

微機電系統簡介

交通大學機械系
徐文祥
whsu@mail.nctu.edu.tw

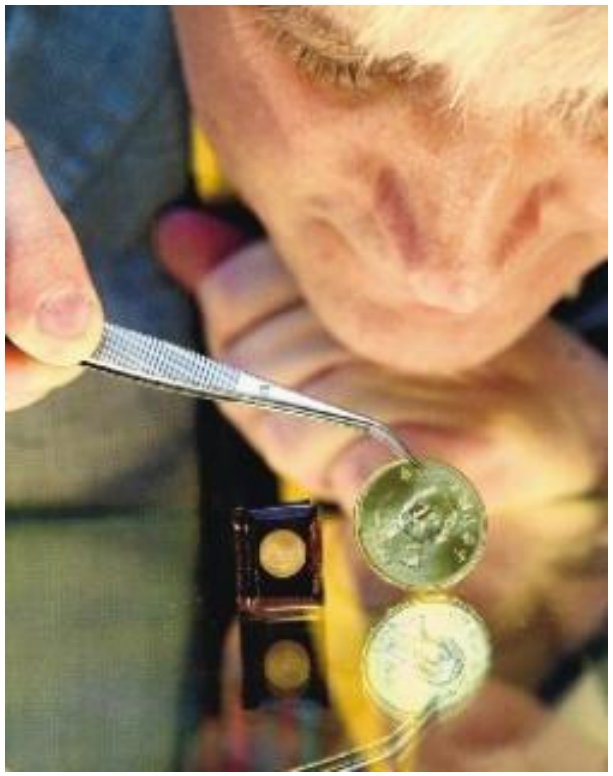
微雕

橄欖核舟



-台北故宮博物院 清 陳祖章

http://www.npm.gov.tw/



0.08cm 迷你書

俄國迷你書收藏家科斯楚克手持夾子，小心翼翼夾起一頁比原子筆筆尖還小的書頁。這本迷你書書名為「俄文字母」，長寬皆為0.08公分，共8頁，每頁記載8個俄文字母。

台北國際書展 2007/1/31



-毫芒雕刻家陳逢顯作品

2008/07/16

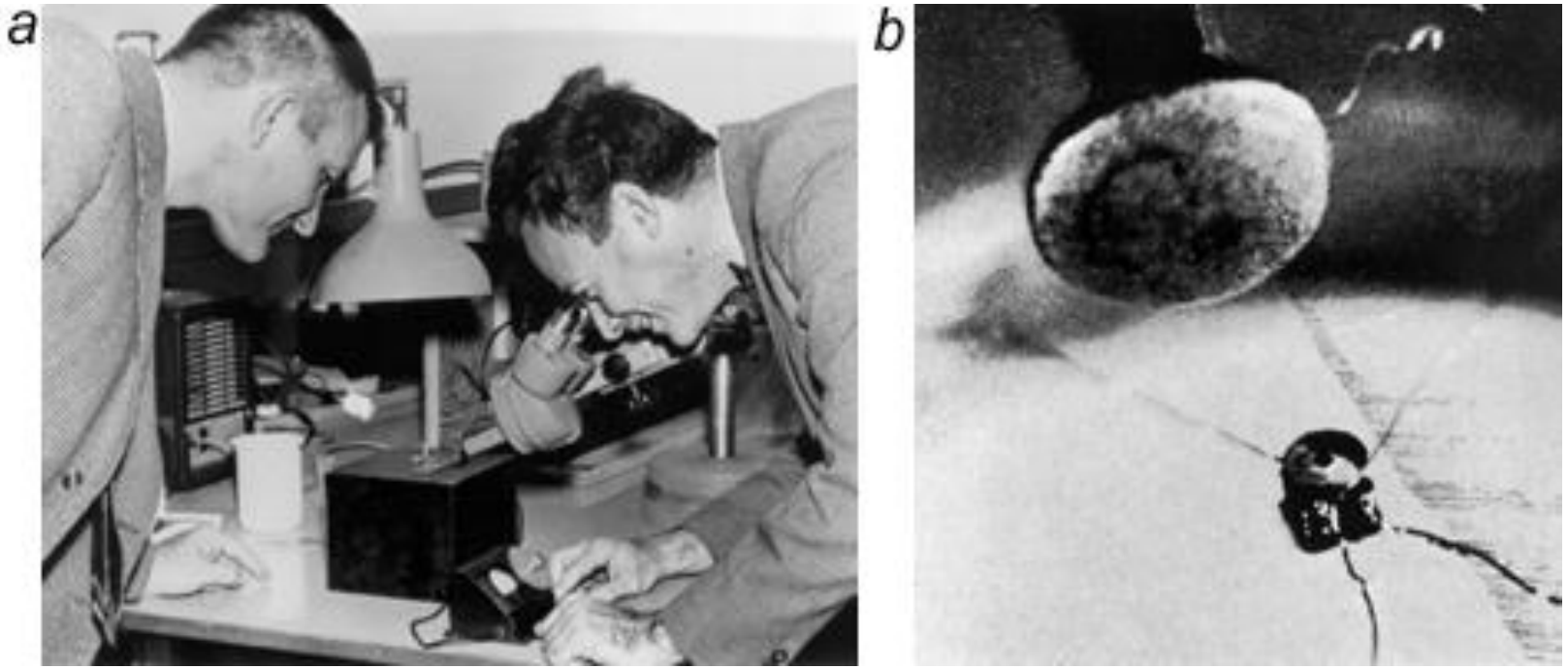
微機電系統

MEMS

Micro Electro Mechanical Systems

(1 μm＝10^{-6} m)

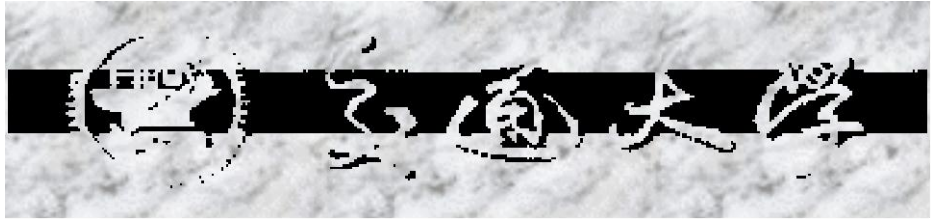
Feynman's Challenge



(a) Feynman viewing the the first micro motor built by William McLellan (left).
(b) The mini motor photographed under an optical microscope.
(Picture credit: Caltech Archives)

歷史的演進

Transistor by Bell Lab	*1947*
Integrated circuit by Kilby	*1958*
Mini motor by McLellan	*1960*
Silicon membrane	*1966*
Silicon pressure transducer	*1973*
Micro mirror by IBM	*1975*



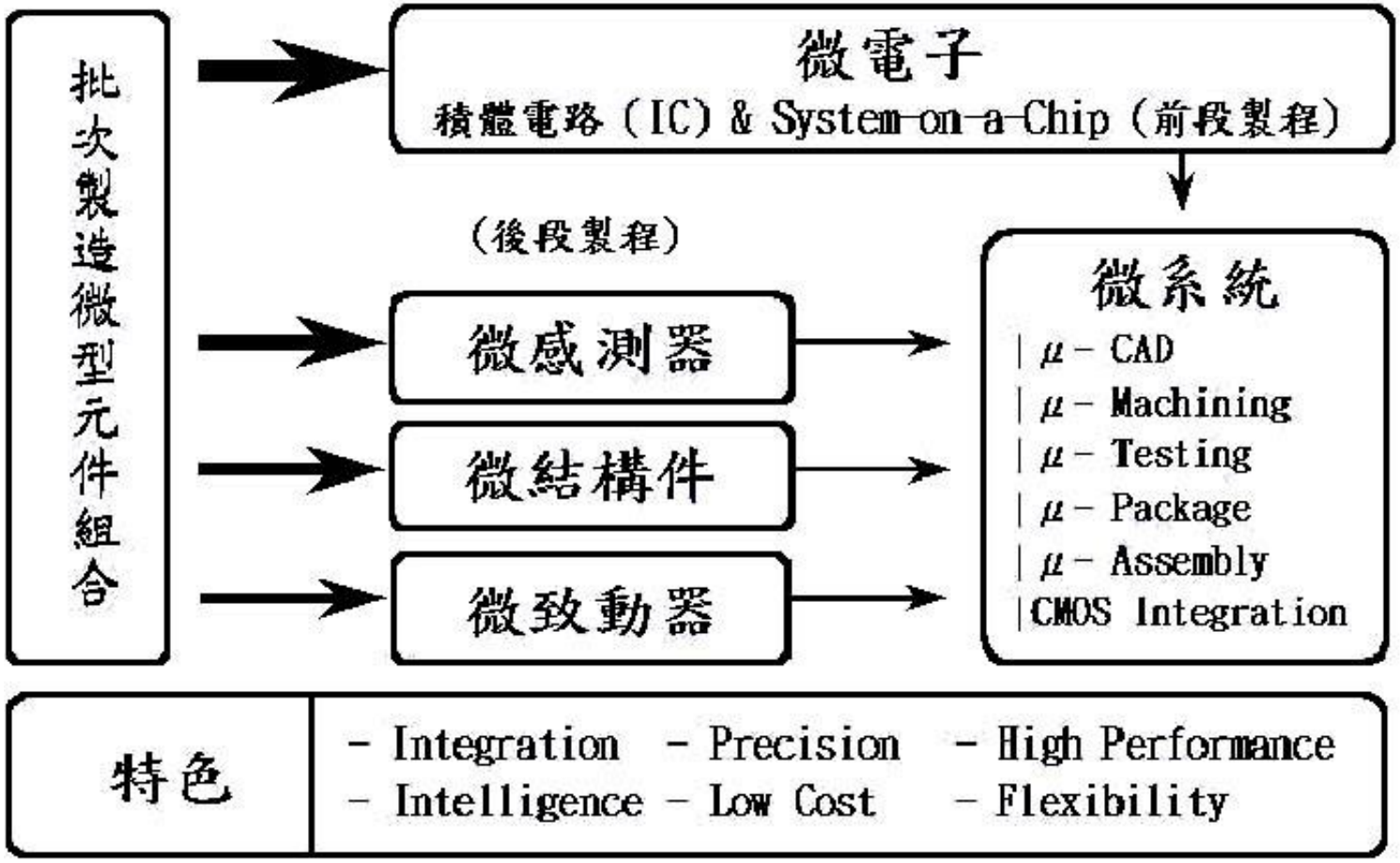
Micromachining named by Petersen	*1982*
LIGA by Becker et al	*1982*
MEMS named after three work shops	*1987*
Silicon micro-motor at Berkeley	*1988*
Comb drive (1st linear microactuator)	*1989*
Micromachined accelerometer by Analog Device	*1991*

微機電系統的起源

以半導體製程為出發點

嘗試製作任何非電路的微小元件

-微結構
-微感測器
-微致動器


批次製造微型元件組合
微電子
積體電路（IC）& System-on-a-Chip（前段製程）
（後段製程）
微感測器
微結構件
微致動器
微系統
μ - CAD
μ - Machining
μ - Testing
μ - Package
μ - Assembly
CMOS Integration
特色
- Integration - Precision - High Performance
- Intelligence - Low Cost - Flexibility

資料來源：工研院

微機電系統技術

基礎科學

微製造技術

元件技術

檢測技術

系統技術

機械人的利基

微製造技術是微機電系統的核心技術

機械製造正是本行

易搭配其他技術切入

與現有機械教育相符

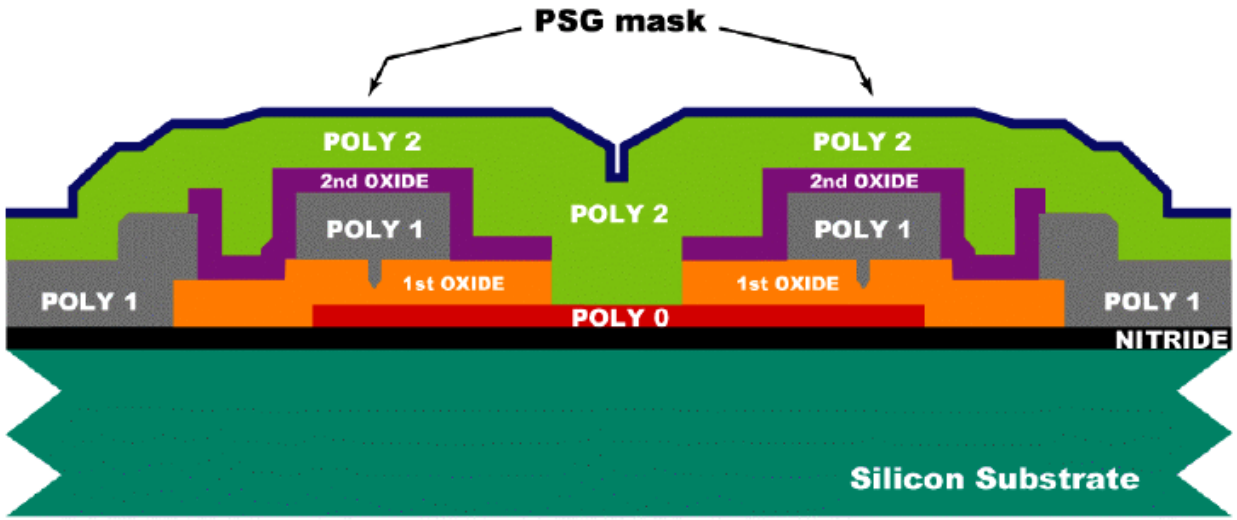
將微製造技術納入機械製造課程一環

理論與實作緊密結合

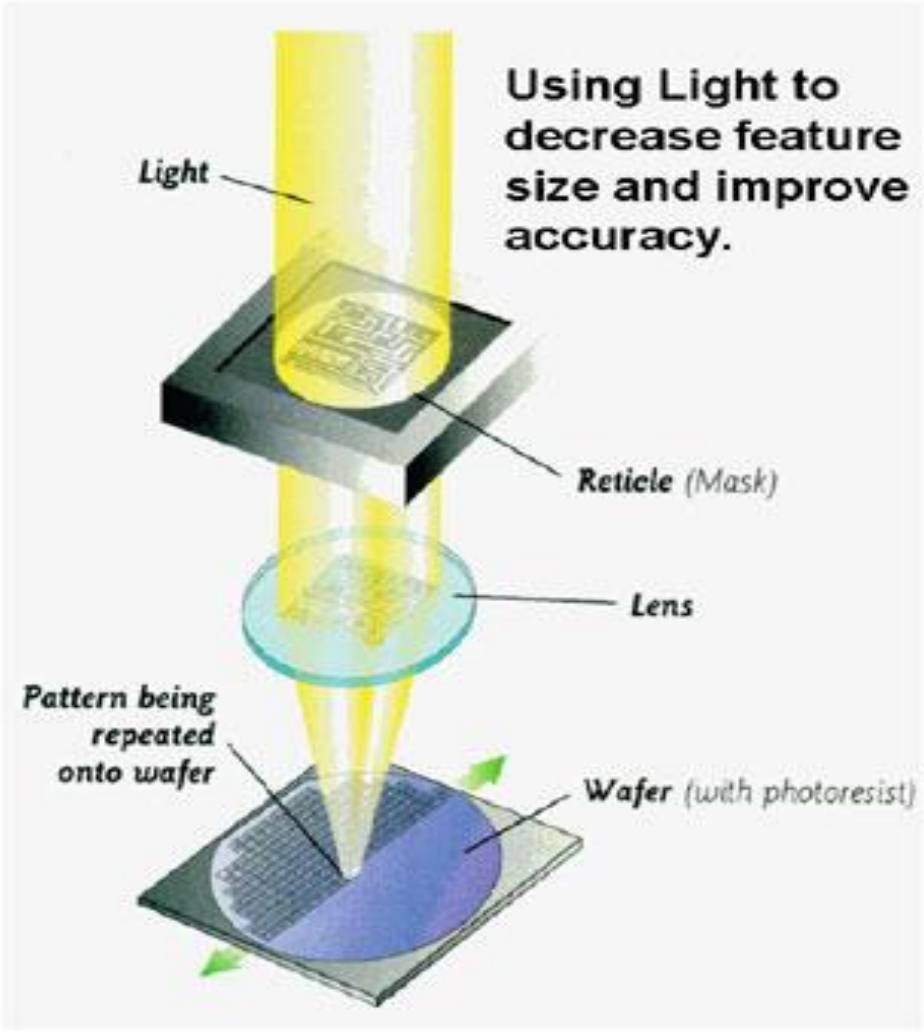
設計 → 製作 → 測試 → 成品

半導體製程技術

結合微影、沉積、摻雜、蝕刻等製程
可在矽晶片上形成多層薄膜



半導體製程技術特色



矽基材料為主

微小化

平面式製造技術

易於積體化

易批次量產

微機電製造技術

◎矽基微加工技術
- *矽基微結構*

體型微加工技術

面型微加工技術

◎光刻電鑄模造技術 (LIGA及類LIGA技術)

-*金屬或高分子微結構*

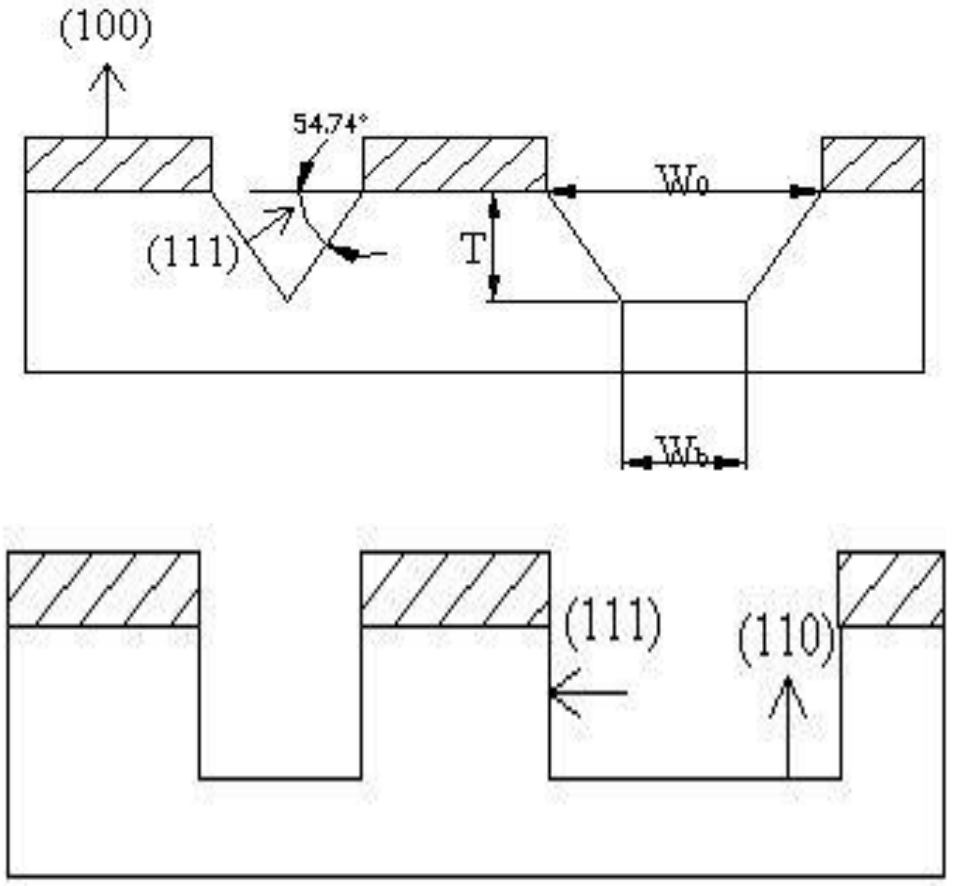
◎其他非矽精密加工技術

體型微加工技術

最初是應用在積體電路，後來成為微機電系統主要製造技術之一，是以蝕刻矽晶片本身作微結構的技術。

體型微加工- 非等向性蝕刻

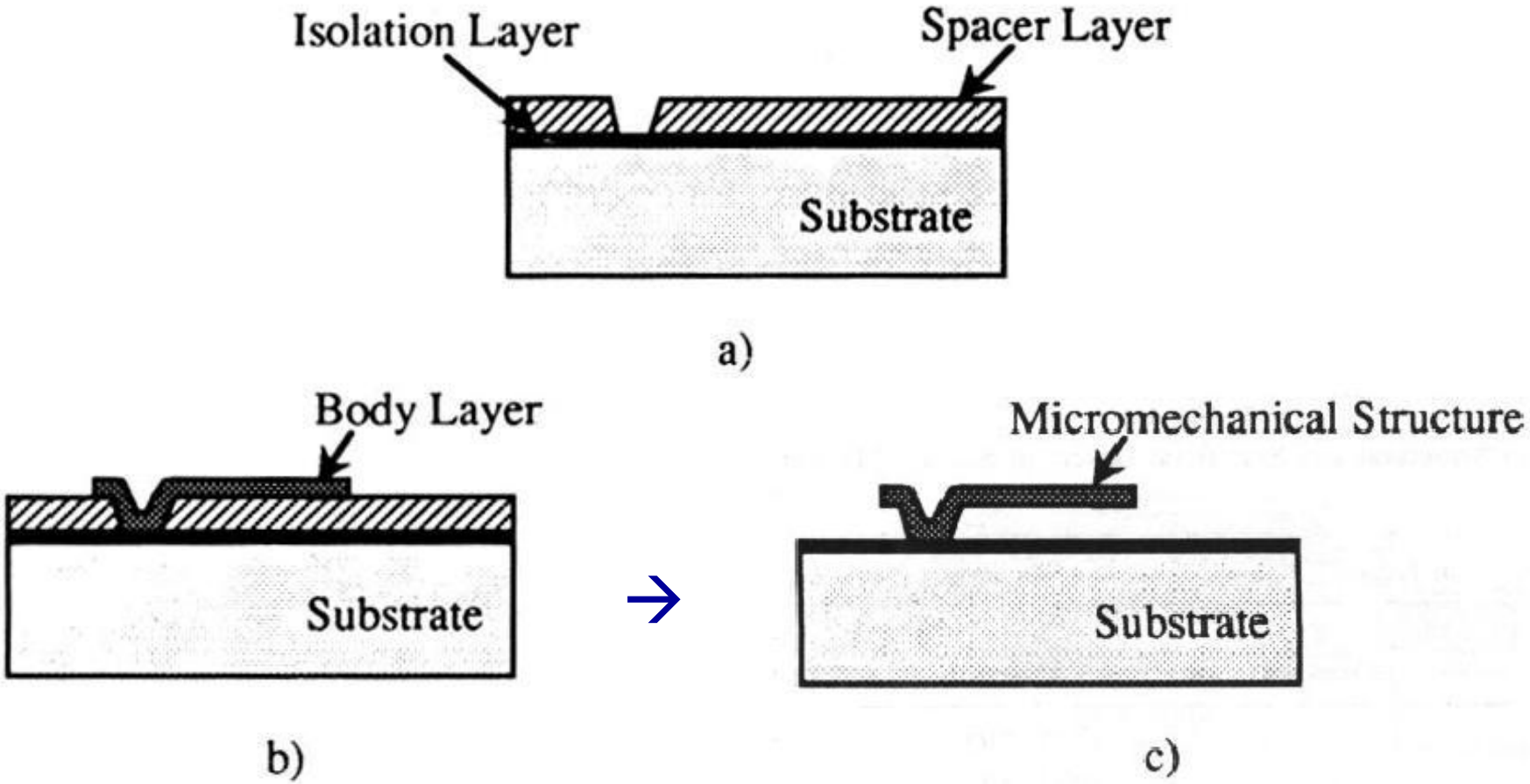
利用單晶矽的不同結晶面蝕刻速率不同，可蝕刻出V型槽或90°的溝渠。



面型微加工技術

1965年就有人提出應用在積體電路，後來成為微機電系統另一主要製造技術，是在晶片表面上製作微結構的技術，主要是犧牲層技術。

面型微加工


Isolation Layer
Spacer Layer
Substrate
a)
Body Layer
Substrate
b)
Micromechanical Structure
Substrate
c)

光刻電鑄模造技術

LIGA是德文

Lithographie - Lithography (微影)

GaVanoformung – Micro electro forming (微電鑄)

Abformung – Micro molding (微成形)

之縮寫，包含X光微影，微電鑄，微成形

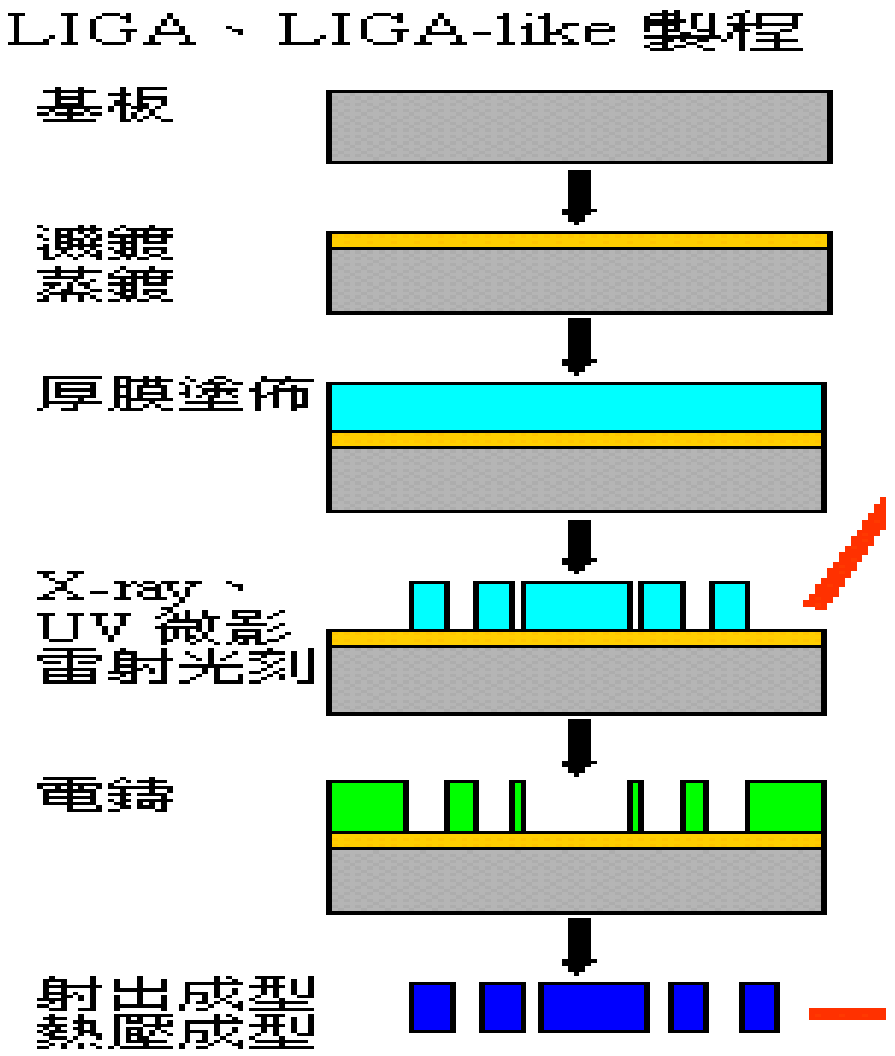
也就是X光深刻精密電鑄模造成形，通常簡稱為光刻電鑄模造。

The LIGA Process

結合

半導體微影製程與

機械金屬模具製程



其他微機械加工技術

切削式

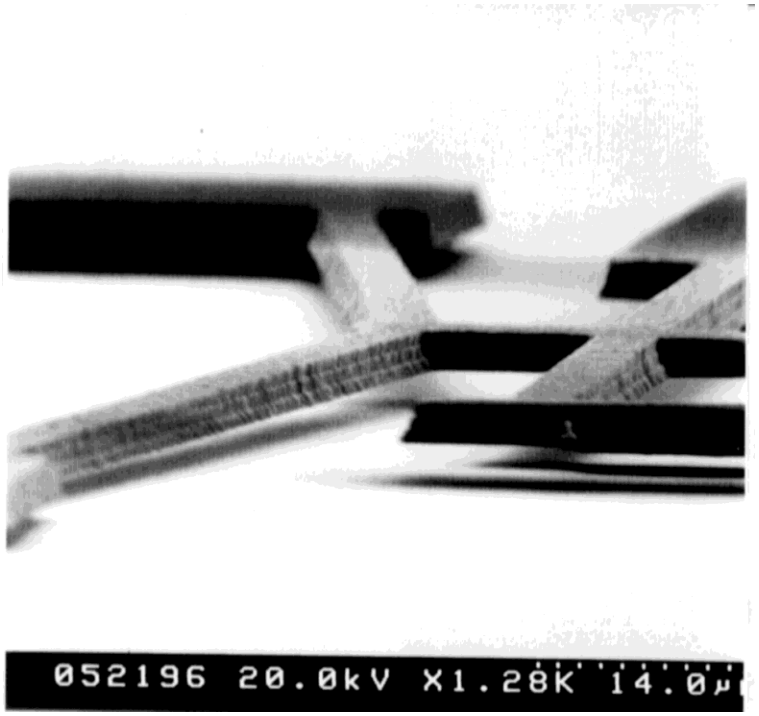
如 →微車削加工
→微鑽孔加工
→微衝孔加工
→微銑削加工
→微輪磨加工

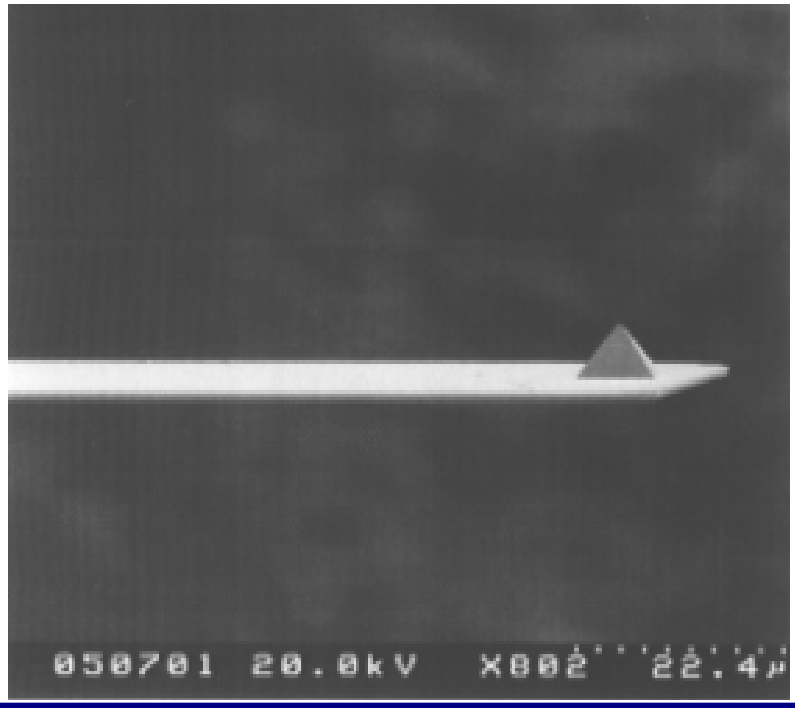
特殊加工

如 →雷射加工
→微放電加工

微機電元件特色

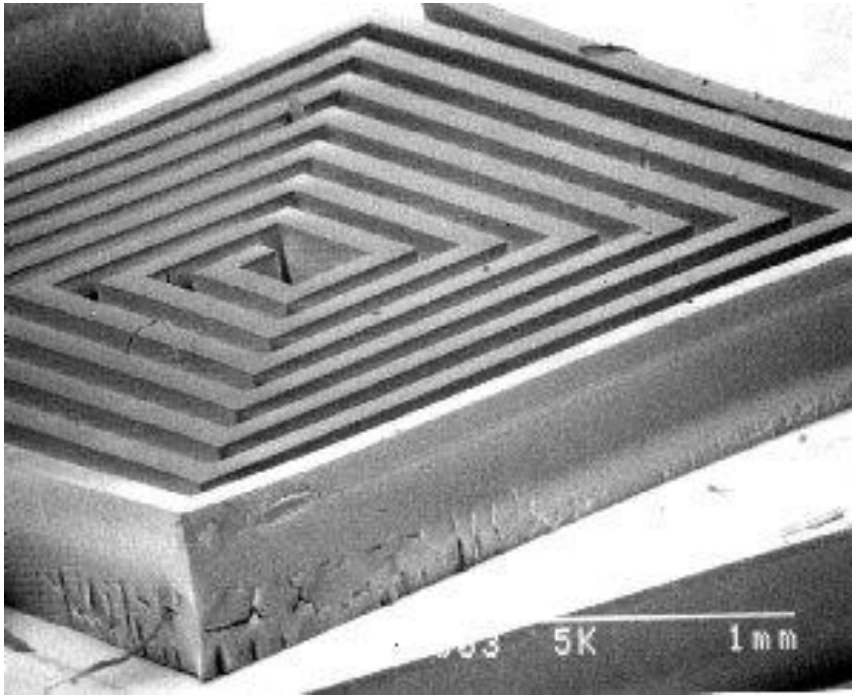
犧牲層技術－＞懸浮結構

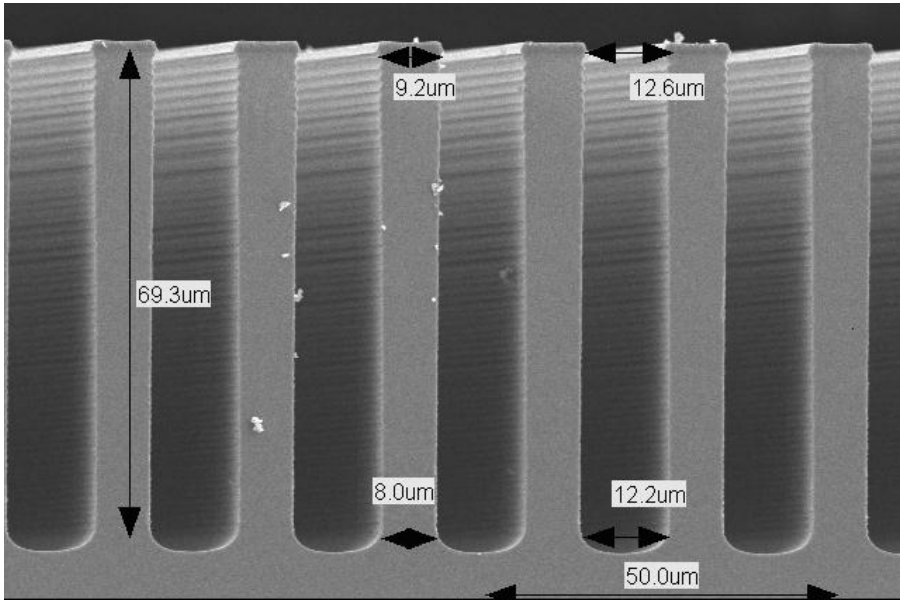




微機電元件特色

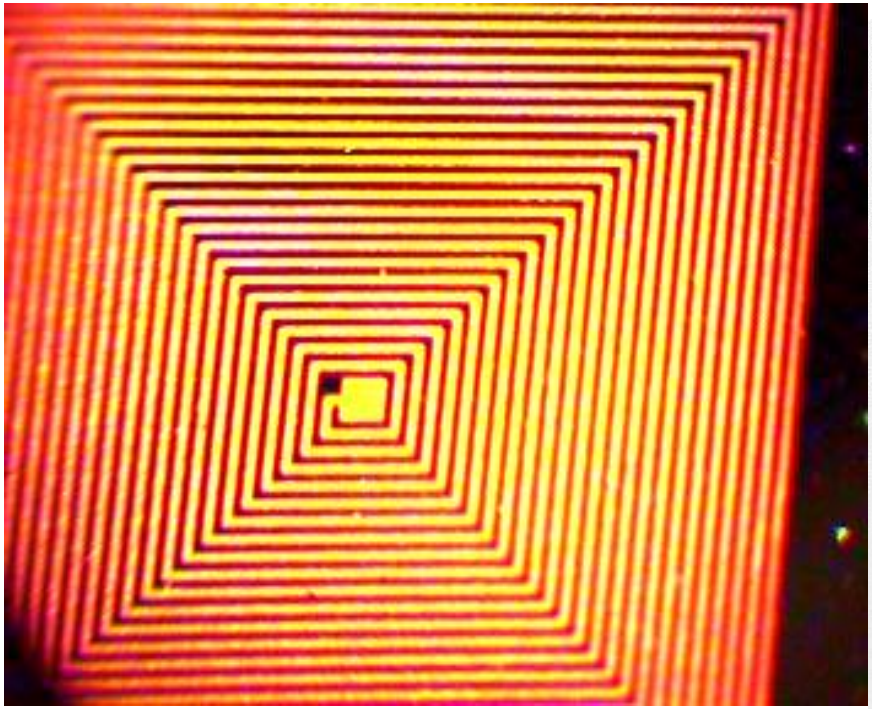
厚膜與深蝕刻技術－＞高深寬比



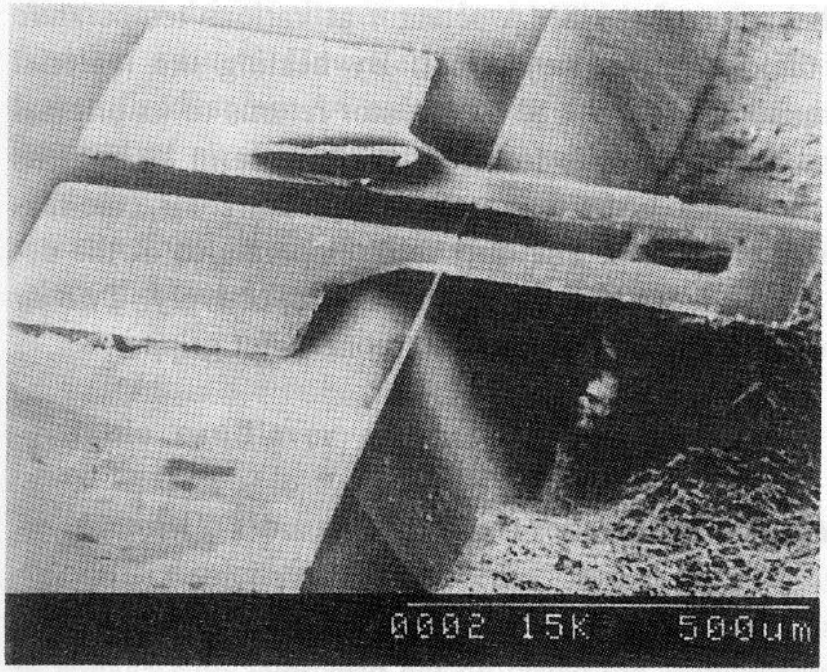


微機電元件特色

材料多元化



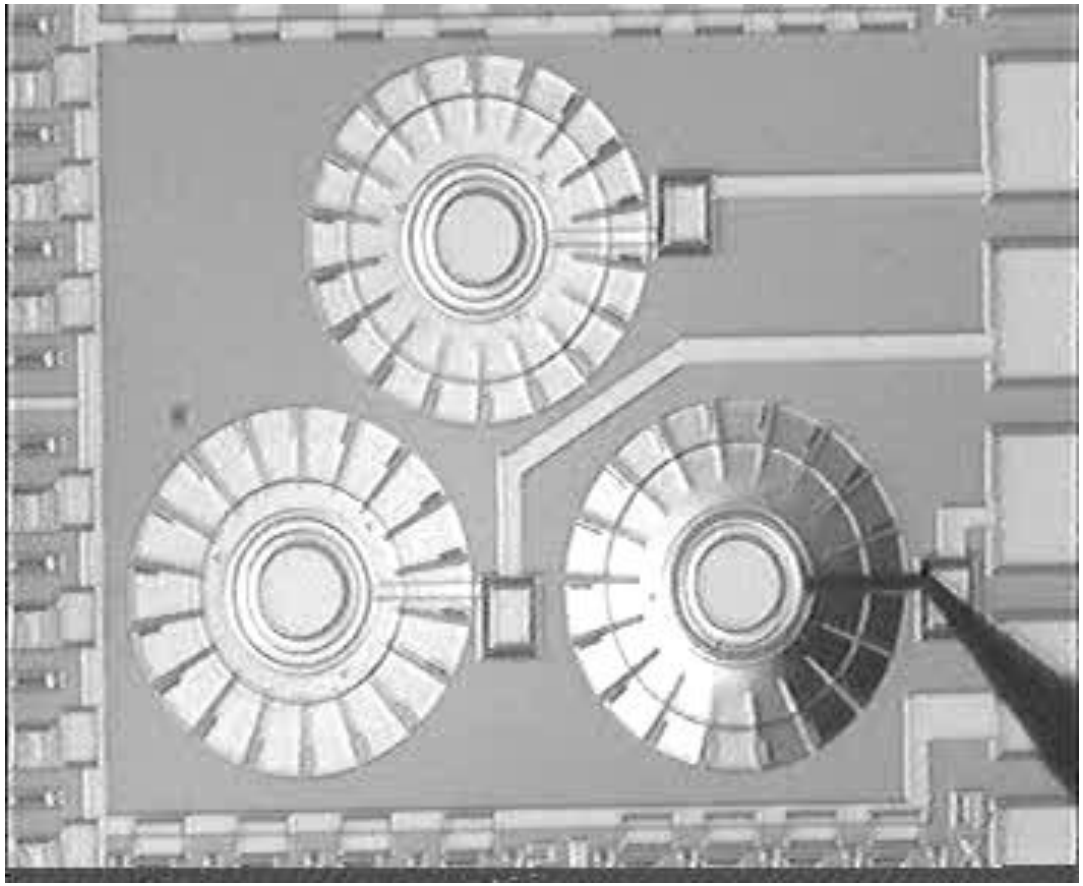
金屬結構(銅線圈)



形狀記憶合金(Yamaguchi University, 1993)

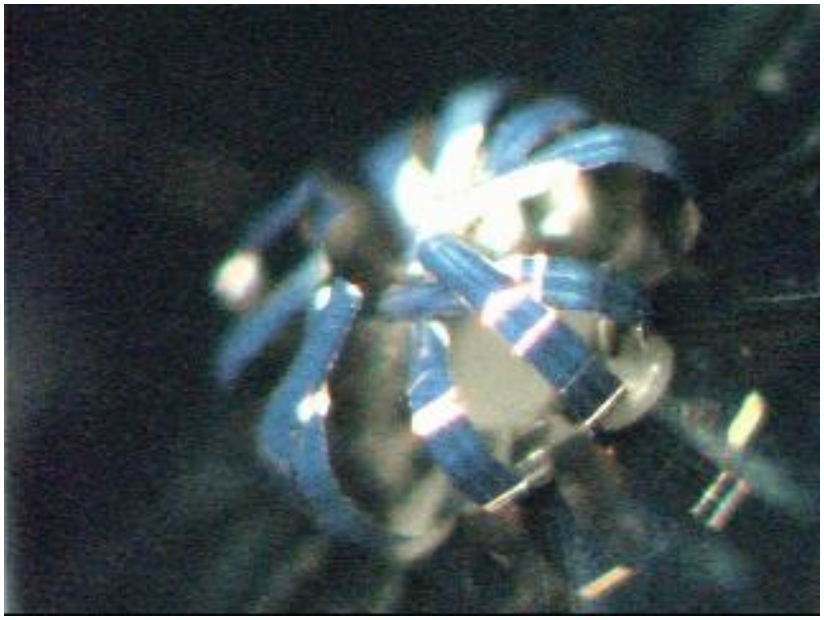
微機電元件特色

可動式微結構



微機電元件特色

微接頭技術－＞立體化



Kim, et al, UCLA

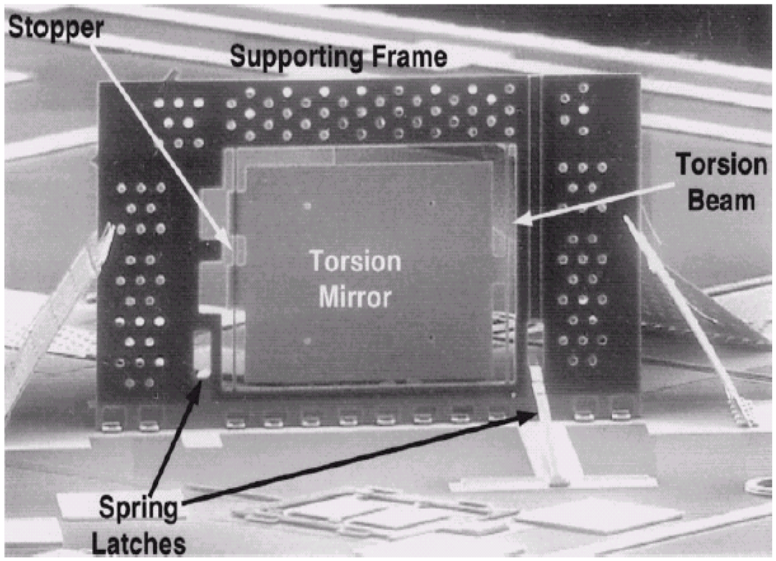
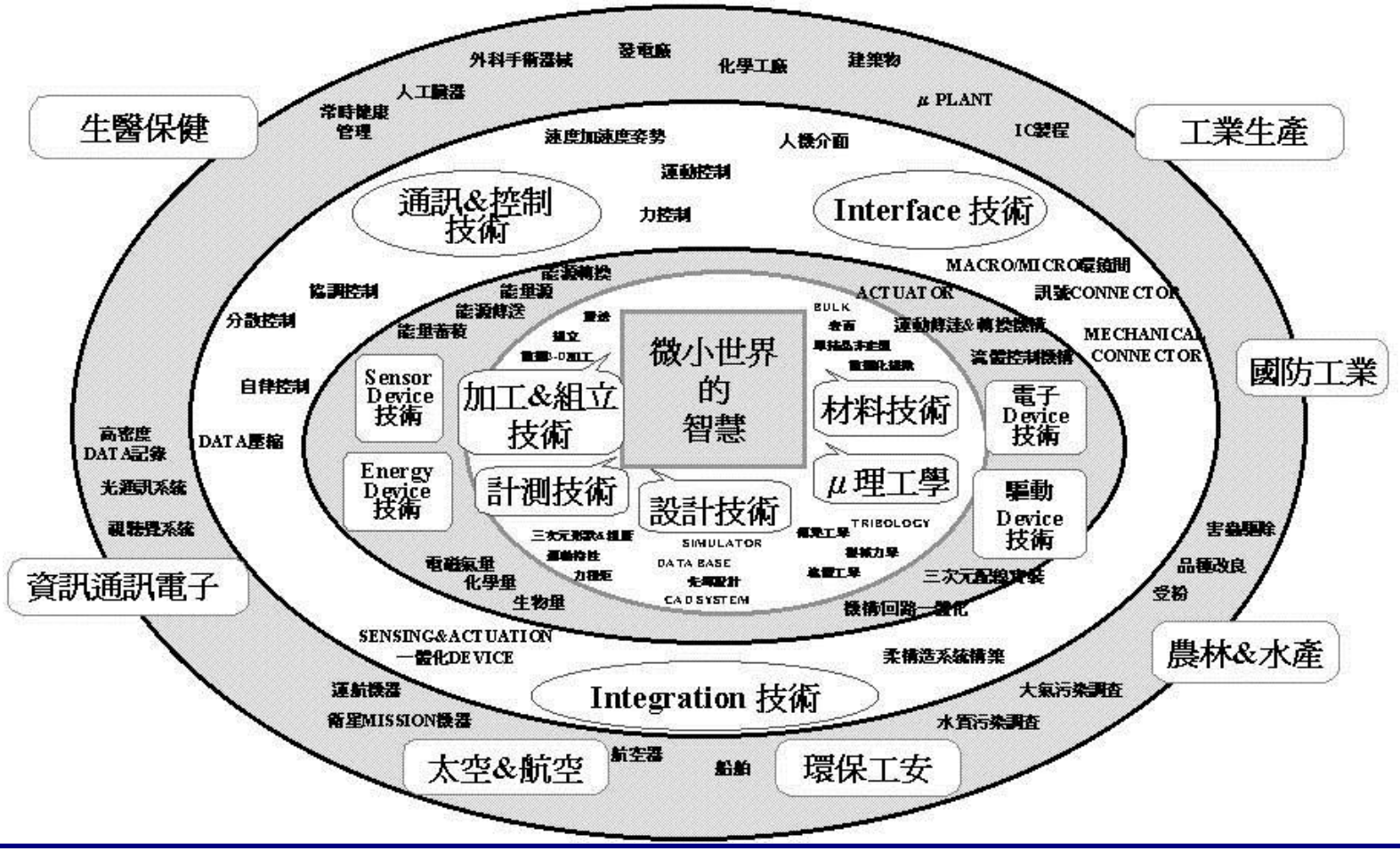


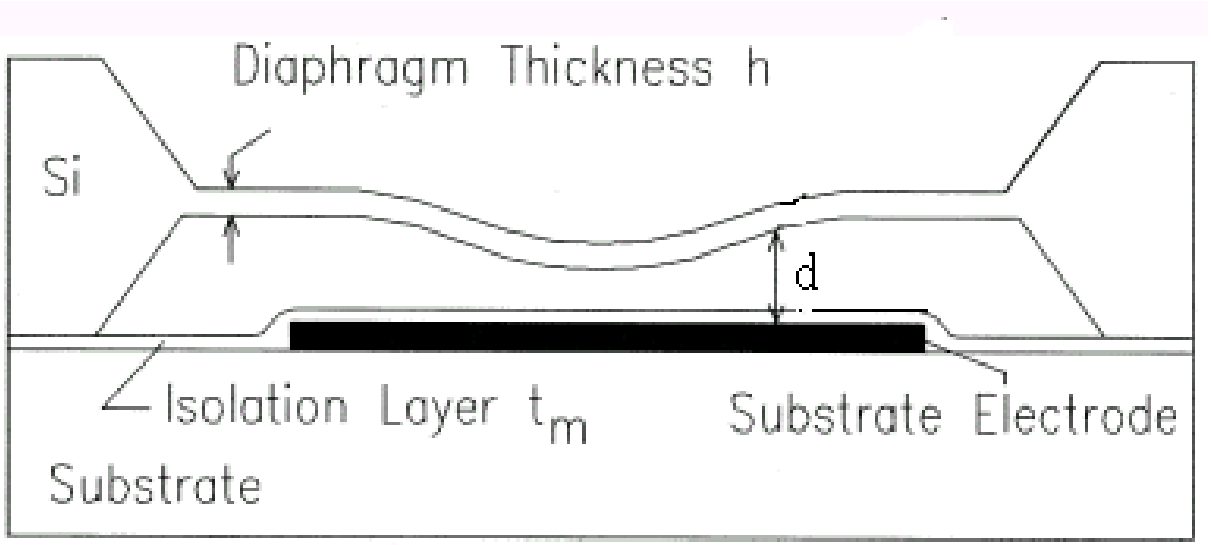
Fig. 4. Scanning electron micrograph (SEM) of the vertical torsion mirror.

Wu et al, UCLA

MEMS的技術與應用


生醫保健
工業生產
國防工業
資訊通訊電子
農林&水產
太空&航空
環保工安
通訊&控制技術
Interface 技術
Integration 技術
微小世界的智慧
加工&組立技術
材料技術
電子Device技術
Sensor Device技術
Energy Device技術
計測技術
設計技術
μ理工學
驅動Device技術
外科手術器械
人工臟器
常時健康管理
發電廠
化學工廠
建築物
μ PLANT
IC製程
速度加速度姿勢
人機介面
運動控制
力控制
MACRO/MICRO環節間
ACTUATOR
訊號CONNECTOR
MECHANICAL CONNECTOR
運動轉送&轉換機構
流體控制機構
能量轉換
能量源
能源轉送
能量蓄積
協調控制
分散控制
自律控制
DATA壓縮
高密度DATA記錄
光通訊系統
視聽覺系統
BULK
表面
單結晶矽基板
微細化組裝
SIMULATOR
DATA BASE
CAD SYSTEM
TRIBOLOGY
三次元測試&檢查
電磁氣量
化學量
生物量
三次元配線實裝
機構回路一體化
害蟲驅除
品種改良
受粉
SENSING&ACTUATION一體化DEVICE
柔構造系統構築
運航機器
衛星MISSION機器
大氣污染調查
水質污染調查
航空器
船舶

應用-壓力感測器



$$F \rightarrow \Delta d \rightarrow \Delta C \rightarrow \Delta V$$

電容式

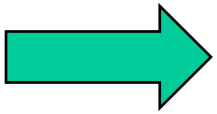
前景與商機–世界趨勢

21世紀三大科技-美國柯林頓總統, 2000

資訊科技

生物科技

奈米科技

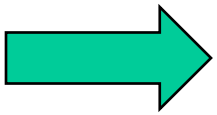


MEMS

NEMS

前景與商機–新興市場

MEMS在資訊科技

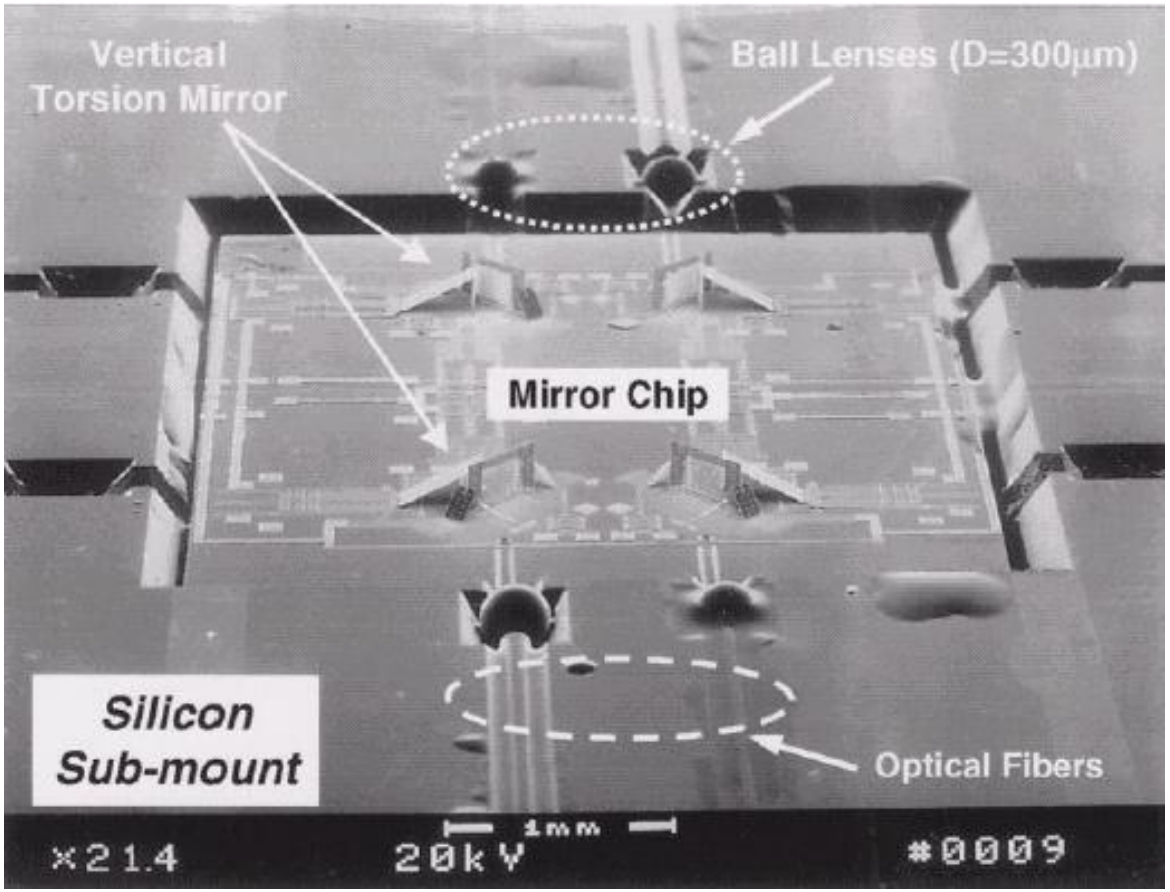


顯示科技

資料儲存

無線通訊

前景與商機-光開關



Wu et al, UCLA

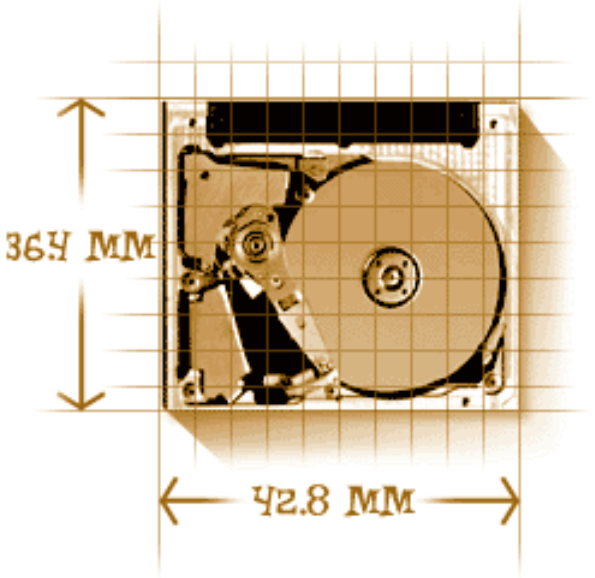
前景與商機-顯示產品

HP噴墨印表頭Thermal Bubble



前景與商機-微型硬碟機





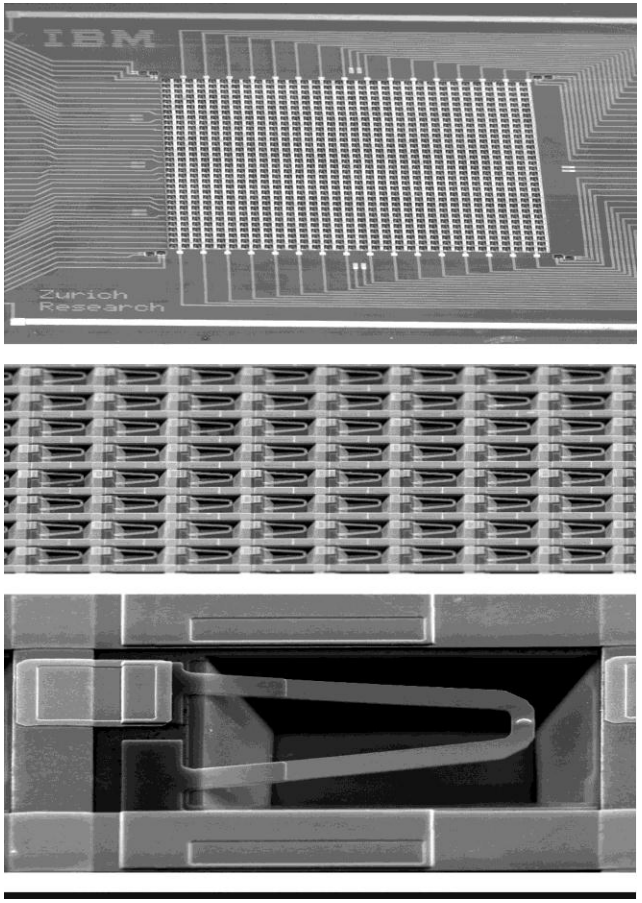
1 GB

IBM, 2000年6月

前景與商機-高密度資料儲存

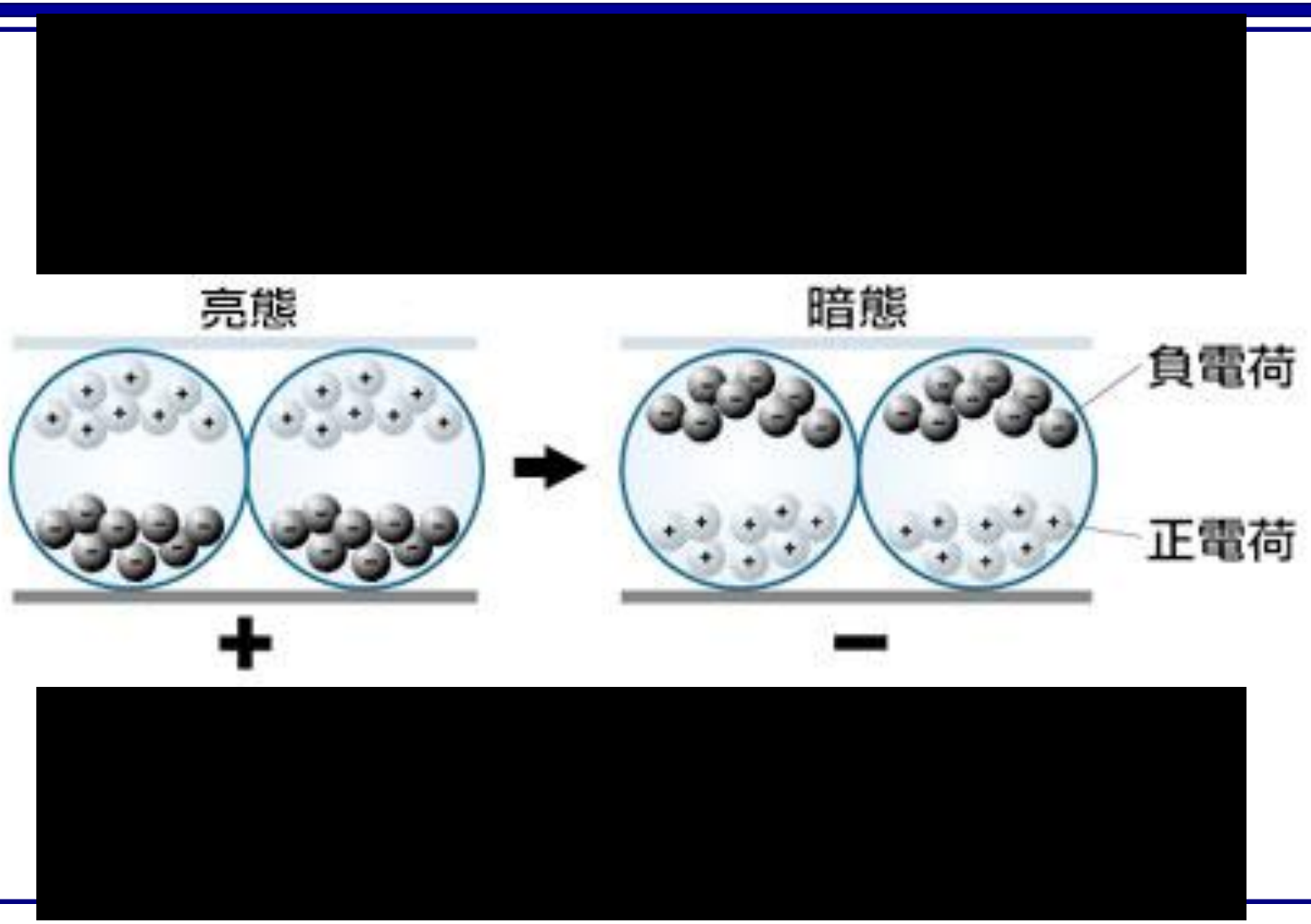
- **AFM Data Storage**





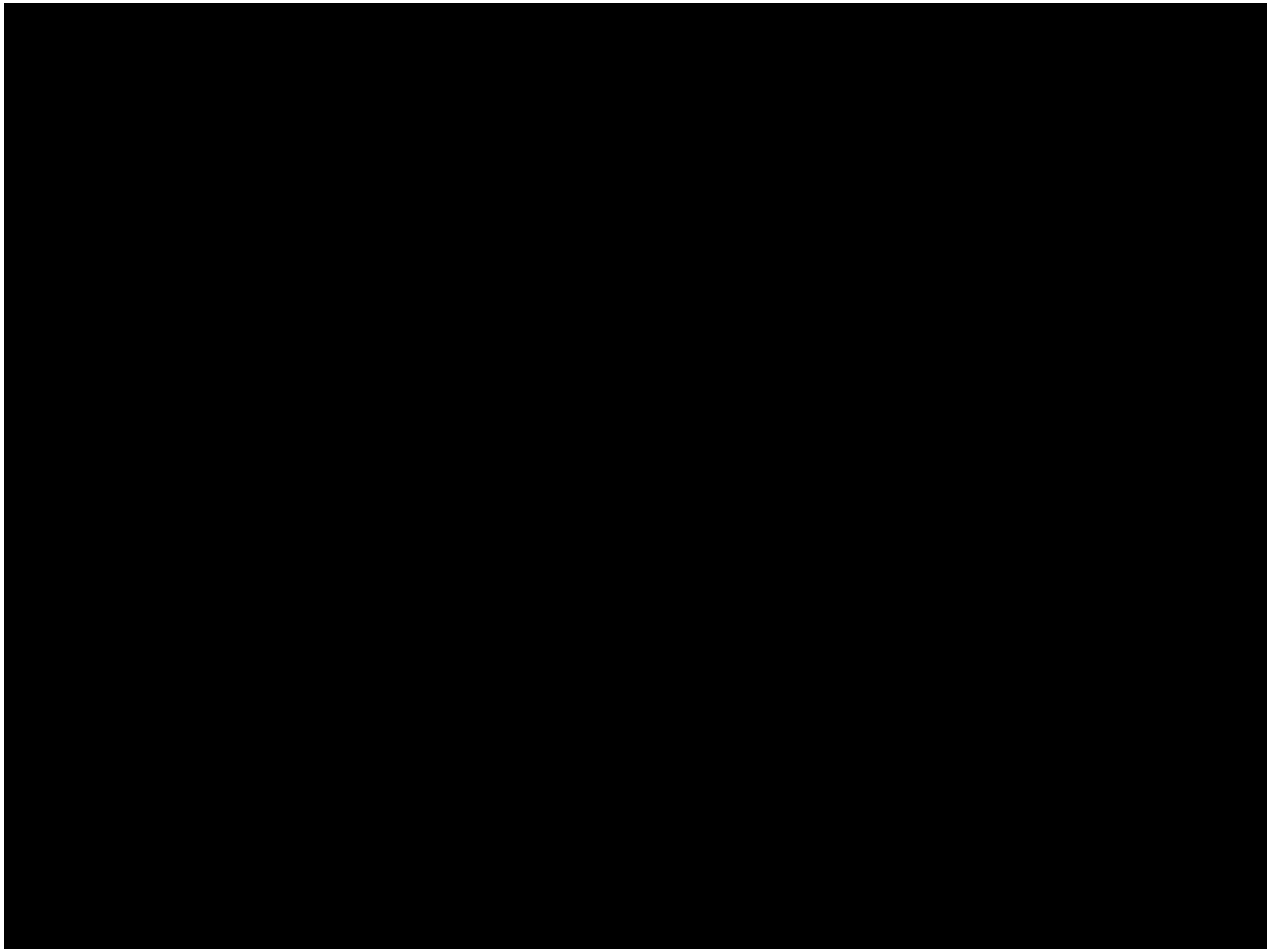
IBM Millipede chip

前景與商機-Flexible Display



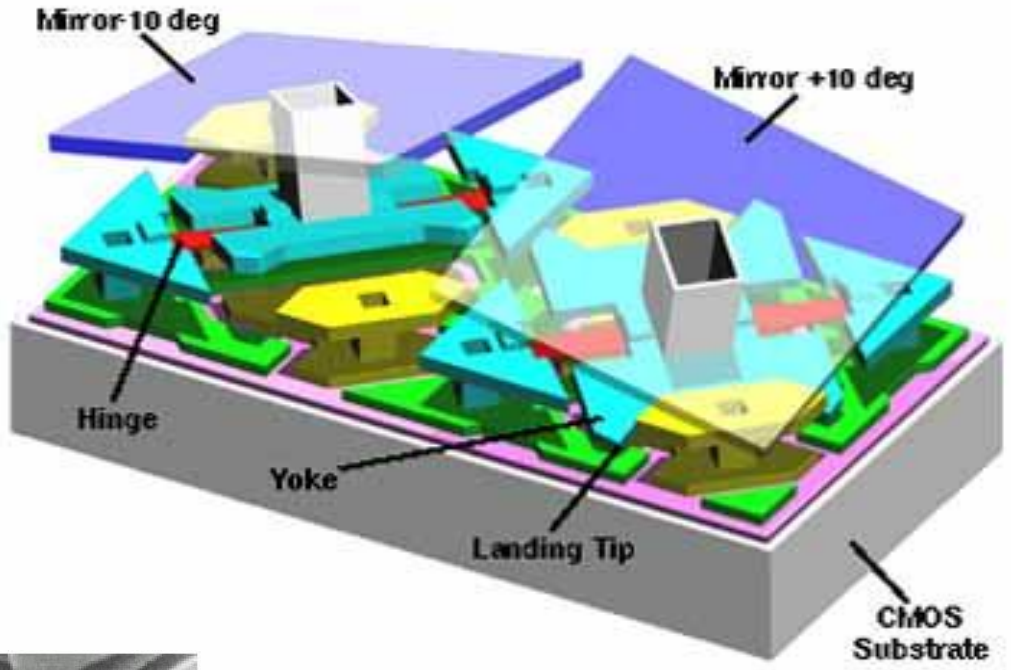
E INK電子紙

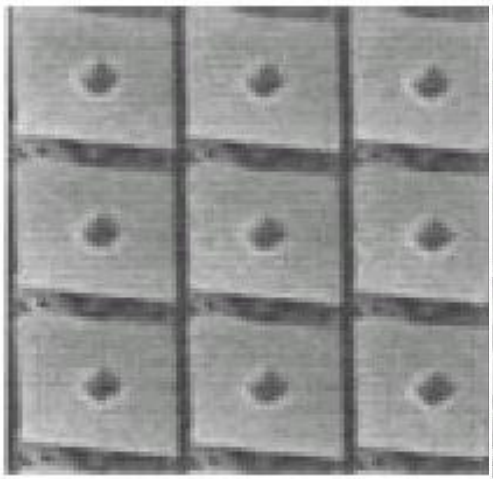
前景與商機-微振鏡

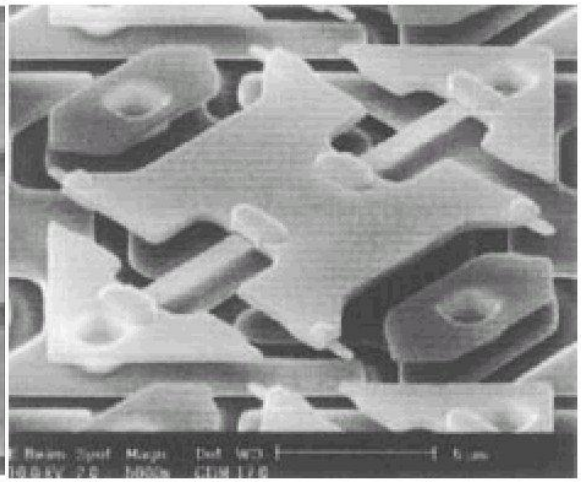


前景與商機-投影機

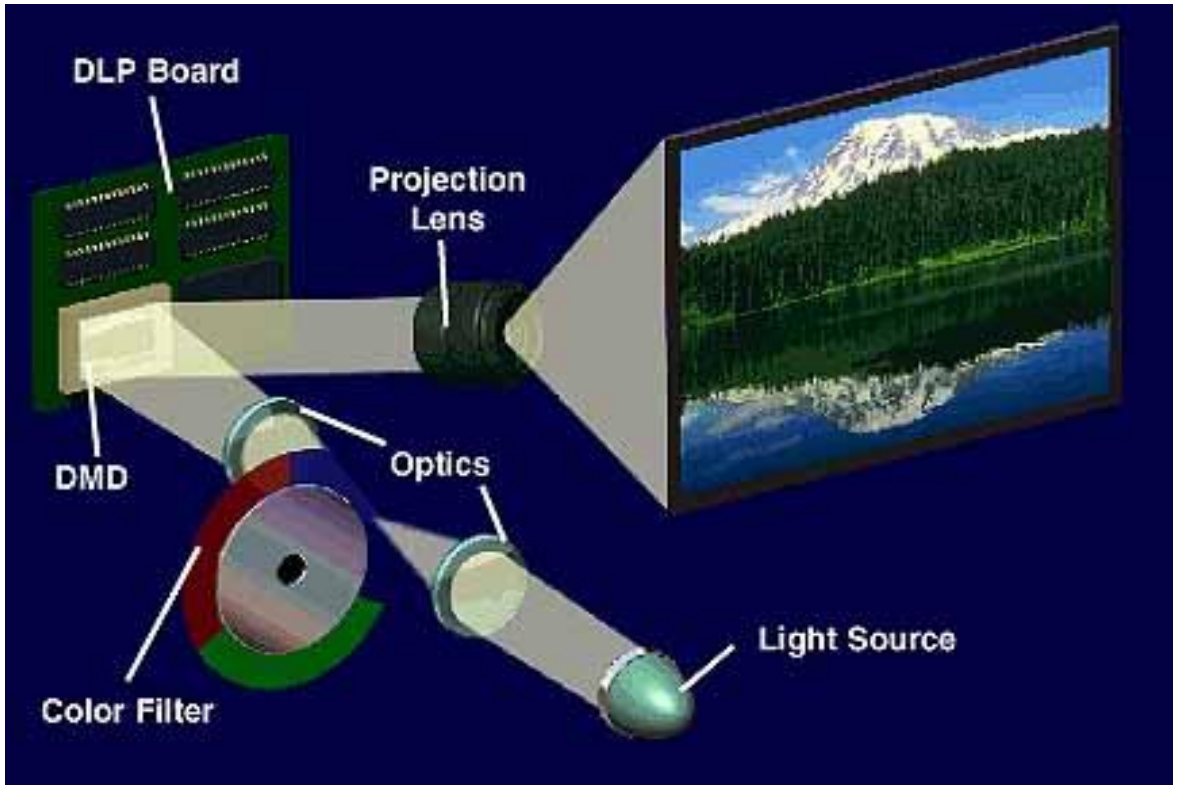
德州儀器的 DMD 晶片







前景與商機-投影機



TI DLP™ PROJECTION SYSTEM架構

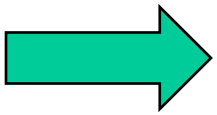
前景與商機-微型投影機



2008 TI MOBILE DLP™ SYSTEM

前景與商機-新興市場

MEMS在生物科技

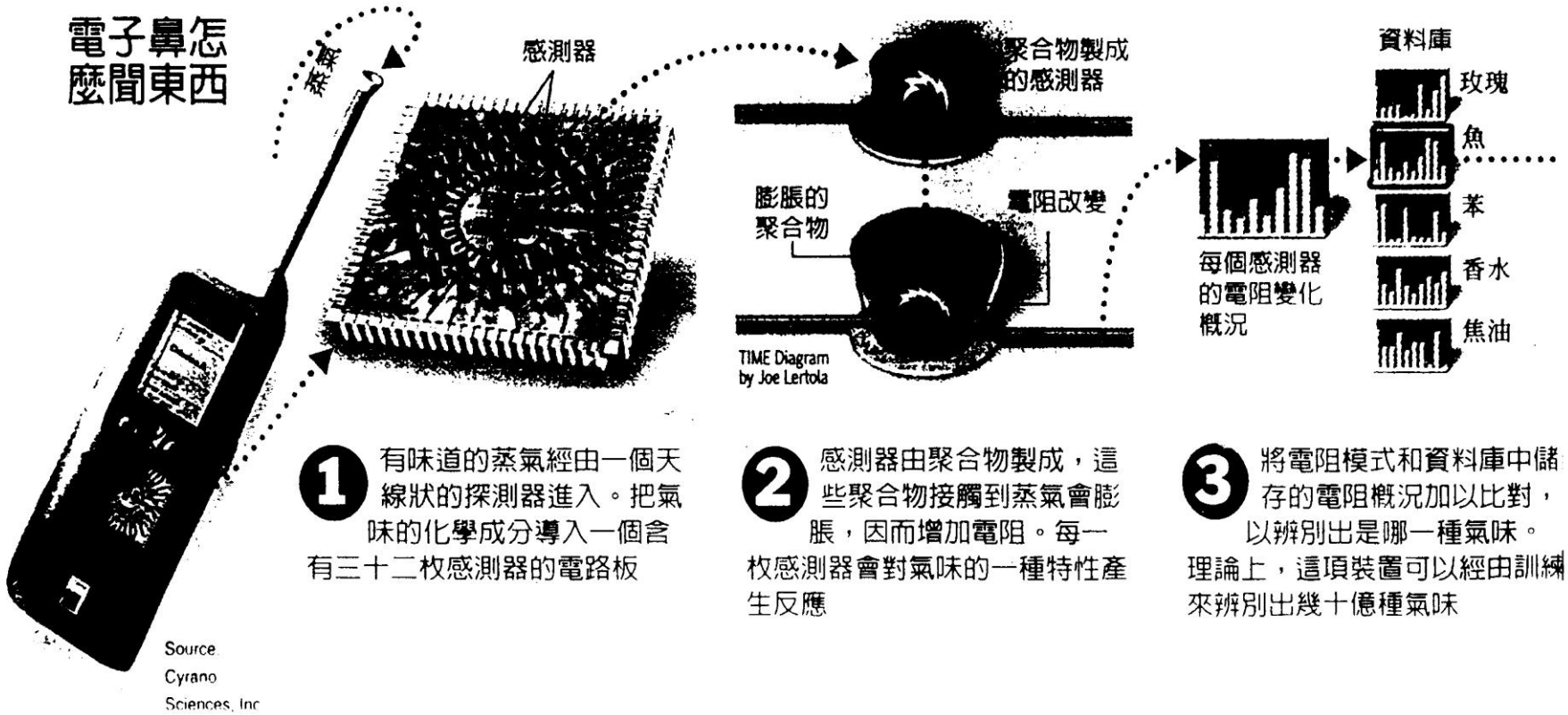


生化處理

生化檢測

醫療

前景與商機-Bio-MEMS



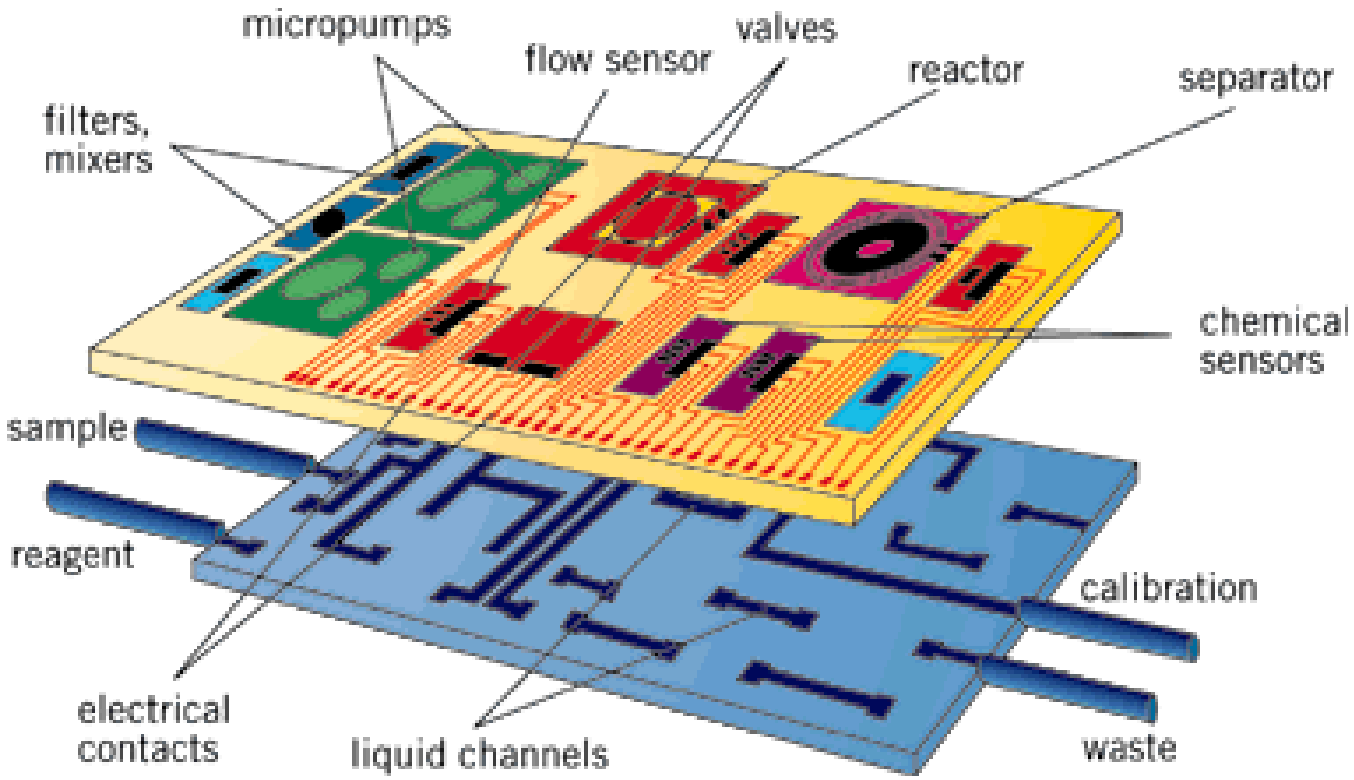
Cyrano Sciences, Inc.電子鼻

前景與商機-Bio-MEMS



內視鏡膠囊

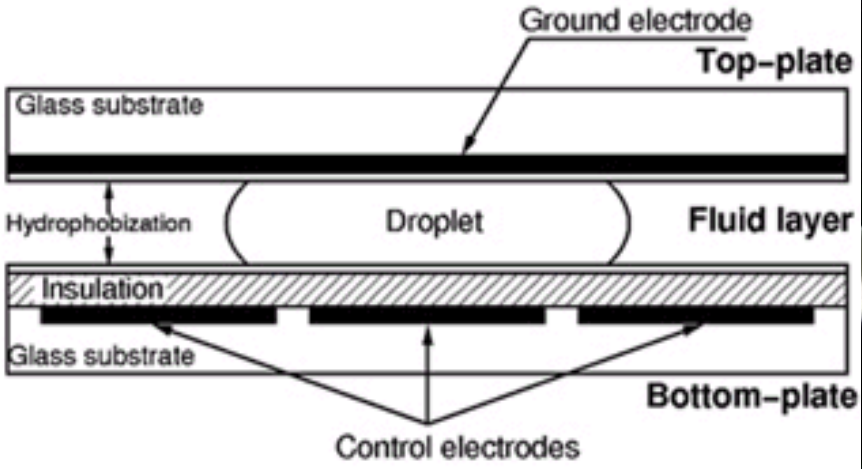
前景與商機-Bio-MEMS



Lab-on-a-chip

前景與商機-Micro Fluidic

Electrowetting－利用不均勻電荷分布，改變液滴表面張力





Richard Fair , Duke Univ.

前景與商機-Micro Fluidic



Richard Fair , Duke Univ.

新興消費性電子產品市場

微感測與致動器正朝向個人可攜式消費性電子產品發展

-智慧化

-小尺寸

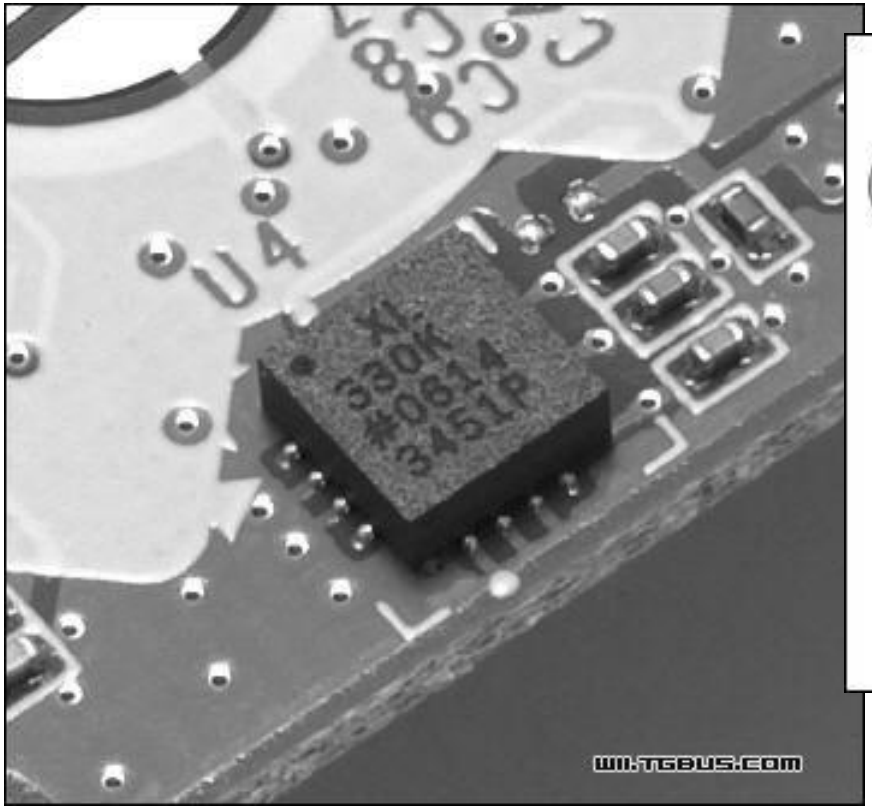
-低價

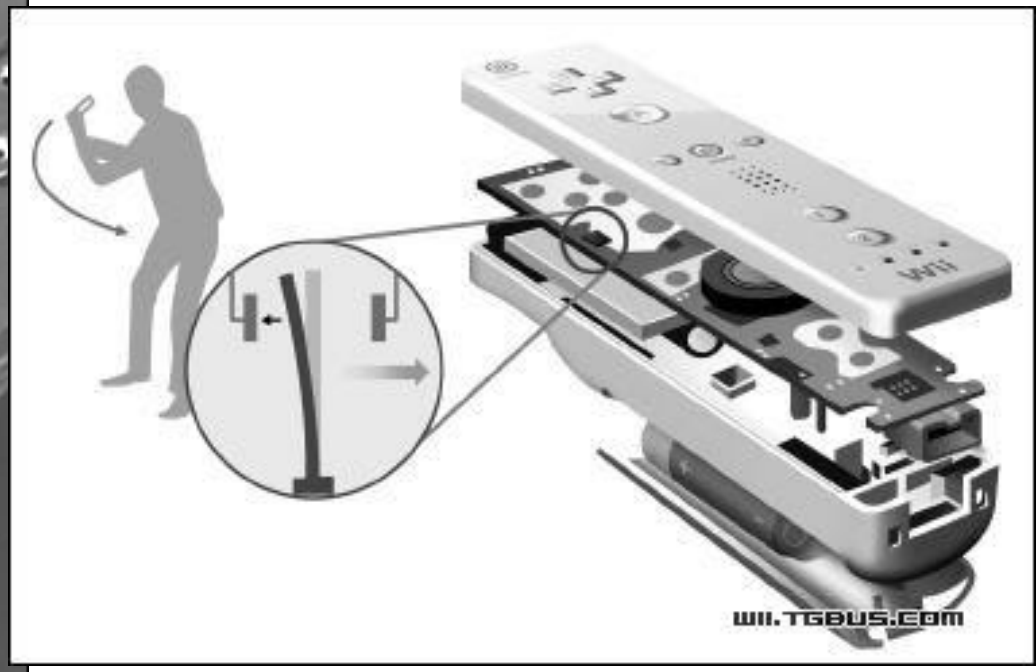
-與電路整合

新興消費性電子產品市場

慣性感測器應用

Wii無線搖桿之ADXL330三軸微加速度計





新興消費性電子產品市場

慣性感測器應用- iPod Touch



新興消費性電子產品市場

可調式液體透鏡

法國液體透鏡生產商VARIOPTIC宣佈其最新專利技術「電潤濕法(electrowetting)」問世，該技術可應用於通訊、工業、安全與娛樂等市場，用以製造包括PDA、網路攝影機、照相手機、工業內視鏡、監視器與小型高階數位相機、數位攝影機等產品。

結語

There's plenty of room at the bottom.

– Richard Feynman, 1959