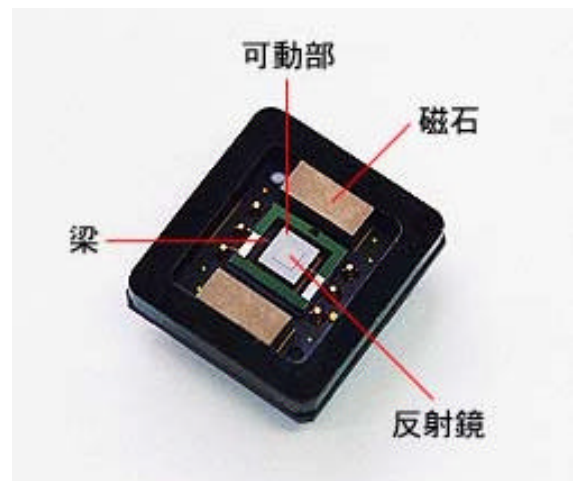
3.3 光スキャナ

(1) 応用分野

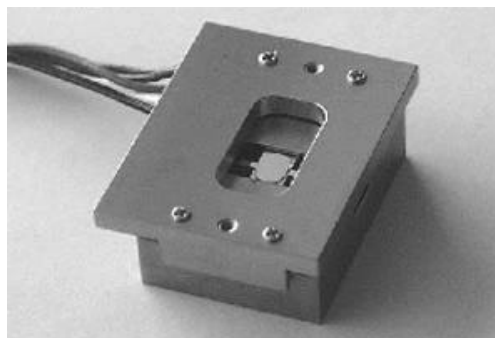
バーコードリーダー、レーザープリンター、走査型共焦点レーザー顕微鏡、レーザープロジェクター、光スイッチ、形状測定器、等

(2) 動作原理

電磁アクチュエータによる共振駆動とミラーに一体形成した検出コイル出力を利用したフィードバック制御を行う。



1次元走査型光スキャナ^[1]



走査型共焦点レーザー顕微鏡用光スキャナ^[2]

引用、参考文献等（補論）

1. 機械・エレクトロニクスMEMS

1.1 加速度センサ

- [1] サイバネットニュース (Spring 2000 No.93) (<http://www.cybernet.co.jp/news/backno/no93.pdf>)
- [2] マイクロマシニング技術が可能にする新しいセンシングシステム
(<http://www.geocities.co.jp/Technopolis-Mars/5941/micro2/newsen.html>)
- [3] Ball Semiconductor Inc. Three Axis Accelerometer (<http://www.ballsemi.com/NEW/products/TAA/features.asp>)
- [4] 資料提供：(株)デンソー

1.2 圧力センサ

- [1] オムロン(株) ドーナツダイヤフラム構造微圧力センサ (http://www.omron.co.jp/r_d/doc/ot031_1.pdf)
- [2] (株)山武 マイクロデバイスの研究開発 (<http://www.compclub.com/rd/md1.html>)
- [3] ポリシリコン振動式圧力センサ (<http://www.tuat.ac.jp/~ikedai/pre/resonant.files/frame.htm>)

1.3 マイクロジャイロ

- [1] マイクロマシン技術と応用（シーエムシー出版）マイクロジャイロ構造図(pp.156-159)
- [2] (株)シリコン・センシング・システムズ・ジャパン レートジャイロ (<http://www.spp.co.jp/sss/sirikon.html>)
- [3] 東北大学工学研究科 江刺研究室 静電浮上型のマイクロモーターを使った回転ジャイロ
(<http://mems.mech.tohoku.ac.jp/esashilab/fsseminar/fsseminar.htm>)

1.4 赤外線イメージャ

- [1] 日経マイクロデバイス(2001/9)システムLSIの差異化技術へ3次元構造や異種材料を導入(pp.125-136, p.132)

1.5 マイクロアクチュエータ（回転運動系）

- [1] Design Wave Magazine(2001/9)マイクロアクチュエータの原理と応用(p.100)
(<http://www.cqpub.co.jp/dwm/contents/0046/dwm004600990.pdf>)
- [2] 東京大学工学研究科 樋口・鳥居・山本研究室 マイクロ超音波モータ
(http://www.intellect.pe.u-tokyo.ac.jp/research/micro_usm/micro_usm_j.html)

1.6 マイクロアクチュエータ（線形運動系）

- [1] 立命館大学理工学部 杉山研究室 バイモルフ型圧電素子を用いたマイクロバルブの開発
(http://www.ritsumei.ac.jp/se/~sugiyama/research/re_4.1.html)

1.7 インクジェットプリンタヘッド

- [1] マイクロマシン技術と応用（シーエムシー出版）p.115, 116

3. オプティカルMEMS

3.1 光スイッチ

- [1] 文部科学省科学技術政策研究所 科学技術動向研究センター 光通信技術の研究開発動向
(<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/stfc/stt005j/feature2.html>)
- [2] NTT通信エネルギー研究所 熱毛管現象を利用したマイクロメカ光導波路スイッチ (Olive*)
(http://www.mcon.ne.jp/~imai/ntt_en/netw/p3.html)

3.2 DMD

- [1] Design Wave Magazine(2001/11)マイクロシステムの原理と応用(p.84)
(<http://www.cqpub.co.jp/dwm/contents/0048/dwm004800840.pdf>)

3.3 光スキャナ

- [1] 機械技術・日本の世界一 [種目] 光スキャナの消費電力 [勝者] 日本信号
(<http://nmc.nikkeibp.co.jp/kiji/part15.html>)
- [2] オリンパス光学工業(株) シリコンマイクロマシニングによる走査型共焦点レーザ顕微鏡用光スキャナ
(<http://www.olympus.co.jp/Special/Silm/index.html>)

○ 技術動向調査委員会（製造技術分野）委員名簿 （敬称略）

委員長	古川 勇二	東京都立大学大学院 工学研究科 機械工学専攻 教授
副委員長	藤田 博之	東京大学生産技術研究所 教授 マイクロメカトロニクス国際研究センター長
委員	一條 久夫	独立行政法人産業技術総合研究所 技術情報部門 部門長
委員	東郷 洋一	新エネルギー・産業技術総合開発機構 産業技術開発室 室長
専門委員	榊原 伸介	ファナック株式会社 主任研究員 ロボット研究所 名誉所長
専門委員	谷江 和雄	独立行政法人産業技術総合研究所 知能システム研究部門 部門長
専門委員	根本 泰弘	株式会社日立製作所 日立研究所 IT応用研究センタ 情報制御第6研究部 部長
専門委員	川原 伸章	株式会社デンソー 基礎研究所 第5研究室 室長
専門委員	中桐 孝志	キヤノン株式会社 テクノロジー統括本部 副本部長
専門委員	三原 孝士	オリンパス光学工業株式会社 研究開発センター 研究開発戦略部 映像技術分野担当部長

- 本技術調査レポートの作成に当たっては、経済産業省から(株)日本総合研究所への14年度委託調査「平成14年度長期エネルギー技術戦略策定等調査(分野別技術動向調査)」の中での検討、特にそのために設けられた上記調査委員会のアドバイスを活用した。