

NANO



MIKRO- ES NANOTECHNIKA II

Dr. Pődör Bálint

*Óbudai Egyetem,
KVK Mikroelektronikai és Technológia Intézet*

11. ELŐADÁS: MIKRO- ÉS NANOAKTUÁTOROK, MIKRO- ÉS NANOFLUIDIKAI ESZKÖZÖK



2012/2013 tanév 1. félév
(Nem szerkesztett (ideiglenes) változat!)

1

MEMS ESZKÖZÖK: BEAVATKOZÓK

Beavatkozók (aktuátorok):
Mikrofluidikai elemek
Mikroszivattyúk
Mikromotorok
Lab-on-chip
Elektrosztatikus fésűs mozgatók
Mikrocsipeszek
Mikropozicionálók

2

MIKROFLUIDIKA: ÁTTEKINTÉS

Komplex klinikai diagnosztikai rendszerek elkészítésére megjelent az igény a precíz, molekuláris szintű folyadék-műveleteket (pl. keverés, molekulák méret alapján történő szétválogatása stb.) végezni képes integrált analitikai megoldásokra, a mikrofluidikai rendszerek révén megnyílt az út a magasszintű kémiai elemzés előtt.

A mai bioszenzor alkalmazások igen nagy köre is tartalmaz valamilyen formában integrált mikrofluidikát. A cél az egy chip-en, minél több funkciót megvalósító ún. [lab-on-a-chip](#) (másik elterjedt nevén μ TAS, [Micro Total Analysis System](#)) rendszerek kialakítása.

3

MIKROFLUIDIKA: ÁTTEKINTÉS

A mérettartomány csökkentése a hagyományosan laborberendezésekhez képest azzal az előnnyel bír, hogy a felhasznált minták elemzése, manipulálása már nl-es térfogatok rendelkezésre állása esetén is elvégezhető, így az amúgy sokszor igen költséges biológiai minták gazdaságosabban használhatók fel.

A mikrofluidikai eszközök kis mérete a hordozhatóság követelményeinek is megfelel, ugyanakkor a csatorna-rendszerekben a folyadékok transzportjához már kisebb energiabefektetés is elegendő, továbbá a mikrotartomány több makroméretekben nem mutatkozó, ill. jellegében eltérő jelenség kihasználását is lehetővé teszi, melyet mind az érzékelés, mind a beavatkozás területein is alkalmazhatók. 4

Si ALAPÚ MIKROFLUIDIKA

A szilícium anyagi tulajdonságai közül több is előnyös a mikrofluidikai alkalmazások területén. Felületi tulajdonságai könnyen módosíthatók, az alkalmazás céljaitól függően akár hidrofób, akár hidrofil felületet is kialakíthatók.

A biofunkcionalizálásra szintén több eljárás létezik, melyek javíthatják a szilíciumban kialakított csatornarendszereink immobilizációs képességeik. A felület érzékenyítésén túl a különböző struktúráltságú szilícium mikrofluidikák optikai tulajdonságai ugyancsak széles fénytartományban kihasználhatók.

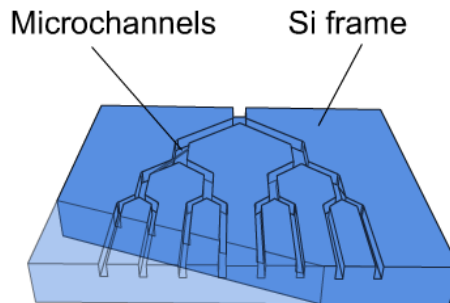
5

Si ALAPÚ MIKROFLUIDIKA

Mikrofluidikai rendszerek előállításánál fontos a csatornarendszerek hermetikus lezárása a tökéletes folyadékmanipuláció számára. A csatornák lezárását anódikus kötással szilícium és üveg, vagy akár az ún. rapidprototyping technikával különböző polimerek (PDMS, PMMA) felhasználásával pontosan megoldhatók.

6

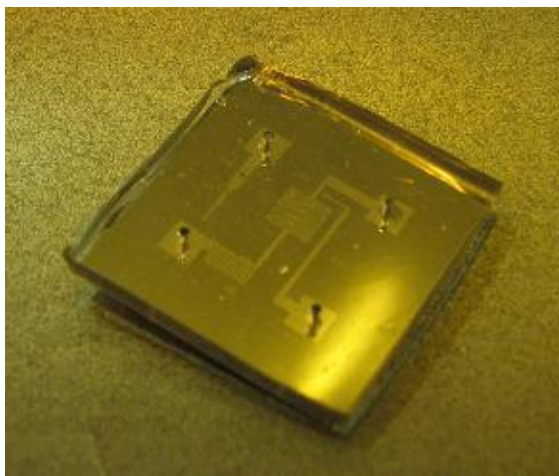
MIKROFLUIDIKA: MIKROCSATORNA RENDSZER



Mikrofluidika Si-on: Si kémiaailag ellenálló, magas hőmérsékleteket tűri, jó hővezető, precízen megmunkálható. *Deep reactive ion etching* (DRIE), komplex 3D szerkezetek. Néhány 10 μm mély árkok, stb. Si, SiO_2 és Si-nitridben.

7

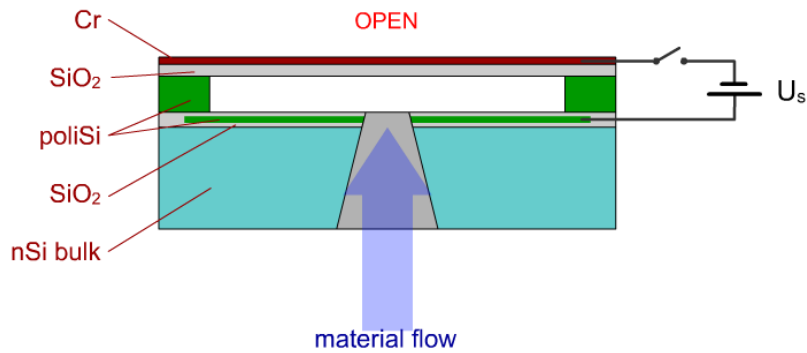
Si MIKROFLUIDIKAI RENDSZER



PDMS (poli-dimetilsziloxán) ellendarabbal lezárt szilícium mikrofluidikai rendszer

8

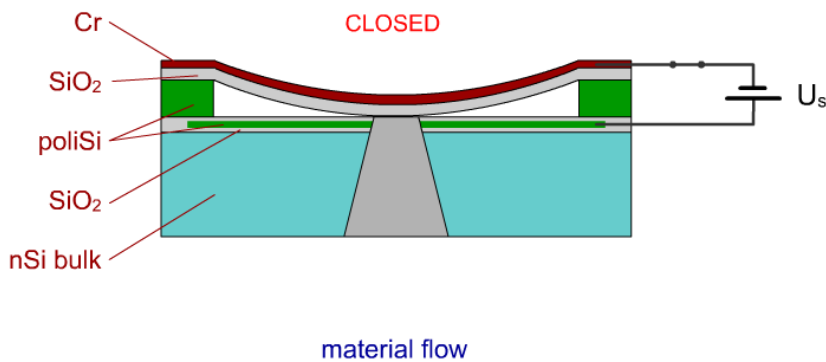
ELEKTROSZTATIKUS MIKROSZELEP



Az elektródákra adott feszültség elektrosztatikus erőt hoz létre, mely lezárja a szelepet. A működési nyomás az elektromos töltésviszonyokkal állítható be.

9

ELEKTROSZTATIKUS MIKROSZELEP

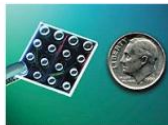


10

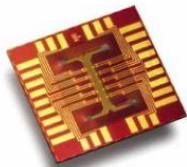
LAB-ON-CHIP

Embedded structures:

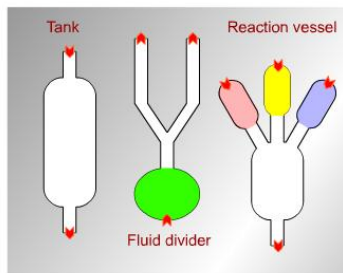
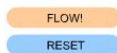
- Channels with hydrophobe or hidrofil sidewalls
- Tanks
- Reaction vessels
- Valves
- Pumps
- Circulators based on electroosmosis
- Interfaces



Caliper Technologies Corp.
Planar chip for chemical reactions



Microelectronics Center
Molecule weight measurement chip

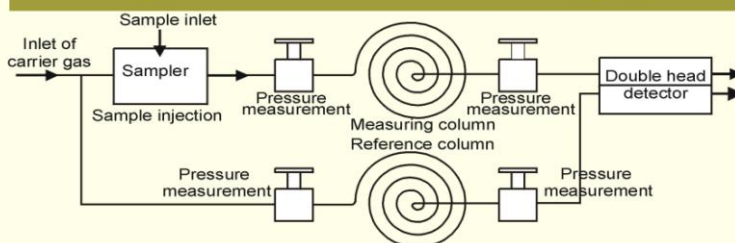


Lab-on-chip: mikrofluidikai és MEMS technológiák kombinációjával.

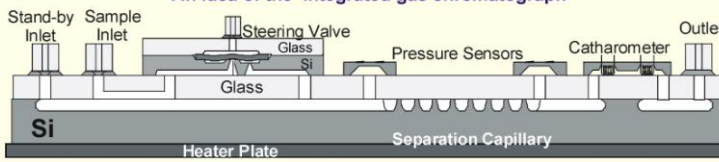
Mikro-mennyiségű folyadékok kezelése, analizálása. Egyszer₁₁ használatos eszközök: kémiai, biológiai és orvosi alkalmazások.

Gas μ Chromatograph

Integrated Gas Chromatograph



An idea of the integrated gas chromatograph



Multi-Chip-Module of GC

12

MIKROFLUIDIKAI SZELEP

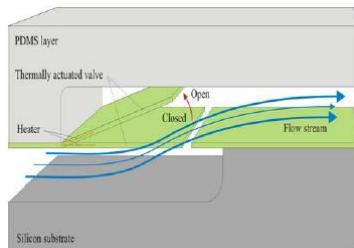
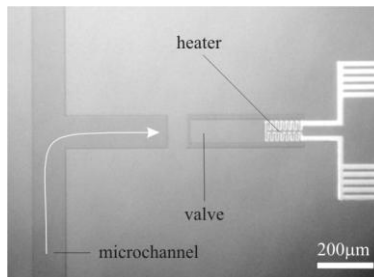


Figure 1 Schematic representation of a thermally actuated microfluidic valve. The microfluidic channels are realized by the combination of 3D silicon micromachining and PDMS formation.



Investigation of Actuation Phenomena and Controllable Moving Micro-structures for Microfluidic Application
(Supported by Hungarian Scientific Fund (OTKA) F61583)

P. Fürjes

MTA Műszaki Fizikai és Anyagtudományi Kutató Intézet

13

SZILÍCIUM MIKROTURBINA

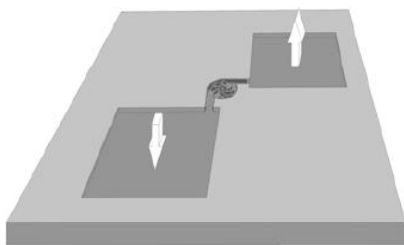


Figure 1 The structure of the micro-turbine Si chip

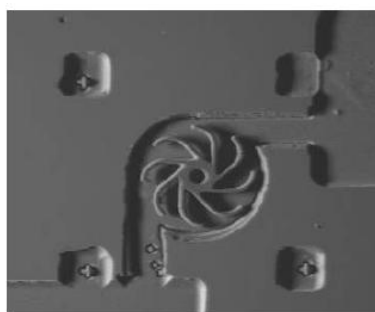


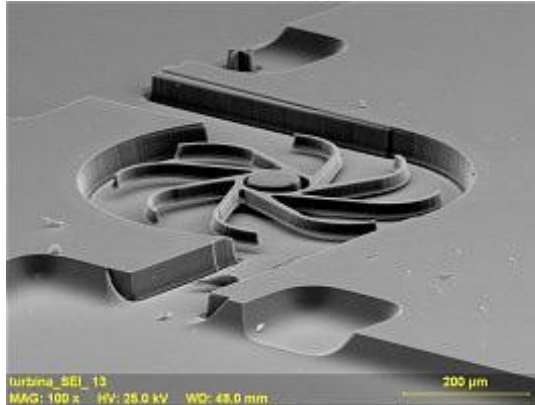
Figure 2 SEM view of the processed micro-turbine chip

Si Micro-turbine by Proton Beam Writing and Porous Silicon Micromachining

(Supported by Hungarian Scientific Fund (OTKA) T047002)

P. Fürjes, Cs. Dücső, Z. Fekete, I. Rajta (ATOMKI, Debrecen)

SZILÍCIUM MIKROTURBINA



Protonnyalábos mikromemunkálás és pórusos szilícium marás kombinációjával megvalósított egykristályos szilícium mikroturbina (MFA-ATOMKI együttműködés)

15

SZILÍCIUM MIKROTURBINA

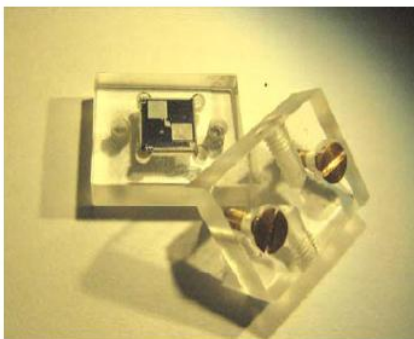
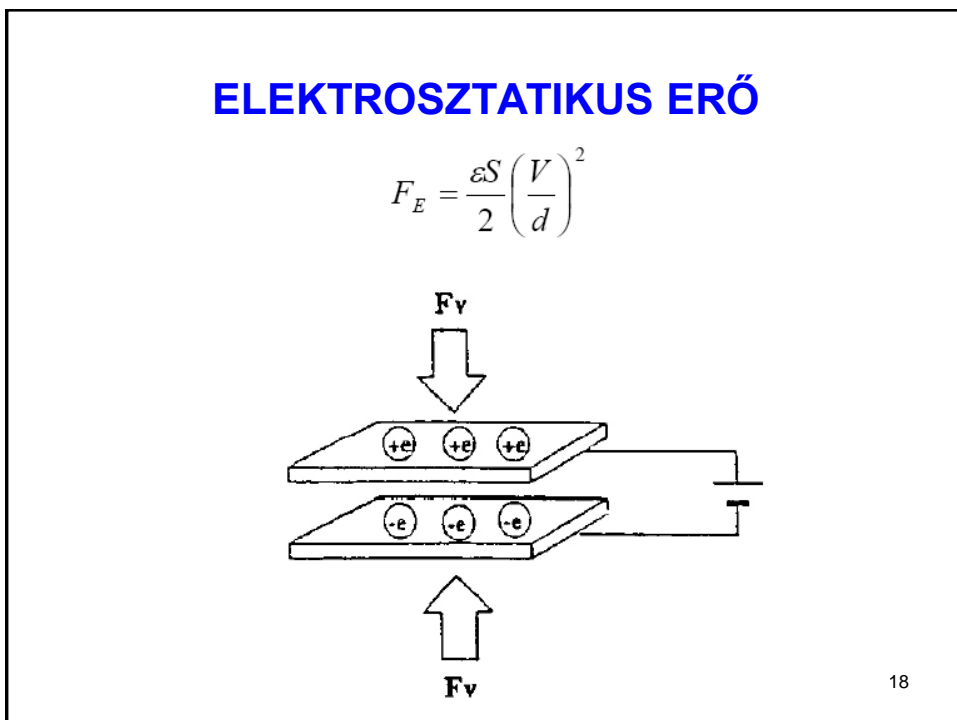
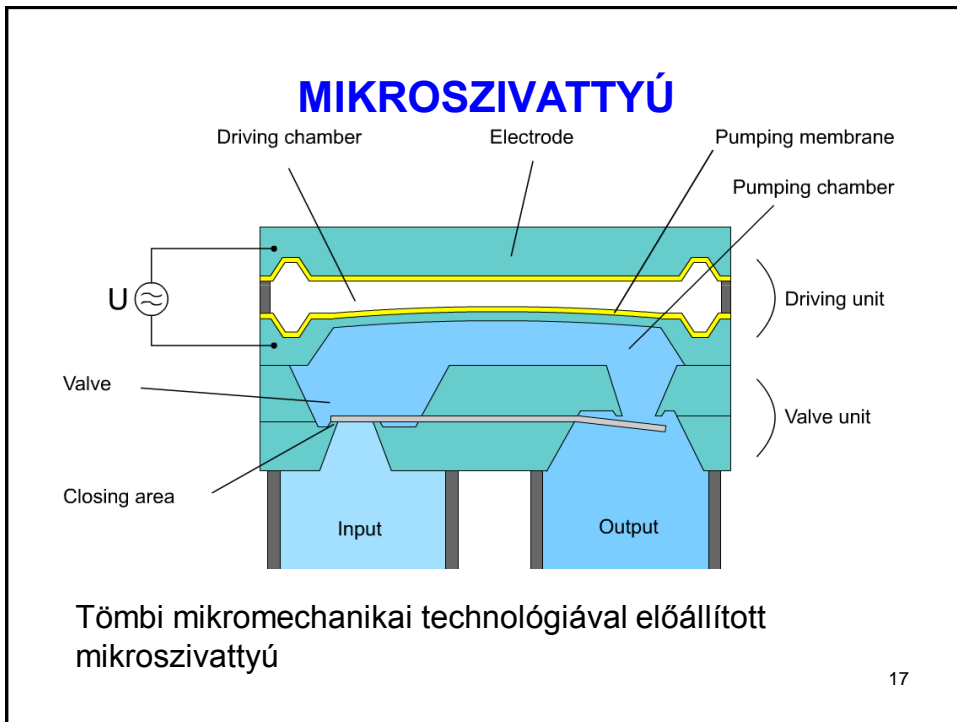


Figure 3 Plastic housing of the micro-turbine chip

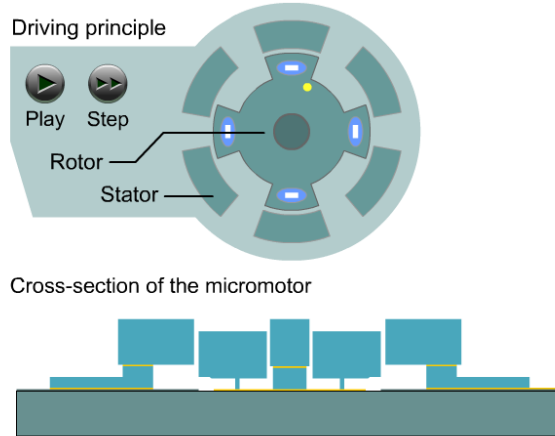


Figure 4 The rotating micro-turbine (see <http://www.atomki.hu/atomki/VdG/ibaweb/video/>)

16

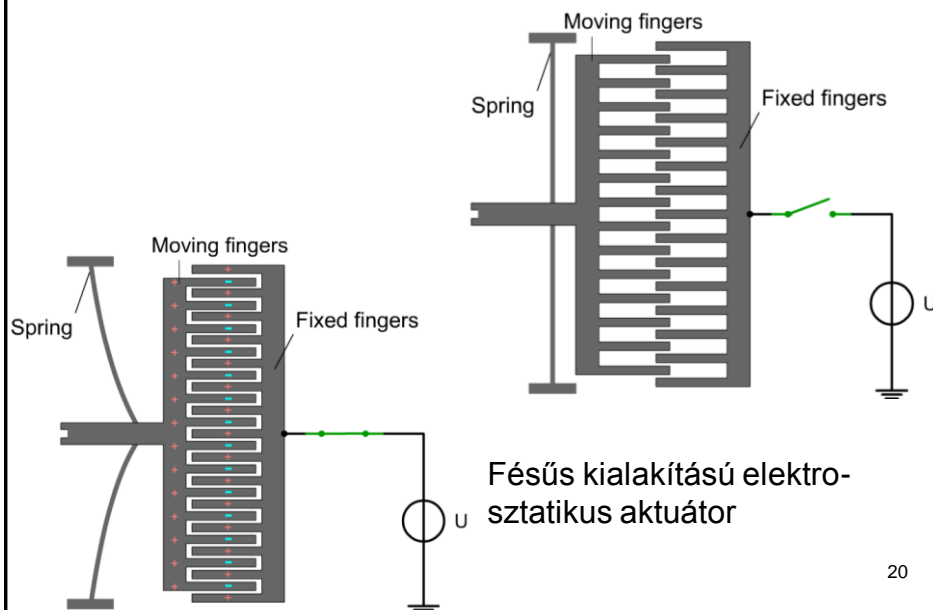


SZILÍCIUM MIKROMOTOR



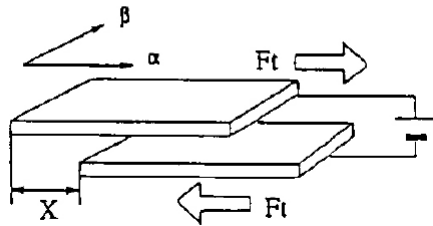
Mind az álló- mind a forgórész MEMS technológiával készül.
A rotort az elektródákra kapcsolt váltófeszültség forgatja. ¹⁹

ELECTROSTATIC COMB DRIVE



ELEKTROSZTATIKUS ERŐ

$$F_t = \epsilon_0 \epsilon \frac{WV^2}{2d}$$



W – lemezek szélessége

d – lemezek távolsága

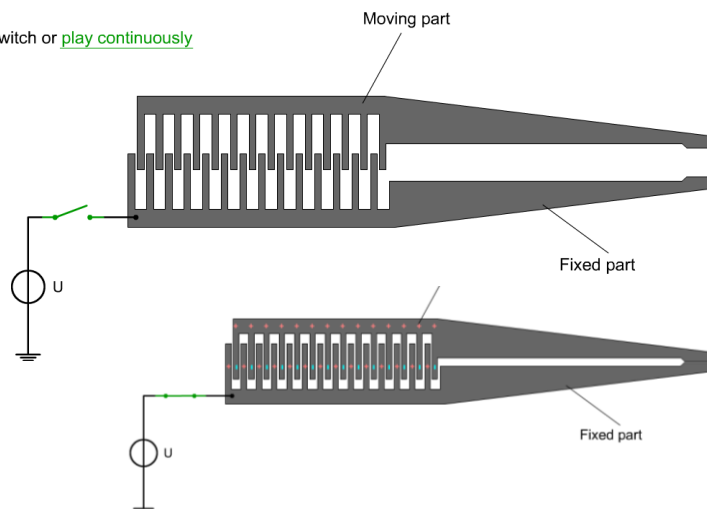
A tangenciális erő állandó, nem függ a lemezek helyzetétől

MIKRO GRIPPER

Micro grippers are made as standard comb drive device, having a couple of elongated offshoots for gripping and holding micrometer sized particles, such as living cells, etc.

The animation shows the top view of a surface micromachined, electrostatic micro gripper.

Use the switch or [play continuously](#)



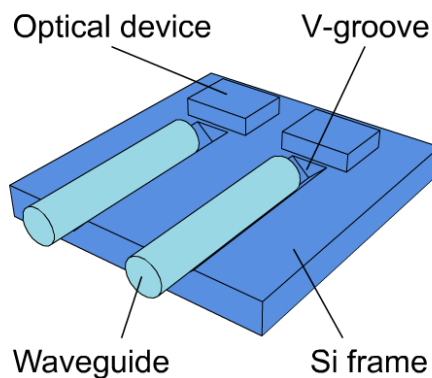
22

MEMS OPTOELEKTRONIKAI ELEMEEK

Hullámvezető csatolók
 Mikrolecsék
 Kétirányú hullámvezető mikrokapcsolók
 Mikrotükrök
 Mikrokijelző (display) elemek
 Deformálható tükrök
 Optikai rácsok
 Mikrospektrométerek
 Mikro(sugár)kapcsolók
 Hangolható félvezető lézerek

23

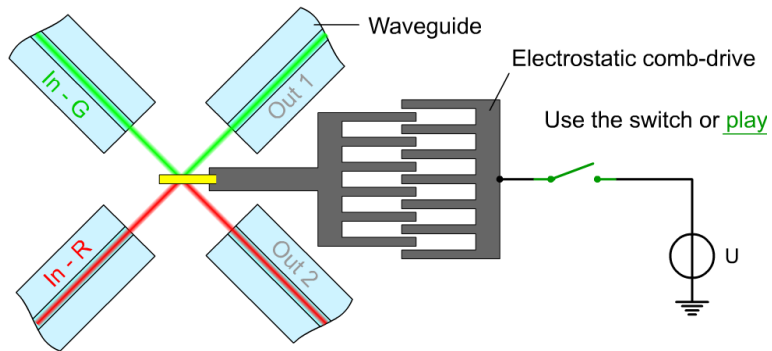
FÉNYVEZETŐ CSATOLÓELEMEEK



Az optikai szál pozicionálása a Si lemezen V-alakban kimart vágatokkal történik

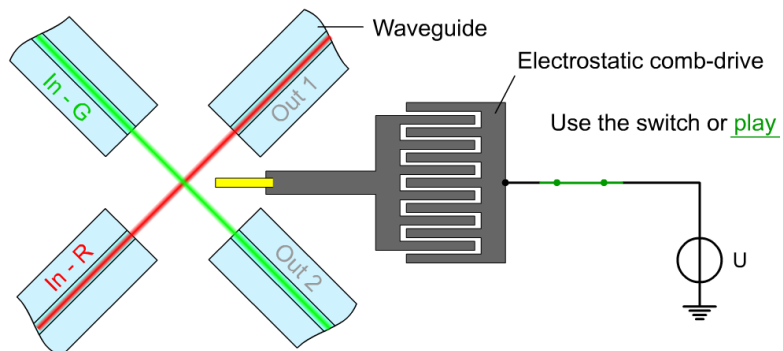
24

BIDIRECTIONAL WAVEGUIDE MICROSWITCH



25

BIDIRECTIONAL WAVEGUIDE MICROSWITCH



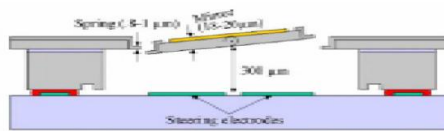
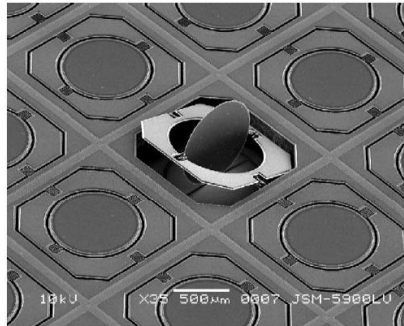
26

ADAPTÍV OPTIKAI RENDSZEREK

Adaptív optikai rendszerek
2 tengely

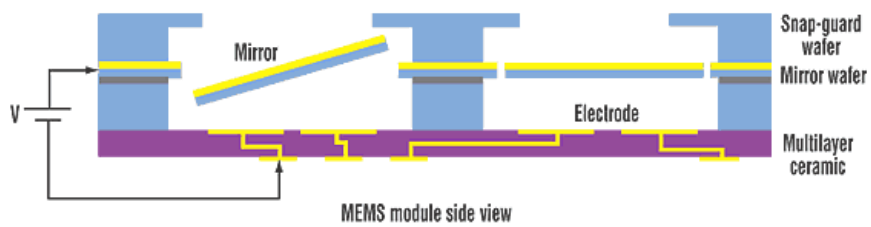
-Poli-SiTorziós rugó
(keret)
termikus aktiválás

-Tükör
Kapacitív aktiválás



27

MEMS OPTICAL SWITCH



28

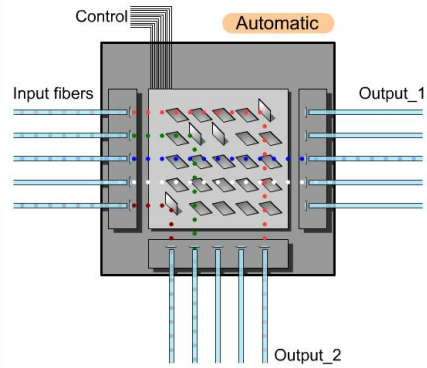
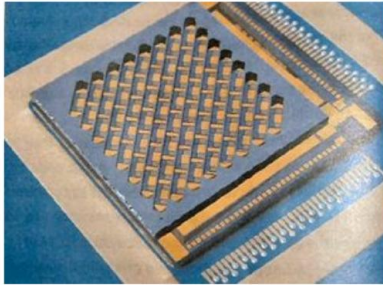
MIKRO(SUGÁR-)KAPCSOLÓ

Multidirectional waveguide microswitch

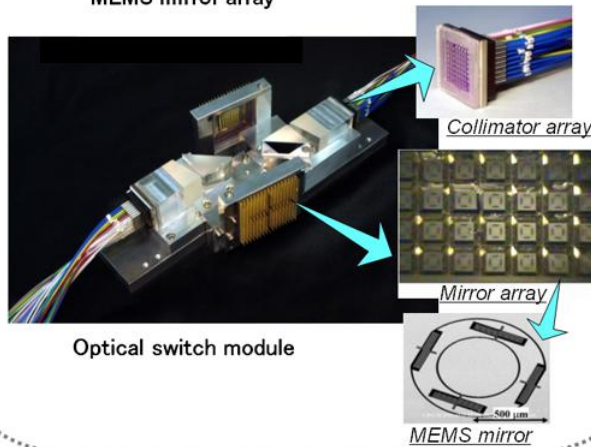
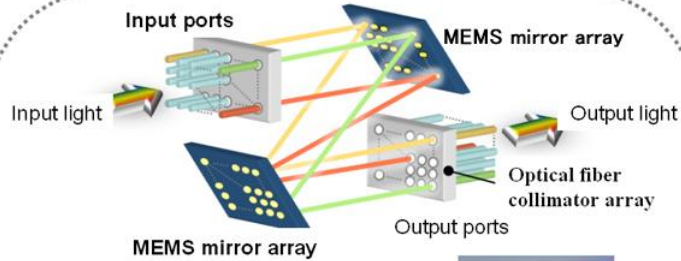
Related topics

2D waveguide switch

Pop-up micromirror array act as N-port switch. The mirrors are actuated by electrostatic or magnetic fields

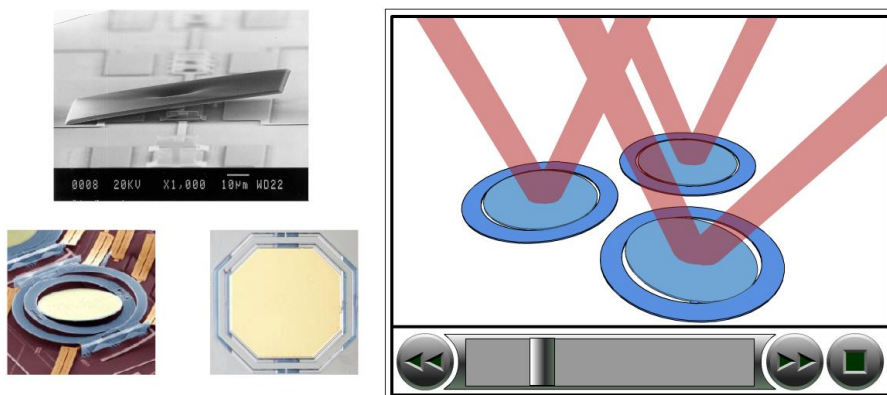


29



30

DIGITAL MICROMIRROR ARRAY



31

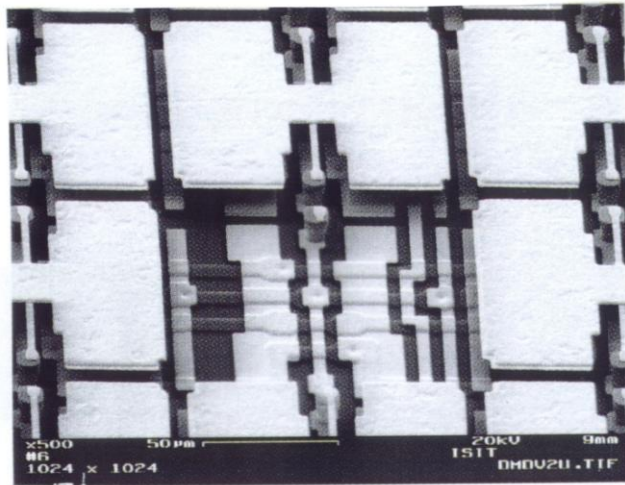
MIKROTÜKRÖS VETÍTŐ

A képmegjelenítő mikrotükrös lézervetítő alapeleme az anizotrop kémiai marással előállított mikrotükör.

A három alapszín (RGB) előállításához használt három lézer fényét elektrooptikai modulátoron való áthaladás után mikrotükör mátrix téríti el és vetíti az ernyő felszínére. A tükör KOH-ban történő anizotrop marással készül, felületére a fényvisszaverődés fokozására alumíniumréteg kerül. Eltérítése az alatt lévő elektródák segítségével elektrostatikusan történik.

Az ilyen lézeres vetítő több paraméterében is (fényerő, mélységélesség, maximális képméret, kontraszt) felülmúlja a jelenlegi LCD modulos eszközöket.

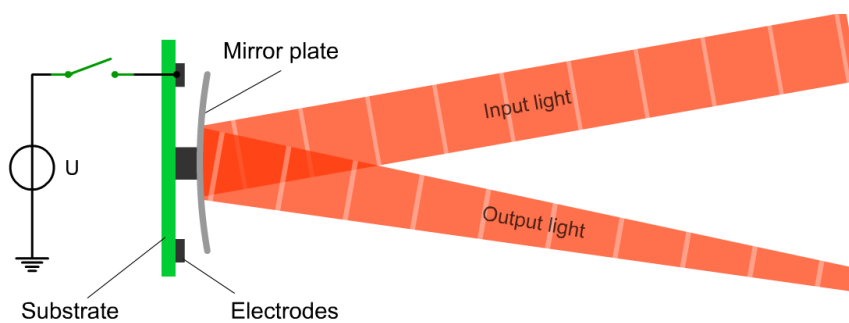
32



: Infrared micromirror array comprising 128^2 elements with large pixel size ($100 \times 100 \mu\text{m}$) and large deflection angle ($\pm 15^\circ$), fabricated with metal surface micromachining technology.

33

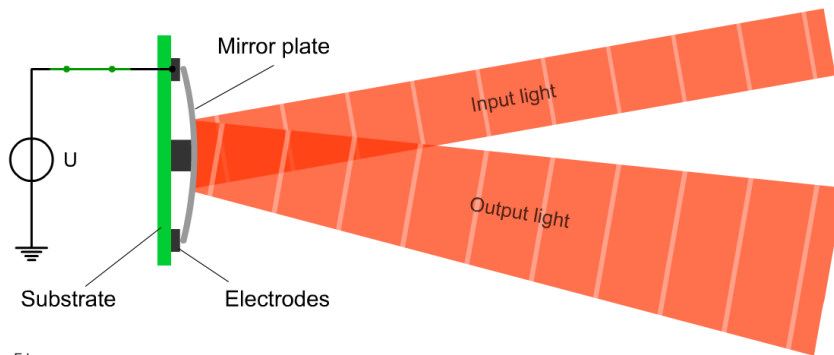
DEFORMÁLHATÓ TÜKÖR



Elektrosztatikus deformálható tükör a nyalábformáló chip alapeleme. Fokuszálás/defokuszálás. A szubsztráton lévő elektródák (és így az egyes tükrök címezhetők).

34

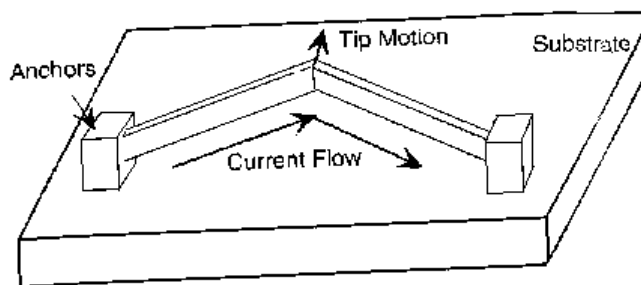
DEFORMÁLHATÓ TÜKÖR



msEdu

35

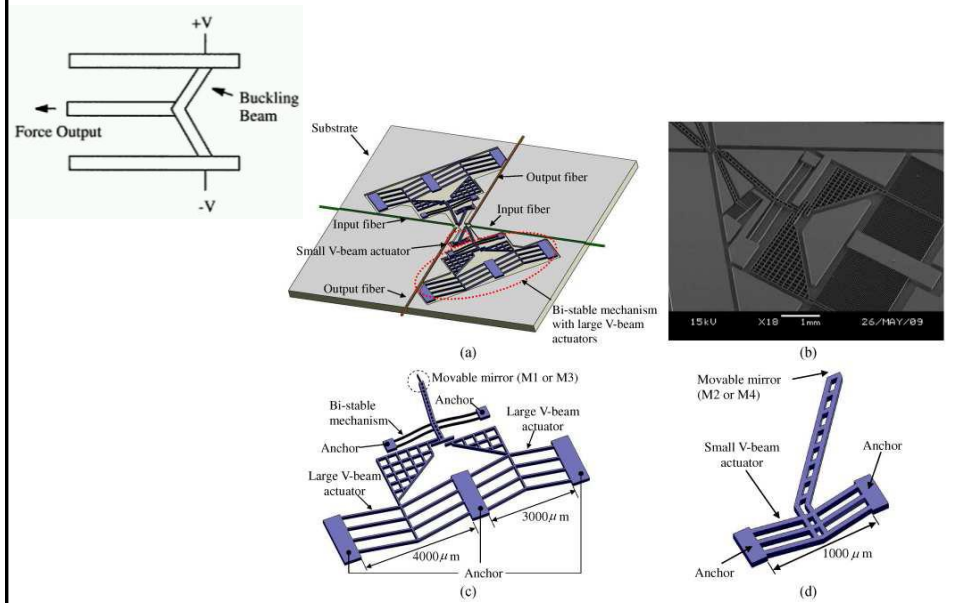
ELEKTRO-TERMOMECHANIKAI AKTUÁTOR



Megrört rudas elektro-termomachanikai aktuátor elve

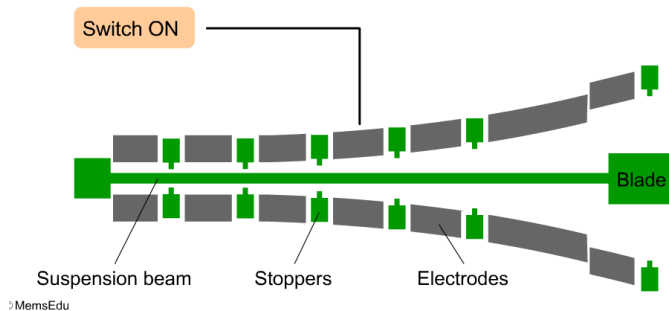
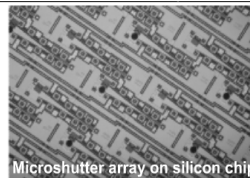
36

TERMOELASZTIKUS AKTUÁTOR

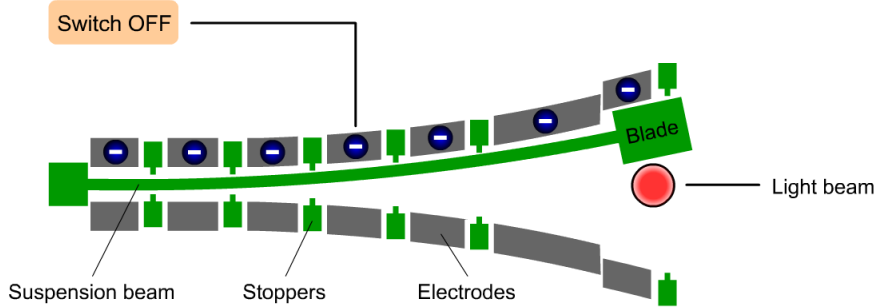


ELECTROSTATIC MICROSHUTTER

Electromechanically driven optical microshutters enable high-speed light switching. The animation shows a single shutter of the array. Each microshutter consists of a shutter blade, a suspension beam, and several electrodes and stoppers. The stoppers are necessary to avoid short-circuits between the beam and the electrodes when they come in close contact. Under each shutter blade, a hole is made in such a way that it is closed or open when the blade is attracted by one of the electrodes.



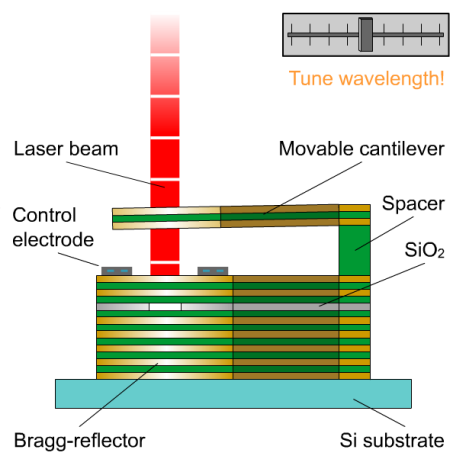
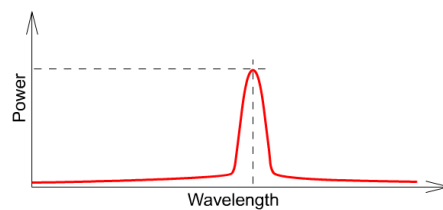
ELECTROSTATIC MICROSHUTTER



39

TUNABLE VERTICAL CAVITY LASER (VCSEL)

The bottom, middle and top distributed Bragg reflector in the VCSEL act together with the air gap to set the boundary conditions that determine the laser's output wavelength. Electrons flow from the substrate to the contacts atop the middle distributed Bragg reflector, tunneled into a narrow stream by an aperture in the insulating oxide layer. Applying electrostatic force to the cantilever alters the thickness of the air gap between the cantilevered distributed Bragg reflector and the body of the laser, thus changing the resonator's frequency and tuning the output wavelength.



40