

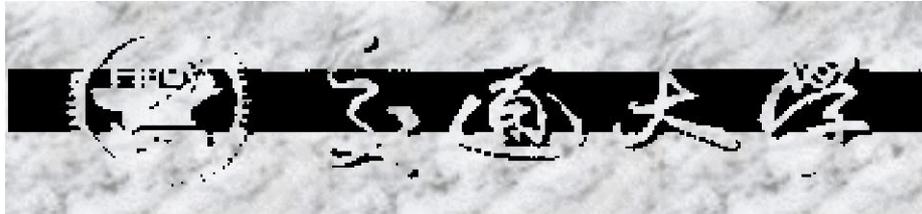
微機電系統簡介

交通大學機械系
徐文祥

whsu@mail.nctu.edu.tw

NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

Department of Mechanical Engineering



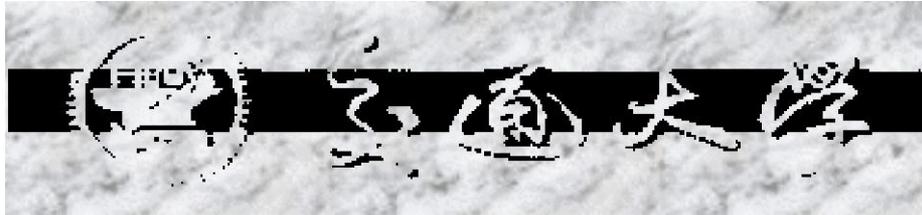
微雕

橄欖核舟



-台北故宮博物院 清 陳祖章

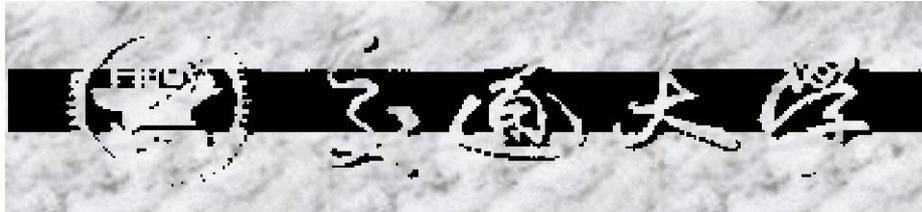
<http://www.npm.gov.tw/>



0.08cm 迷你書

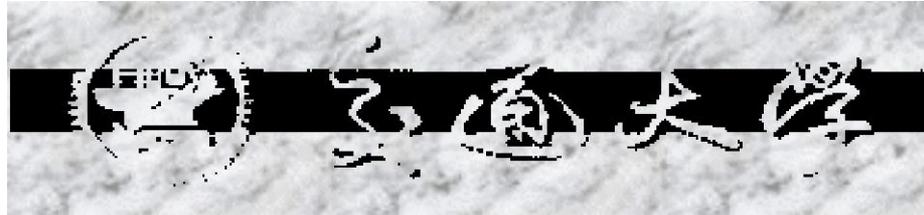
俄國迷你書收藏家科斯楚克手持夾子，小心翼翼夾起一頁比原子筆筆尖還小的書頁。這本迷你書書名為「俄文字母」，長寬皆為0.08公分，共8頁，每頁記載8個俄文字母。

台北國際書展 2007/1/31



-毫芒雕刻家陳逢顯作品

2008/07/16



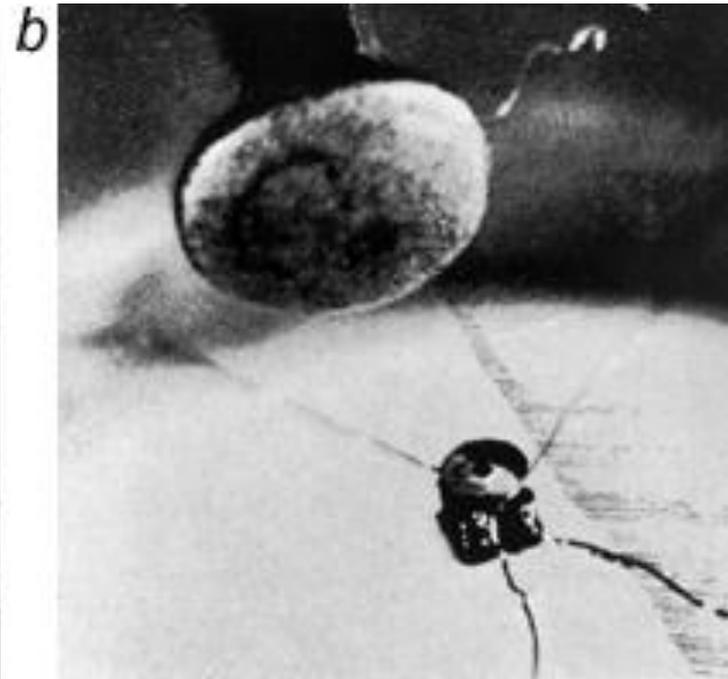
微機電系統

MEMS

Micro Electro Mechanical Systems

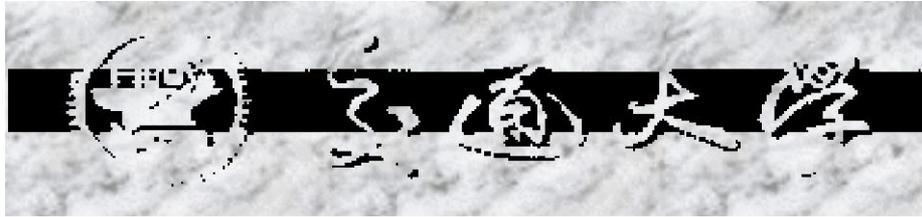
(1 $\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$)

Feynman's Challenge



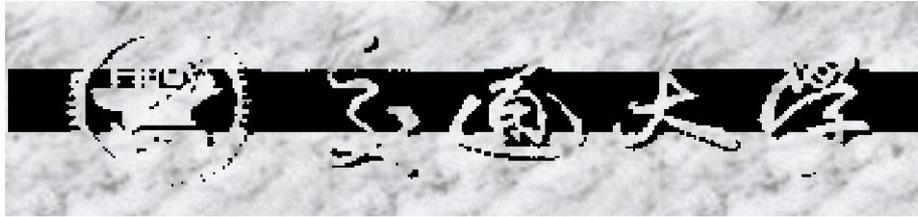
(a) Feynman viewing the the first micro motor built by William McLellan (left).

(b) The mini motor photographed under an optical microscope.
(Picture credit: Caltech Archives)

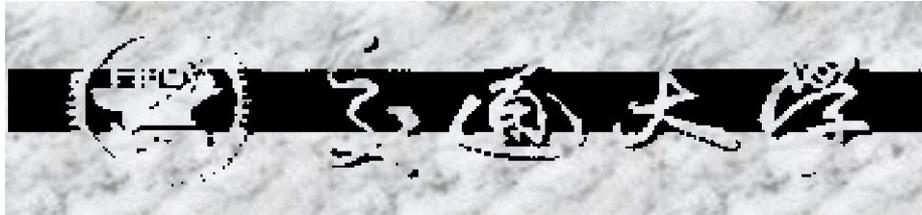


歷史的演進

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



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

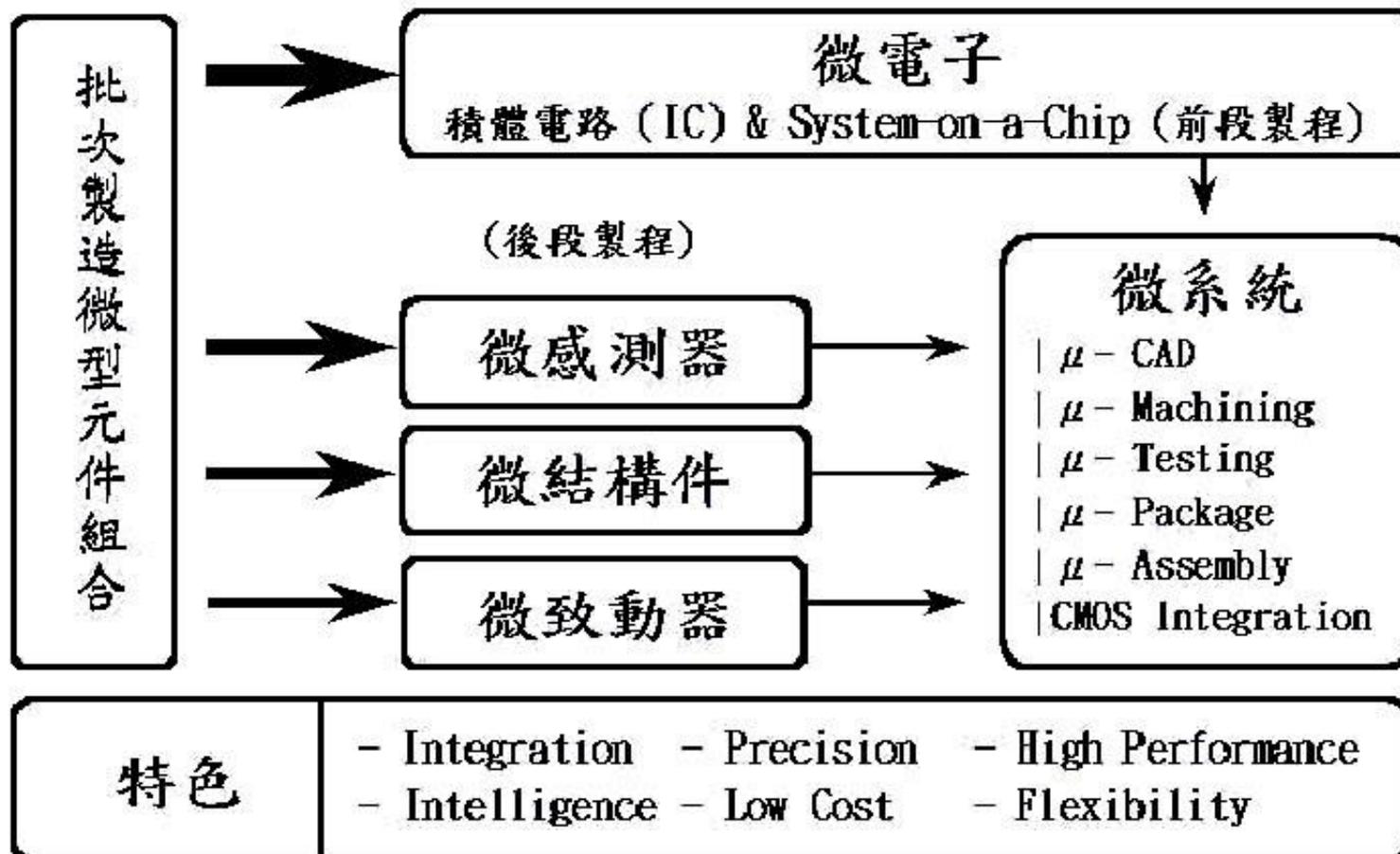


微機電系統的起源

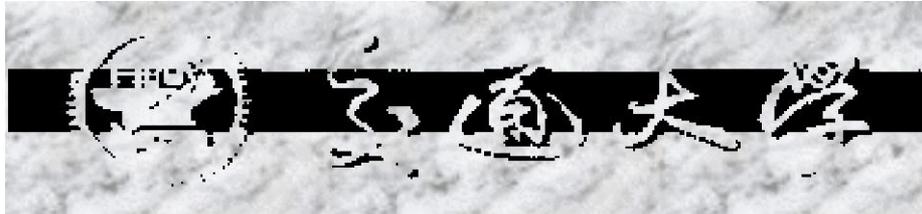
以半導體製程為出發點

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



資料來源：工研院



微機電系統技術

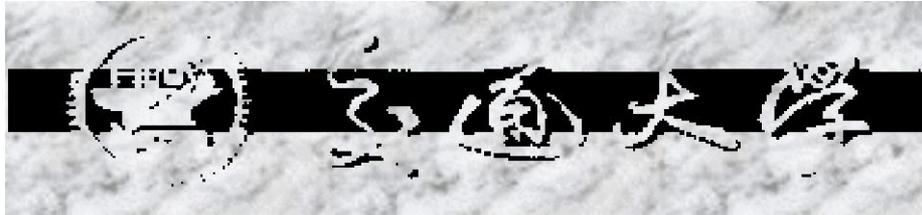
基礎科學

微製造技術

元件技術

檢測技術

系統技術

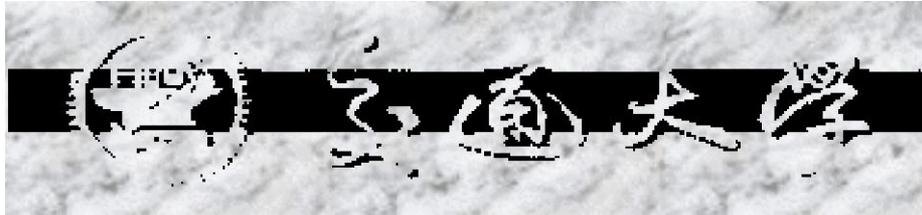


機械人的利基

微製造技術是微機電系統的核心技術

機械製造正是本行

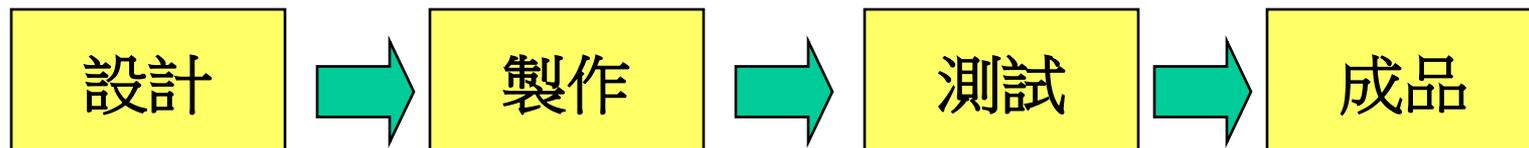
易搭配其他技術切入



與現有機械教育相符

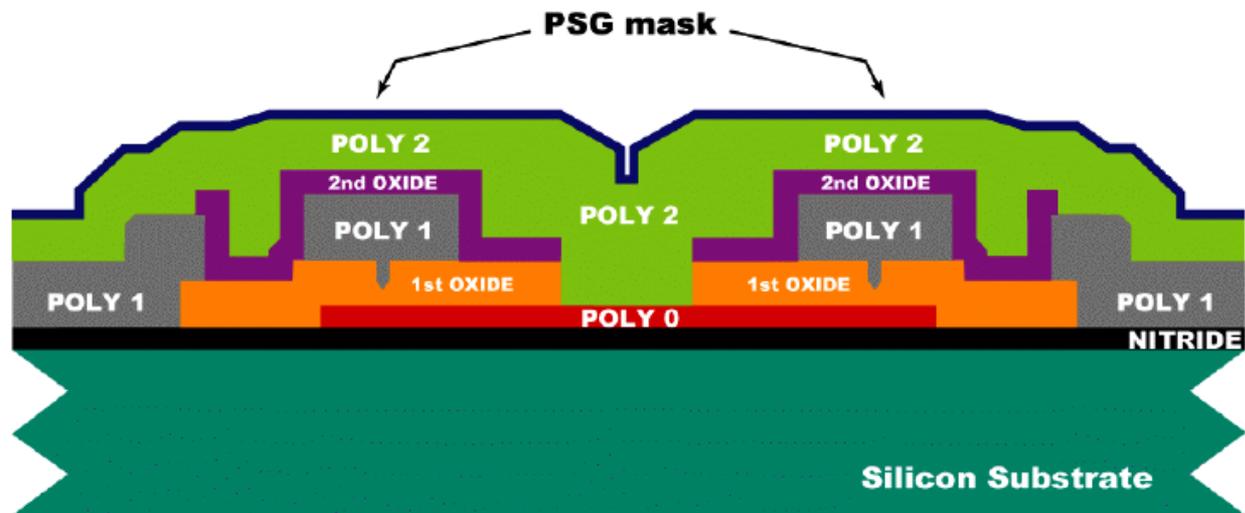
將微製造技術納入機械製造課程一環

理論與實作緊密結合

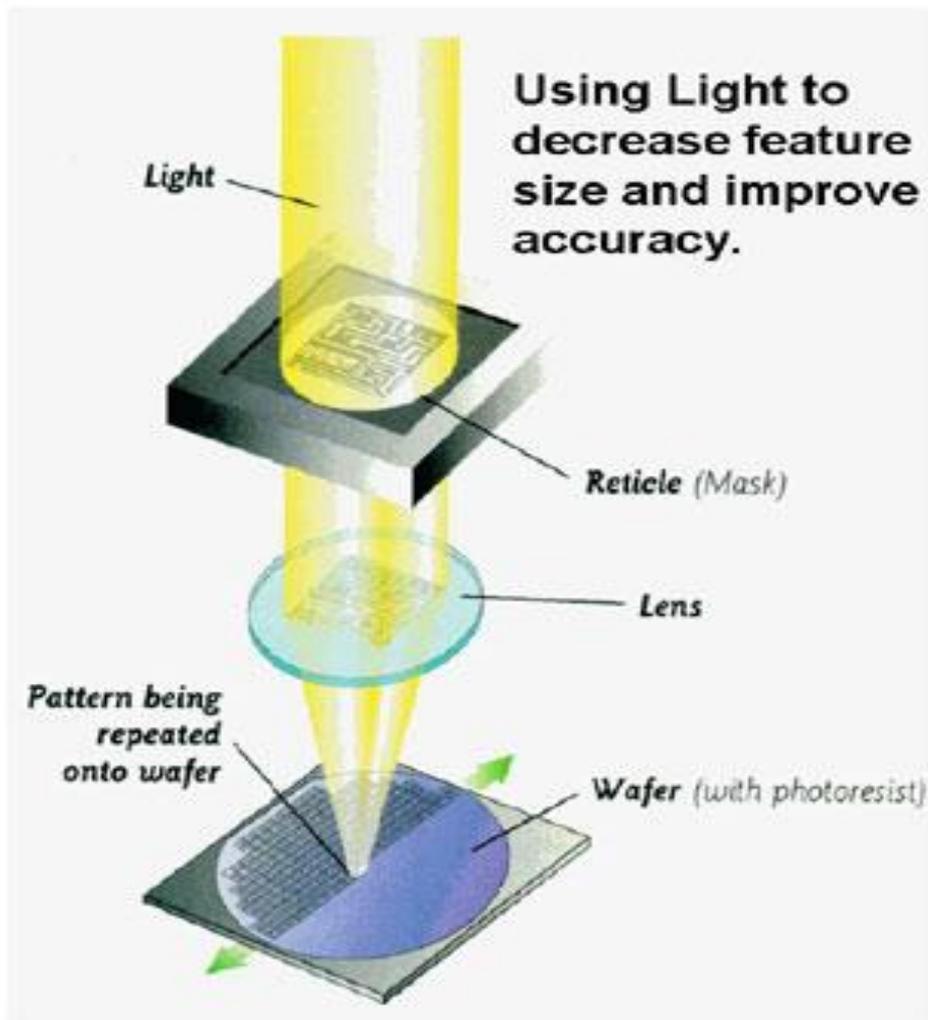


半導體製程技術

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

易批大量產

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

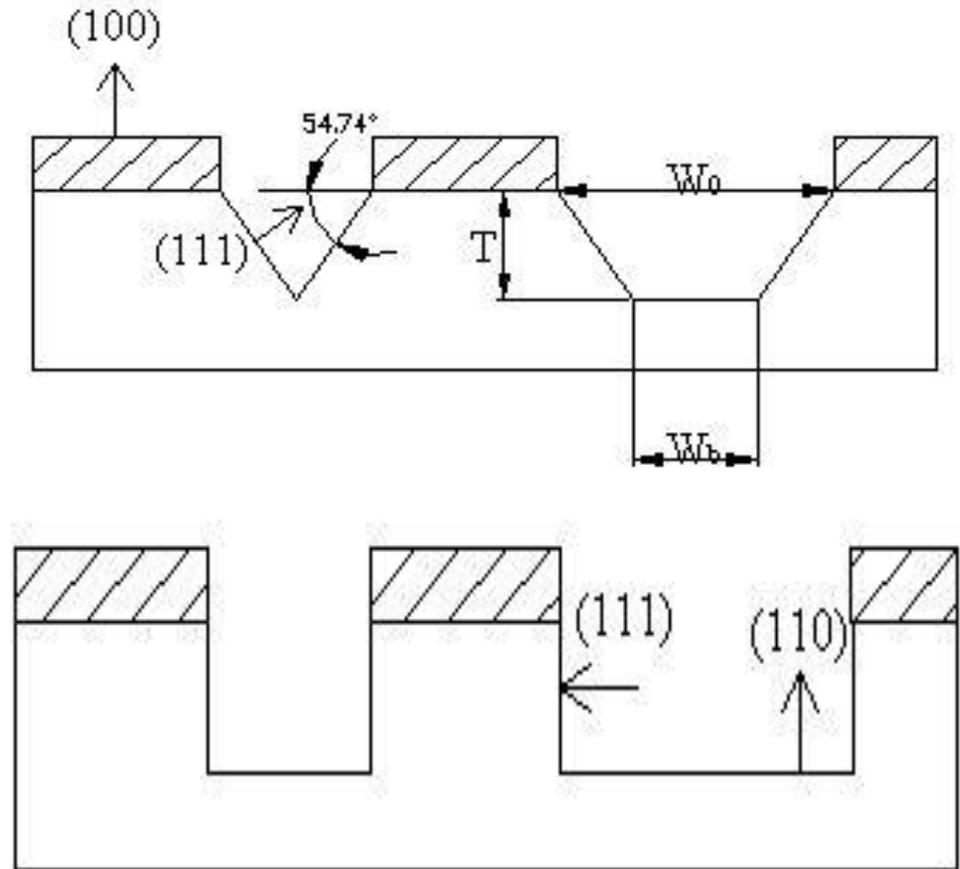
◎其他非矽精密加工技術

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

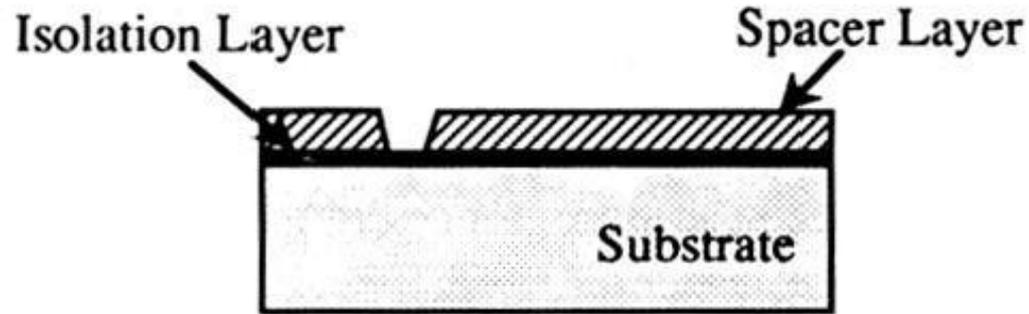
利用單晶矽的不同結晶面蝕刻速率不同，可蝕刻出V型槽或90°的溝渠。



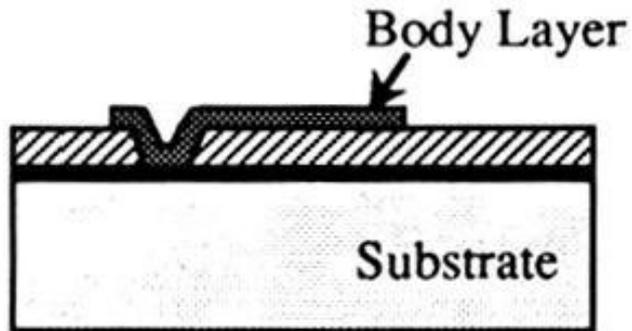
面型微加工技術

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。

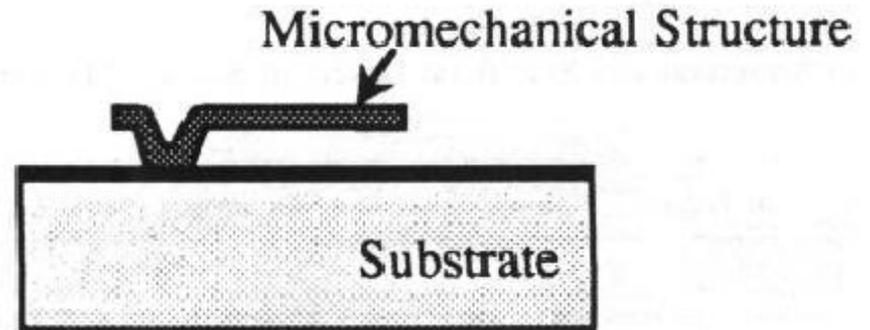
面型微加工



a)



b)



c)

光刻電鑄模造技術

LIGA是德文

Lithographie - Lithography (微影)

Galvanoformung – 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

LIGA、LIGA-like 製程

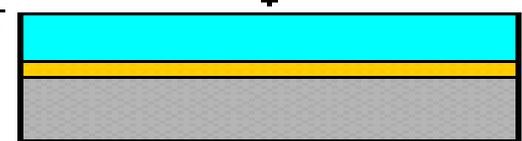
基板



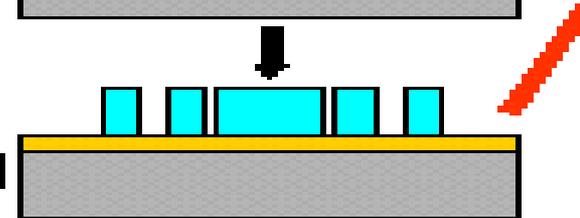
濺鍍
蒸鍍



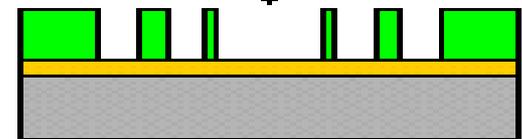
厚膜塗佈



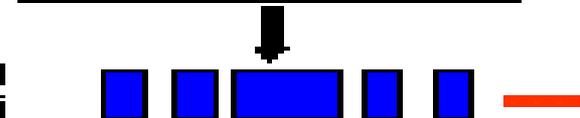
X-ray、
UV 微影
雷射光刻



電鍍



射出成型
熱壓成型



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

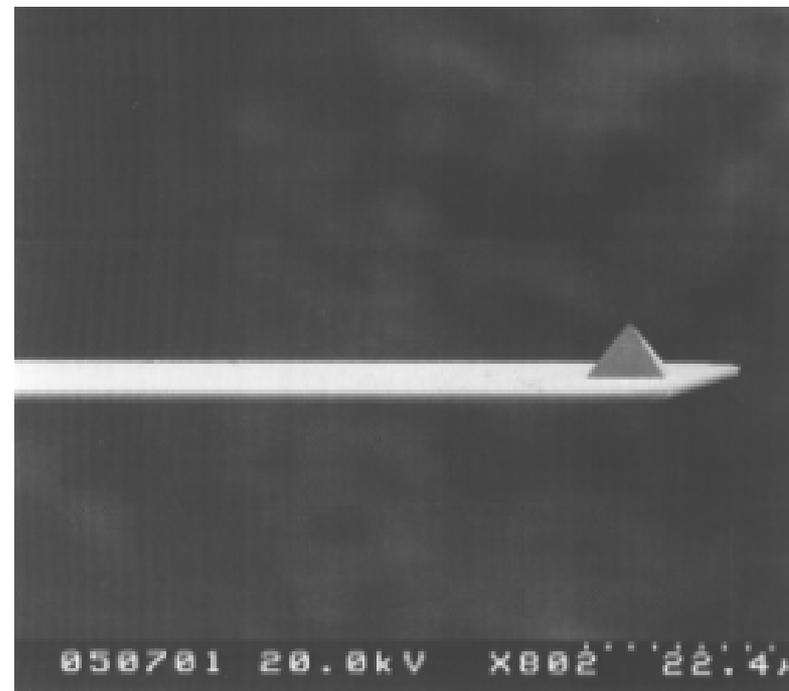
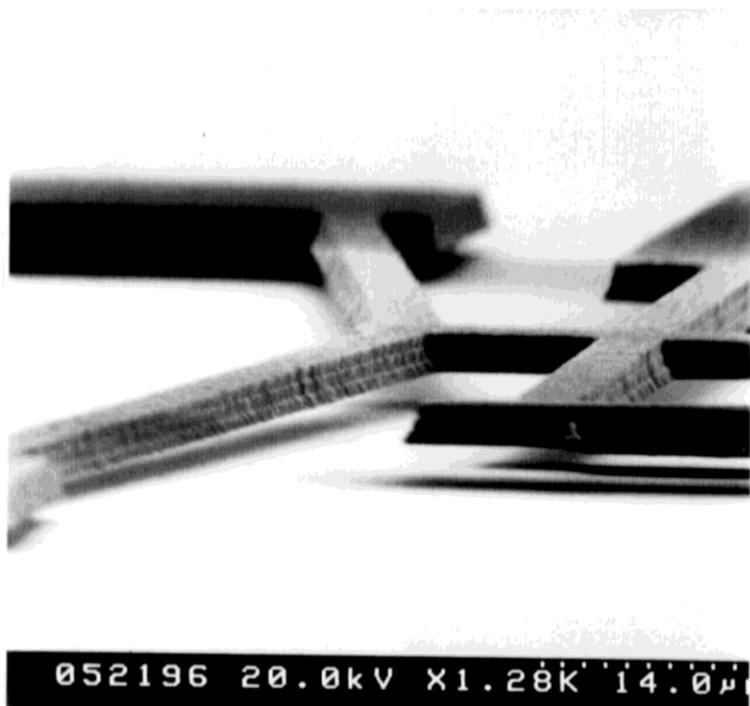
特殊加工

如

- 雷射加工
- 微放電加工

微機電元件特色

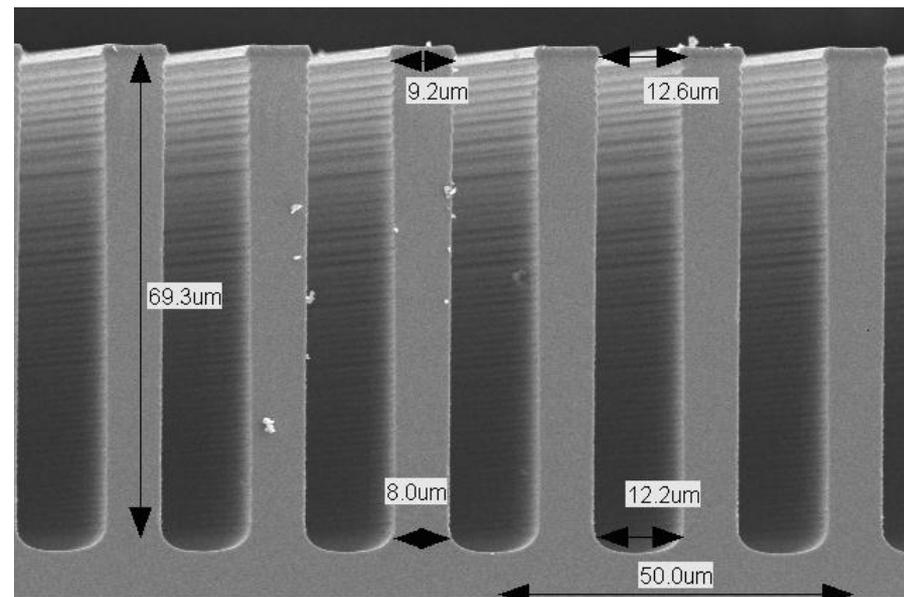
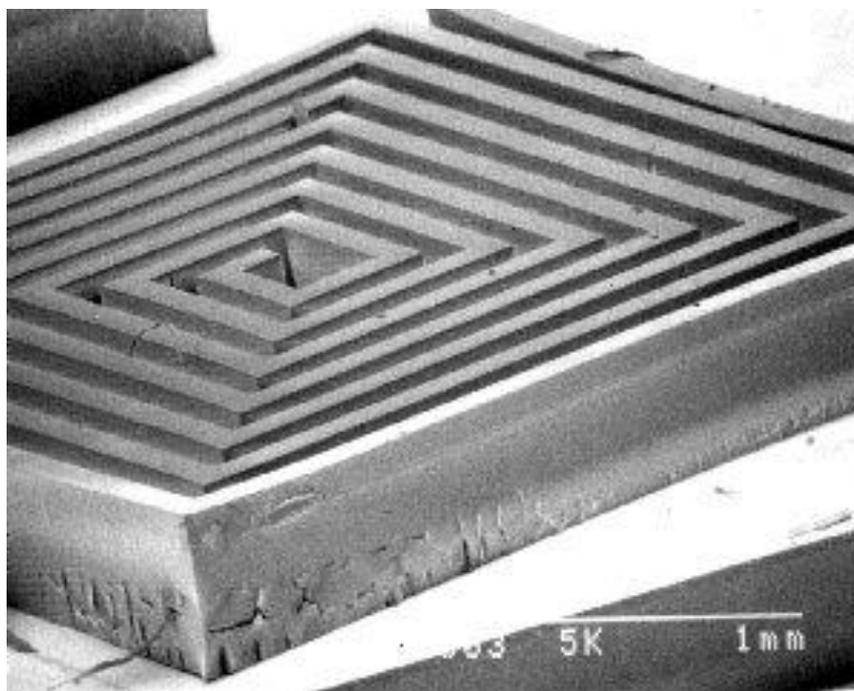
犧牲層技術 - > 懸浮結構



NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

微機電元件特色

厚膜與深蝕刻技術 — > 高深寬比

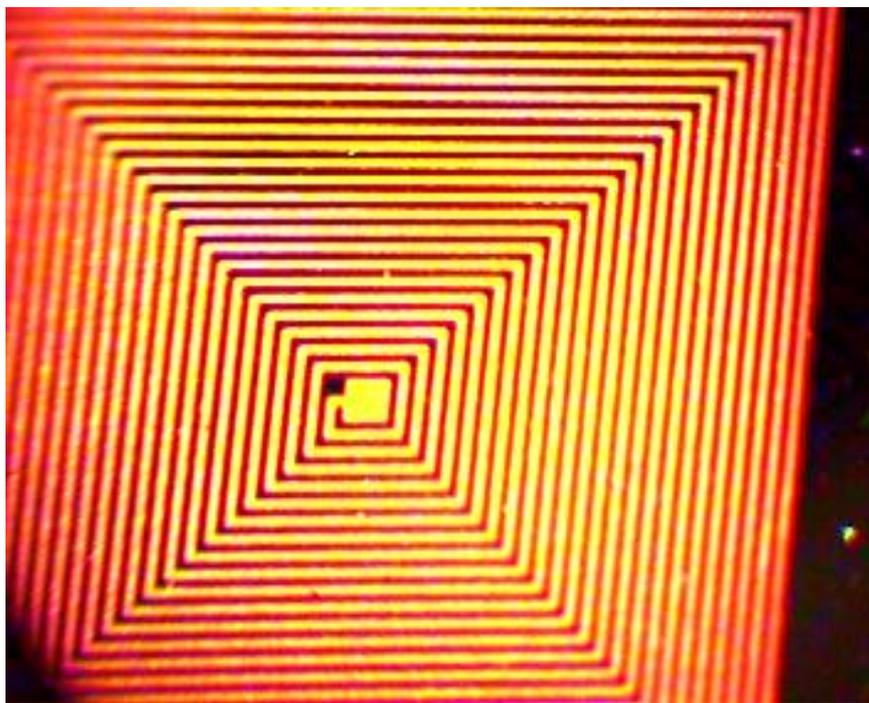


NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY

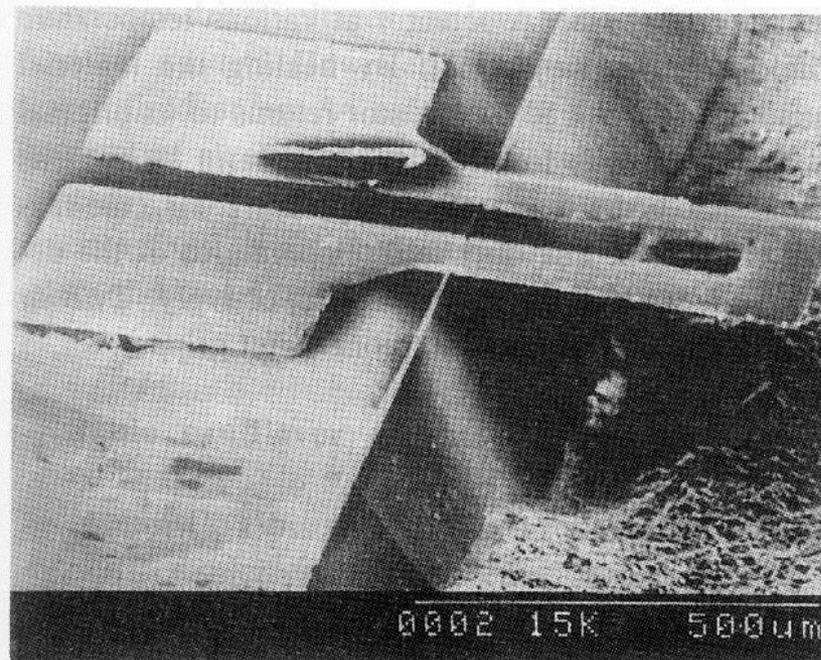
Department of Mechanical Engineering

微機電元件特色

材料多元化



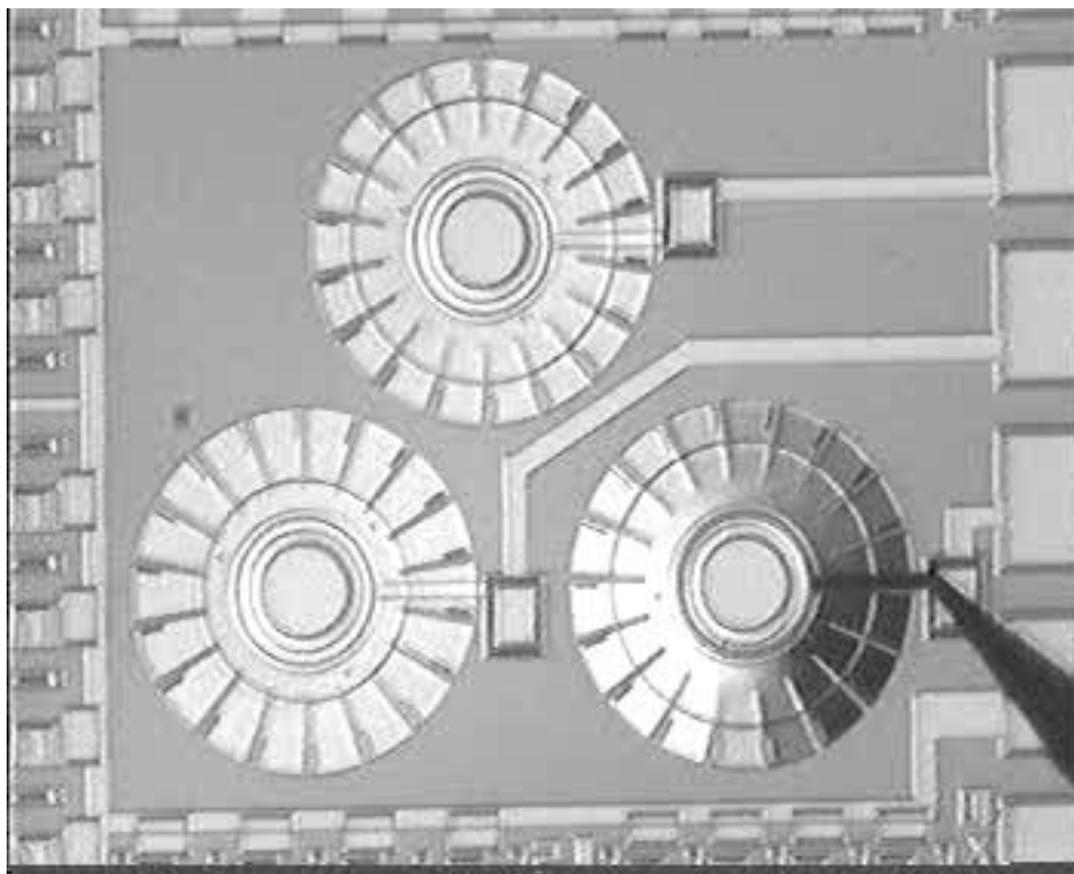
金屬結構(銅線圈)



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

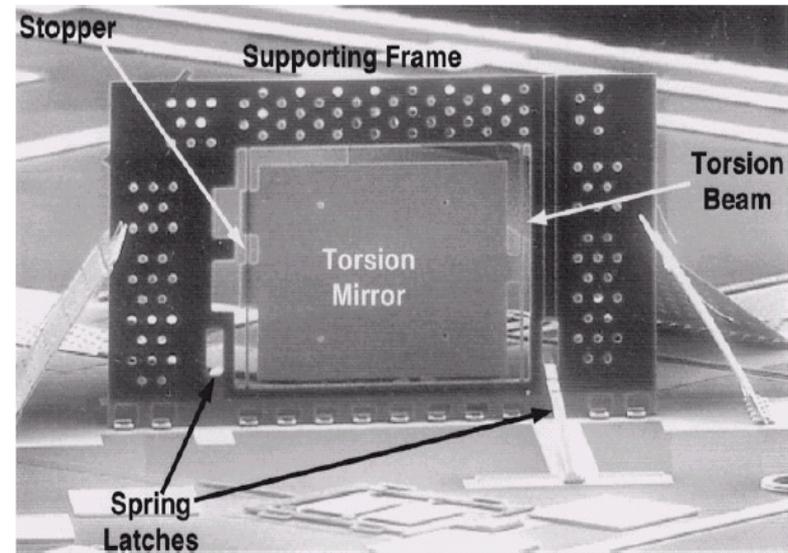
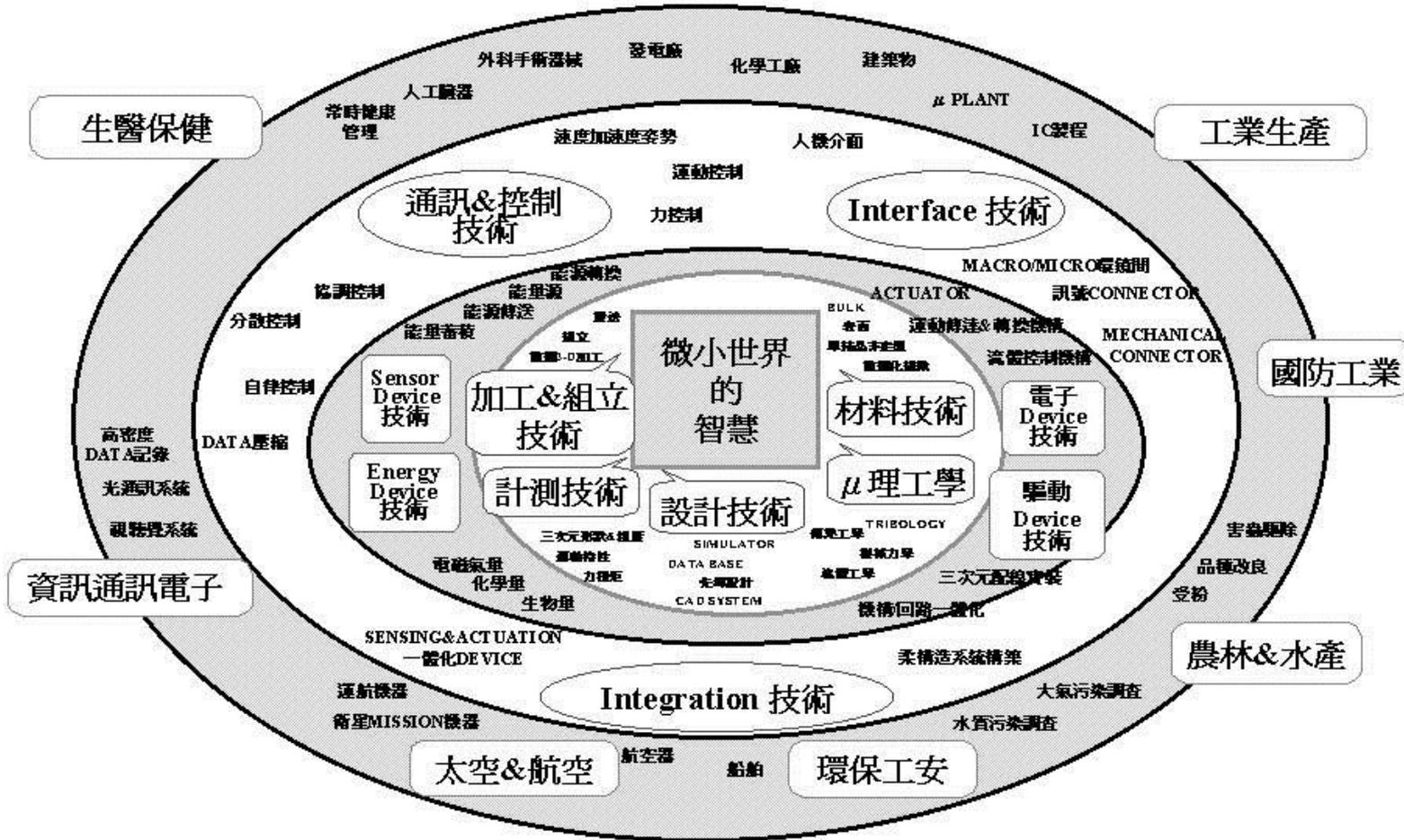


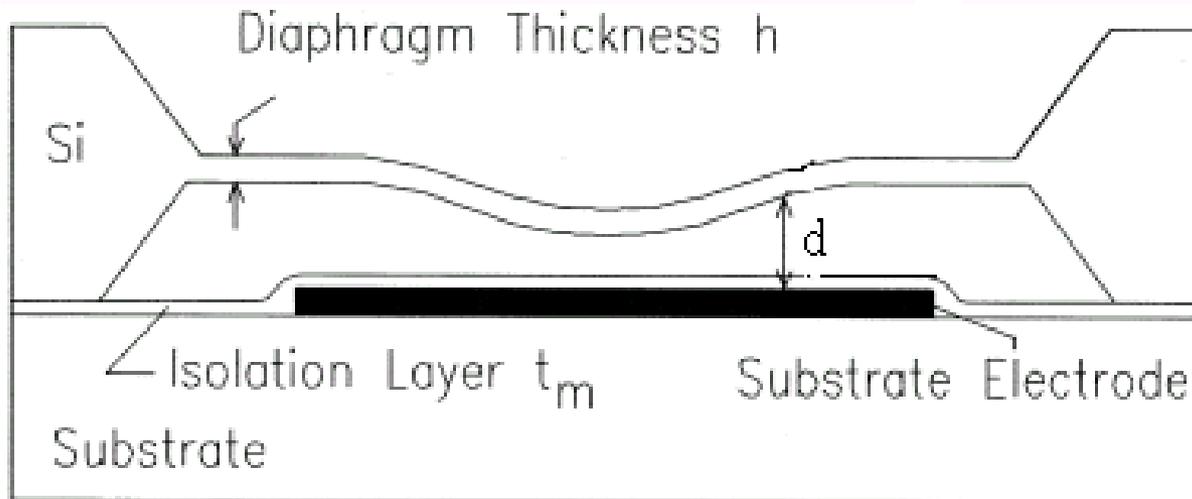
Fig. 4. Scanning electron micrograph (SEM) of the vertical torsion mirror.

Wu et al, UCLA

MEMS的技術與應用



應用-壓力感測器



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

電容式

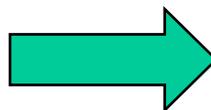
前景與商機-世界趨勢

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

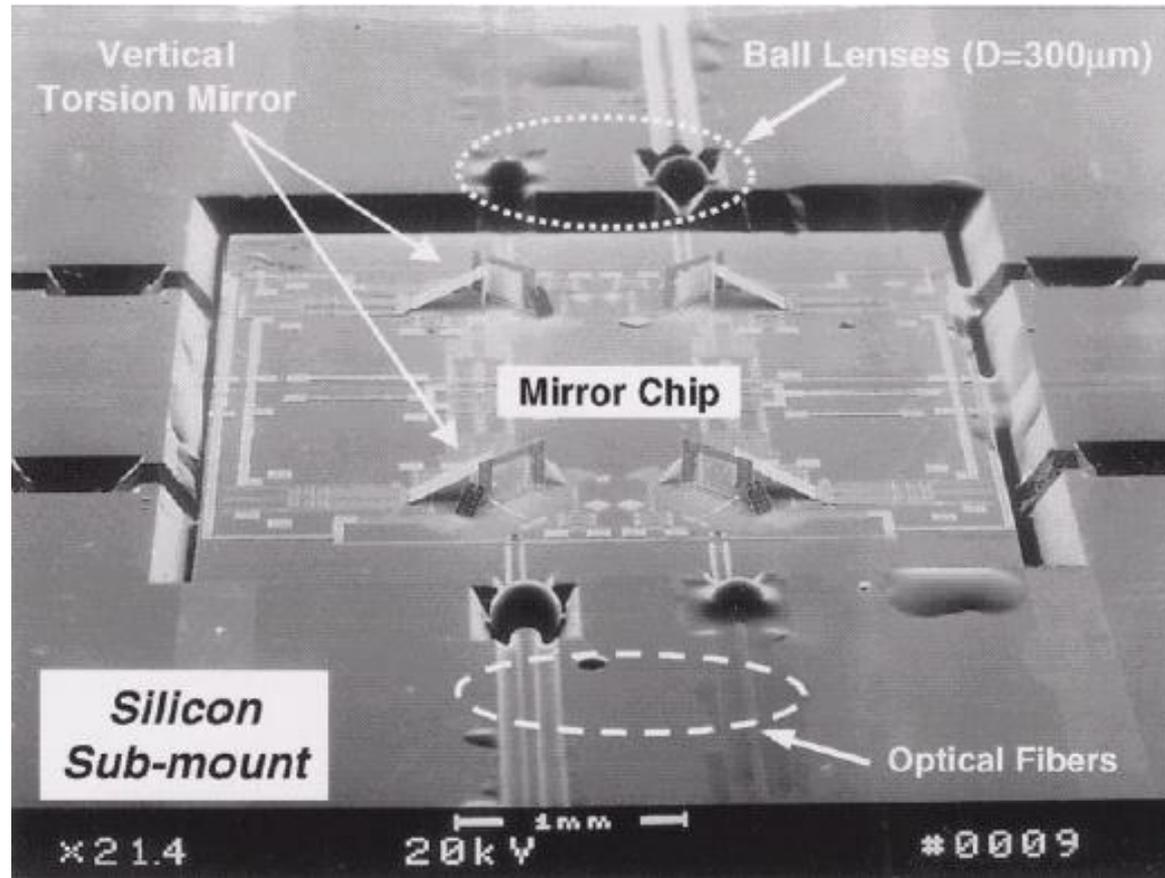
前景與商機-新興市場

**MEMS在
資訊科技**



**顯示科技
資料儲存
無線通訊**

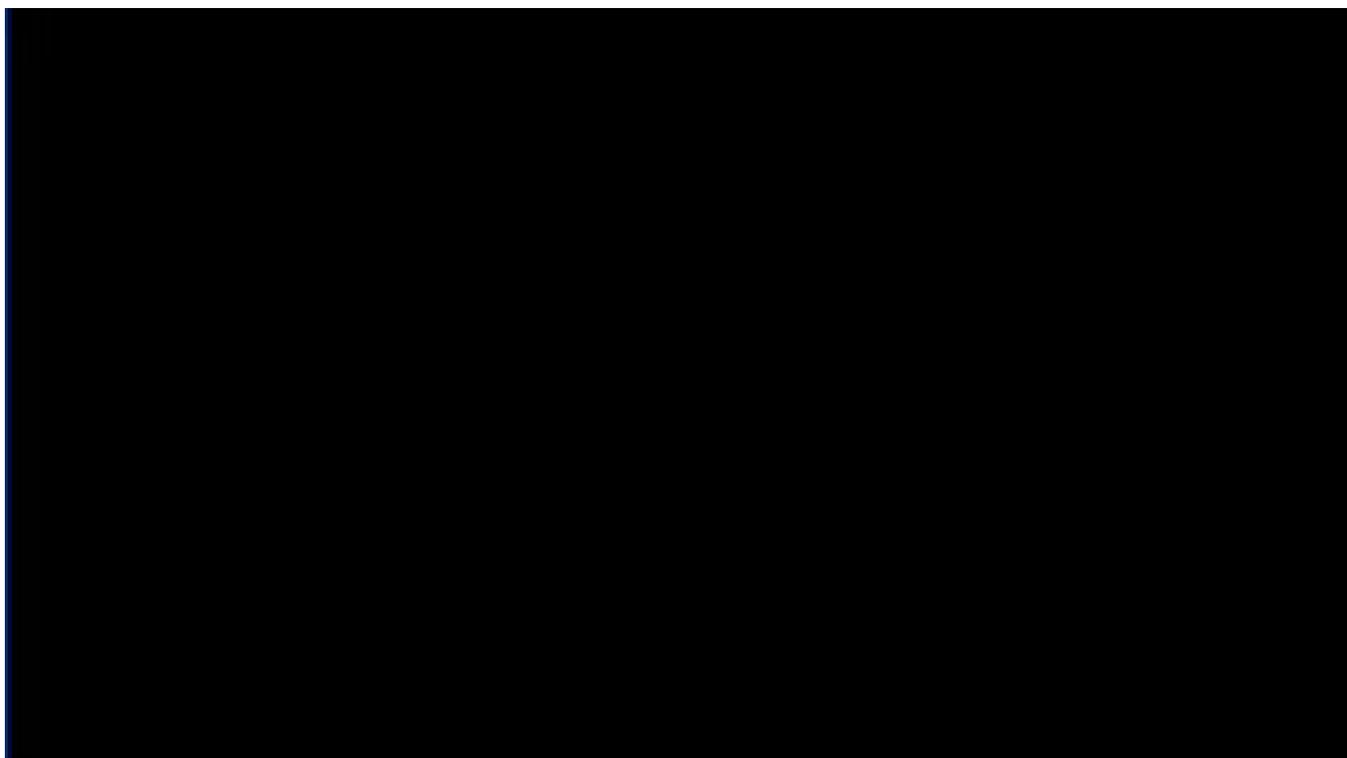
前景與商機-光開關



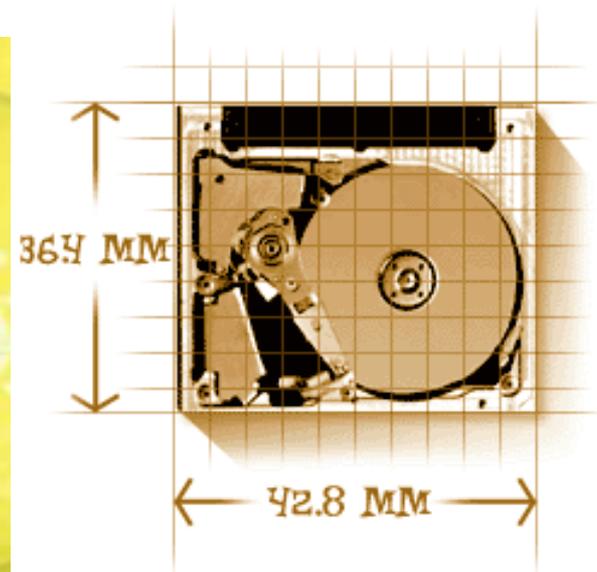
Wu et al, UCLA

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

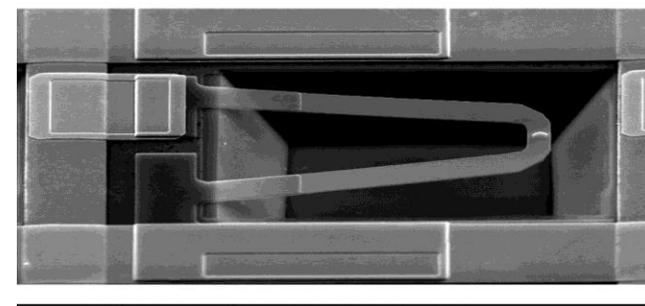
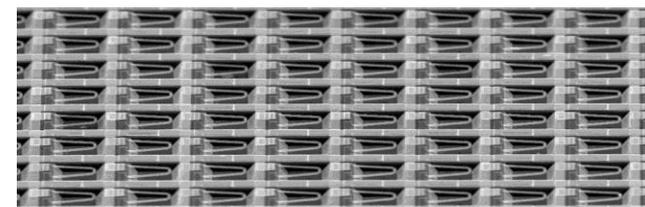
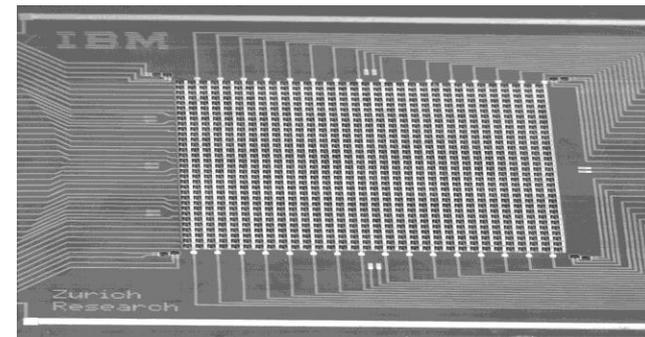
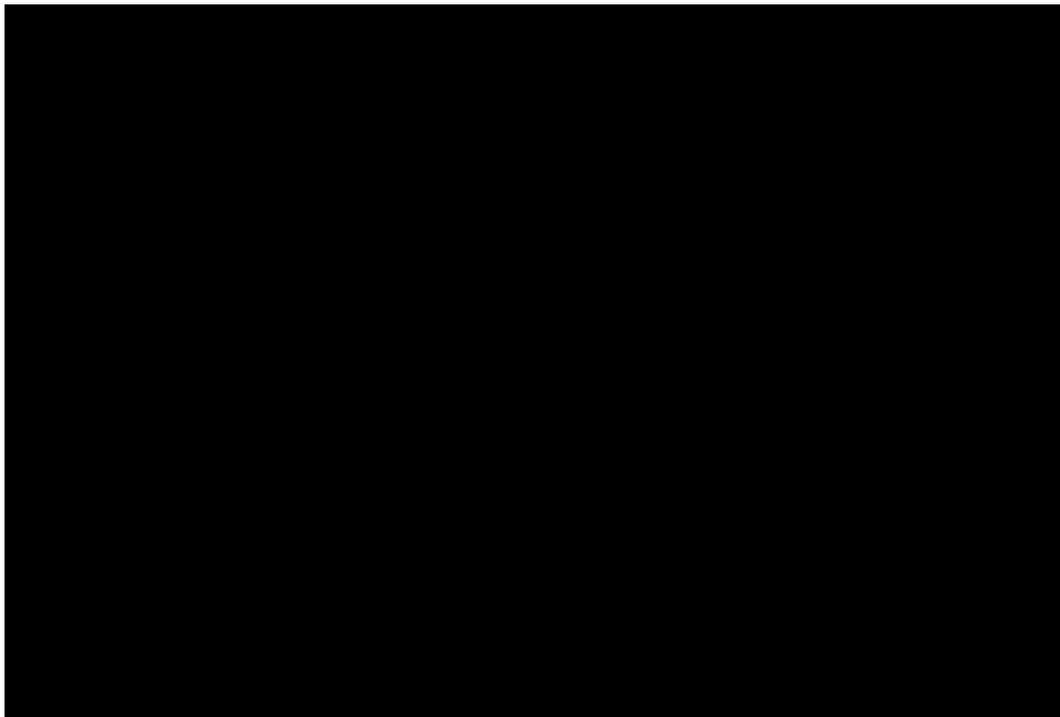


1 GB

IBM, 2000年6月

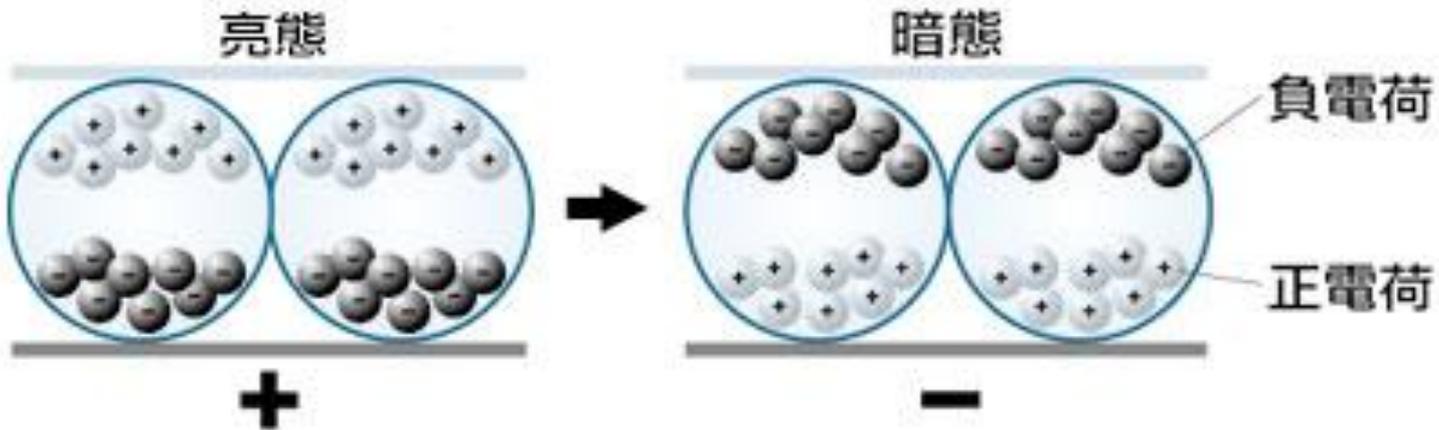
前景與商機-高密度資料儲存

- **AFM Data Storage**



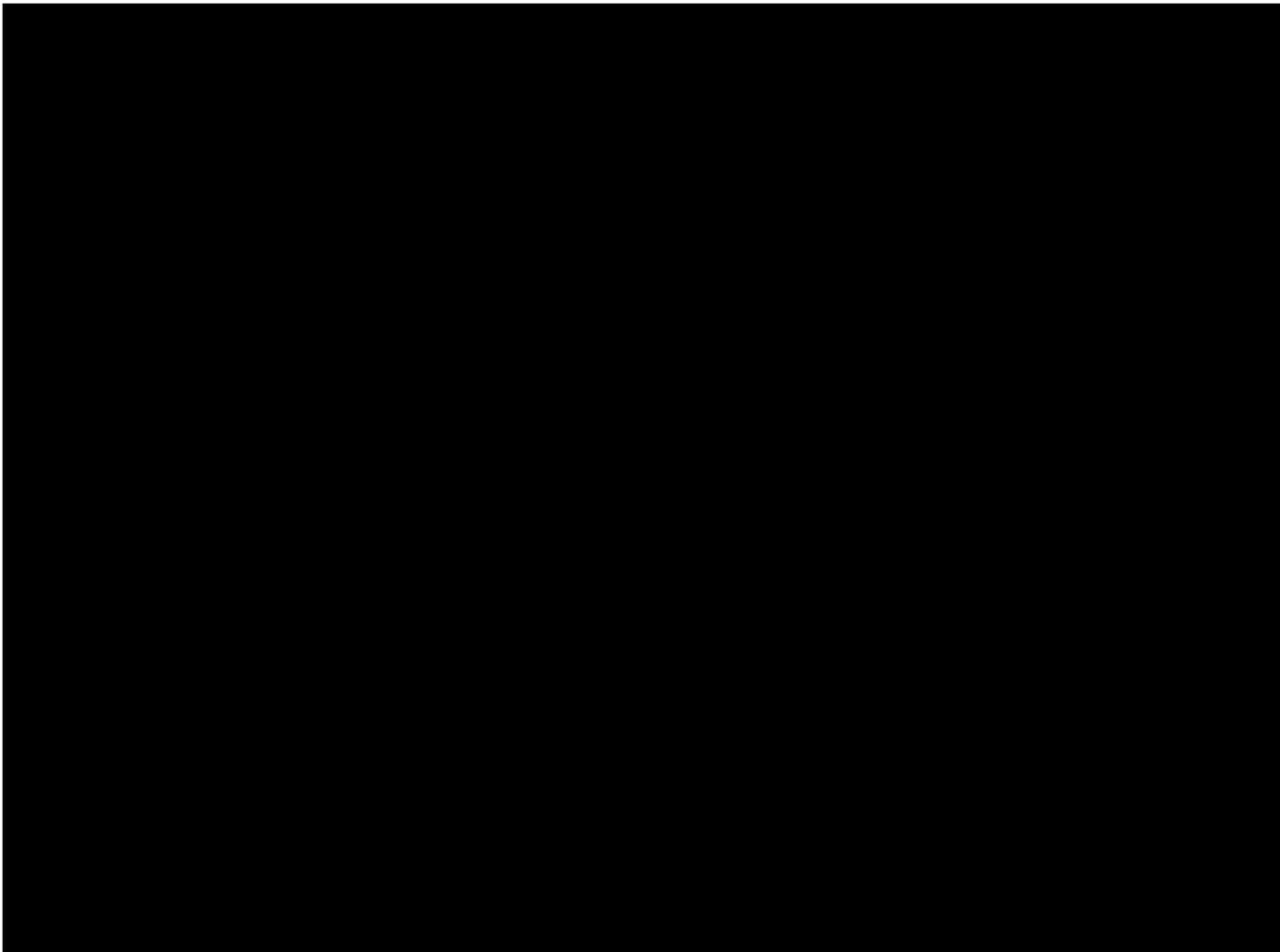
IBM Millipede chip

前景與商機-Flexible Display



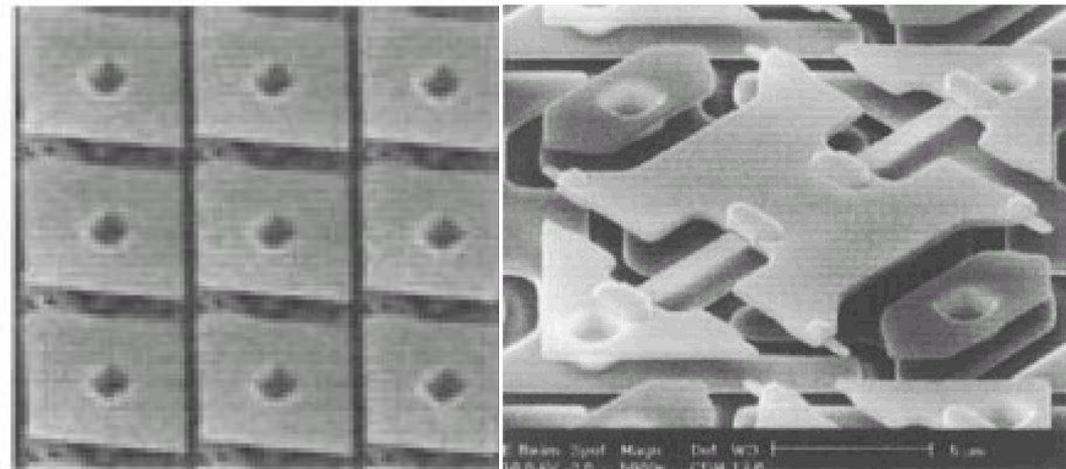
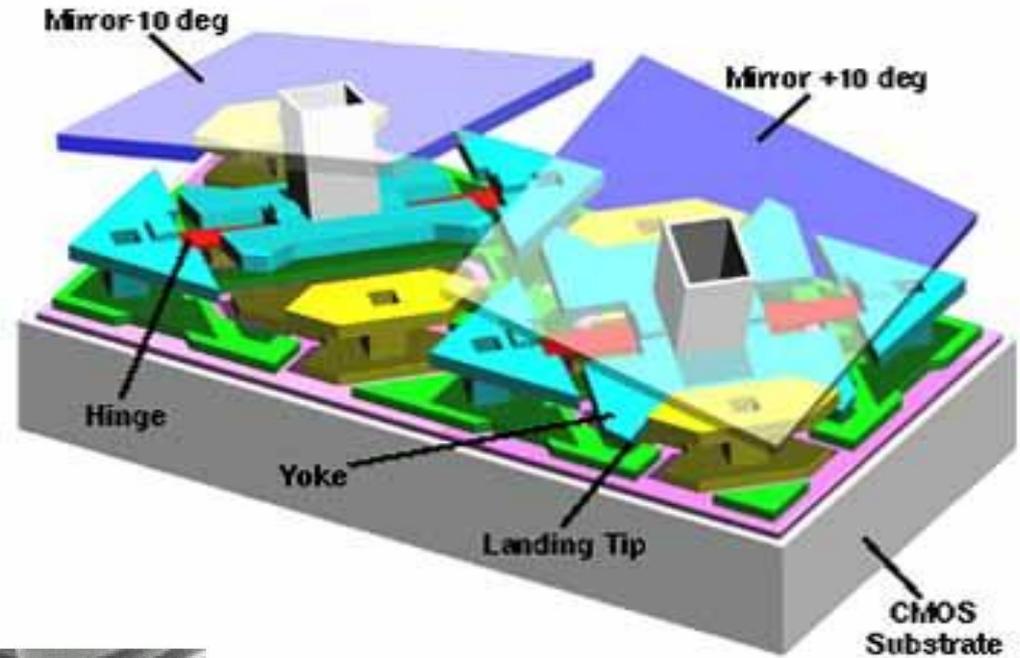
E INK 電子紙

前景與商機-微振鏡

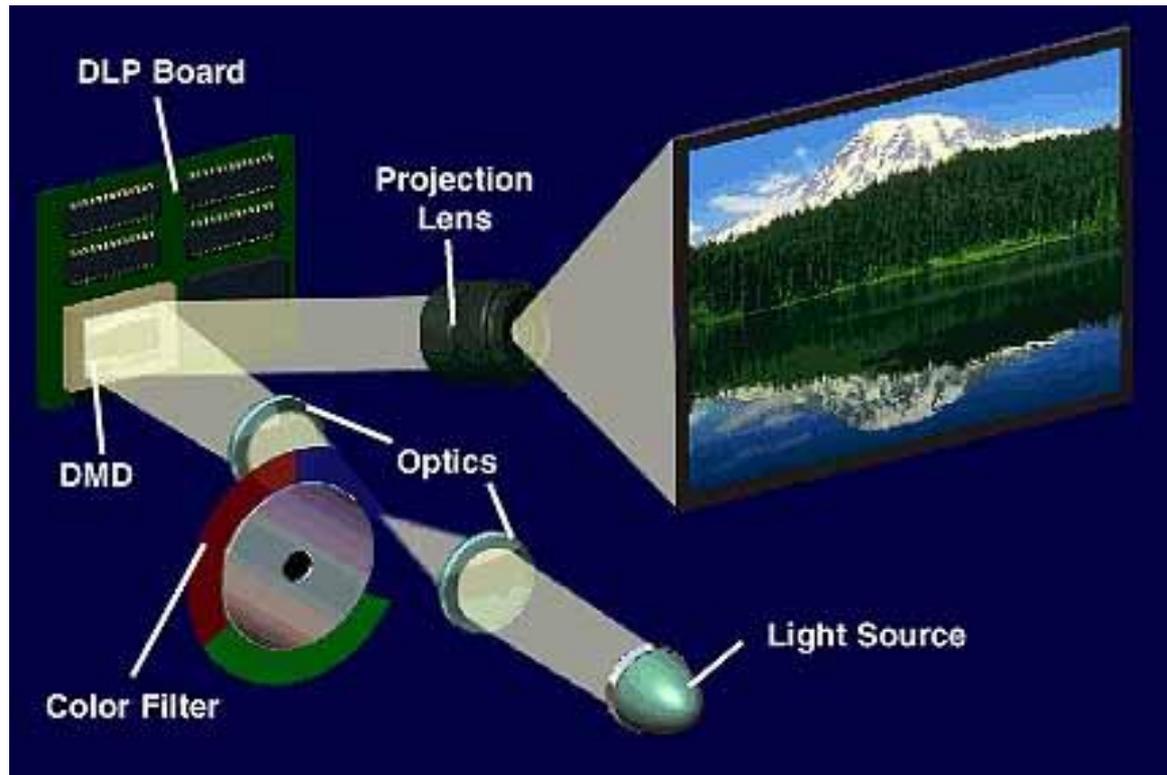


前景與商機-投影機

德州儀器的 DMD 晶片

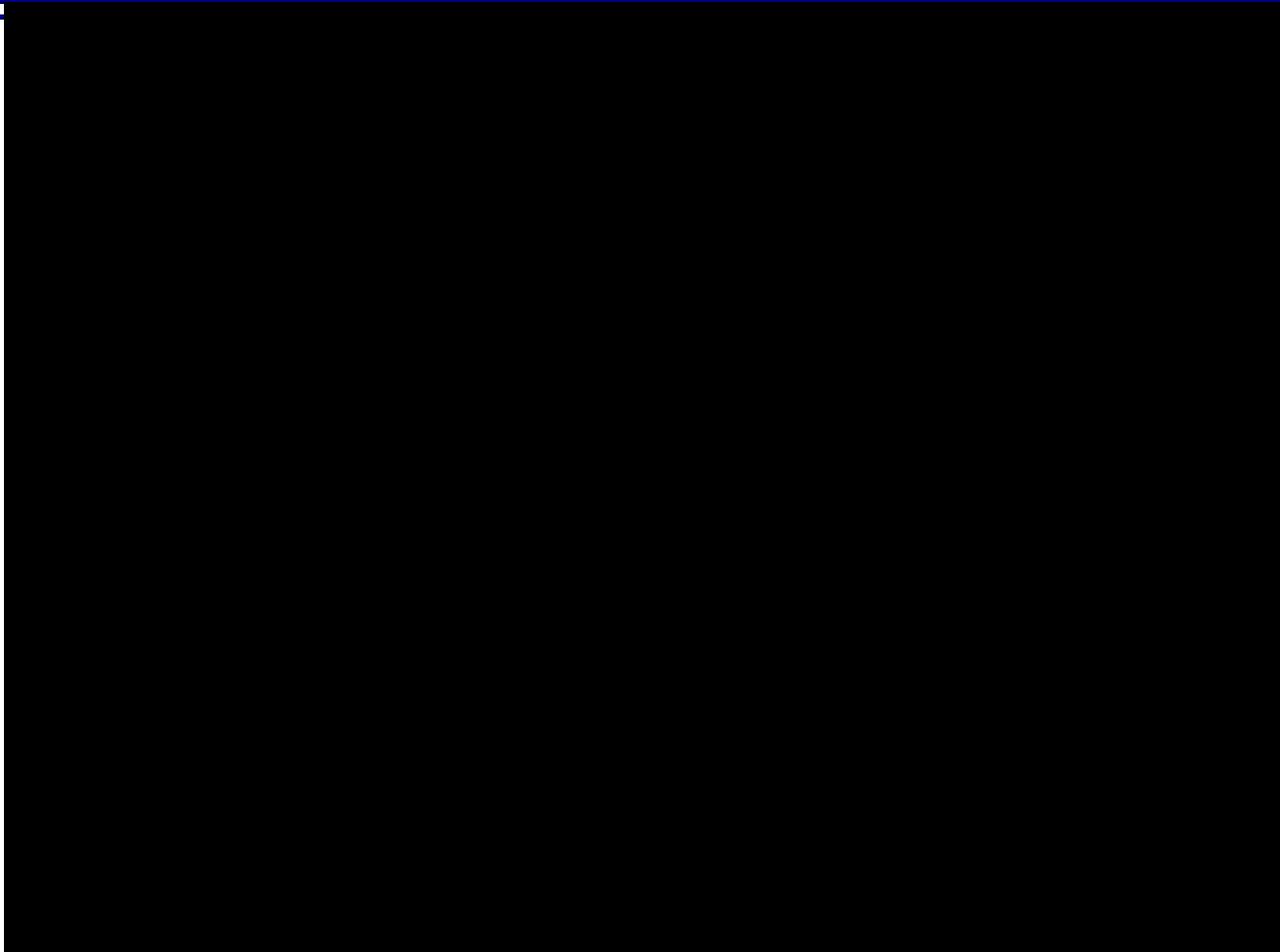


前景與商機-投影機



TI DLP™ PROJECTION SYSTEM 架構

前景與商機-微型投影機



2008 TI MOBILE DLP™ SYSTEM

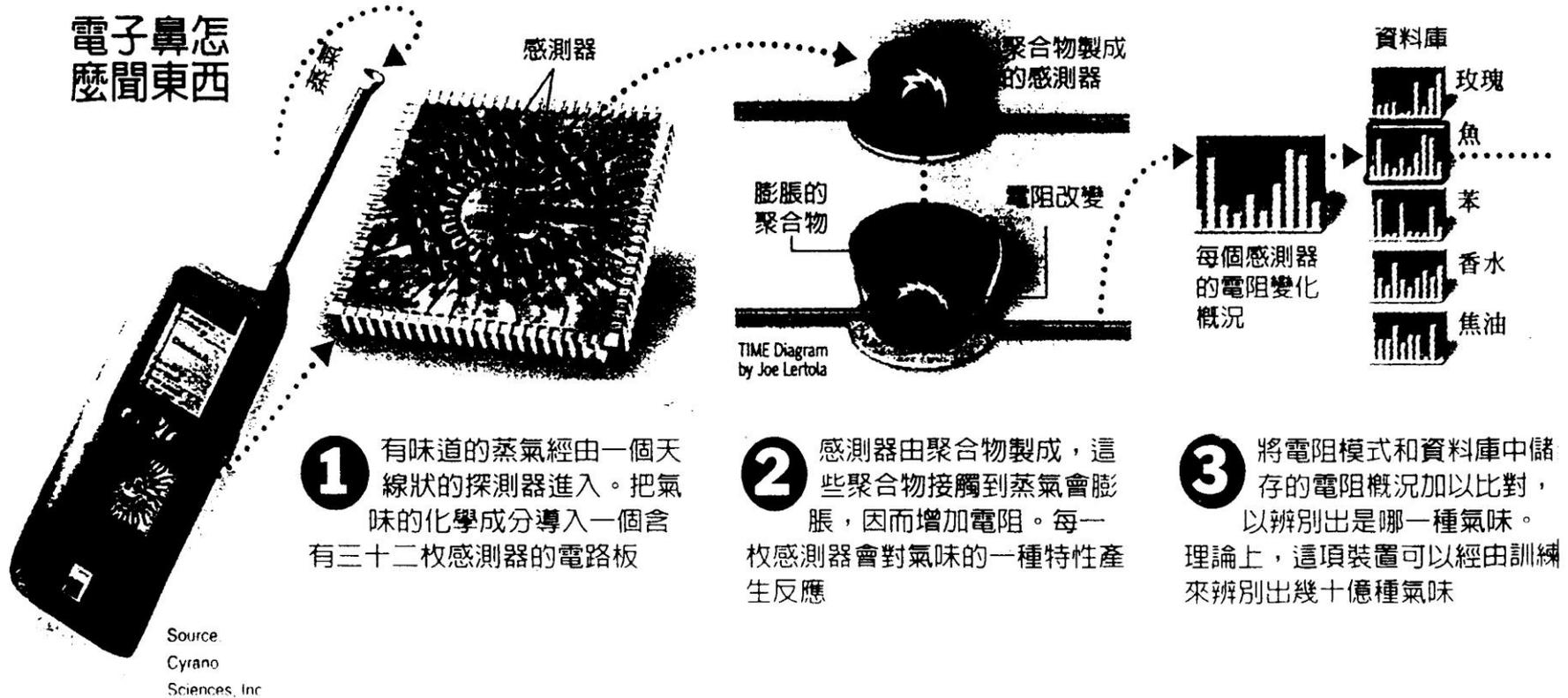
前景與商機-新興市場

**MEMS在
生物科技**



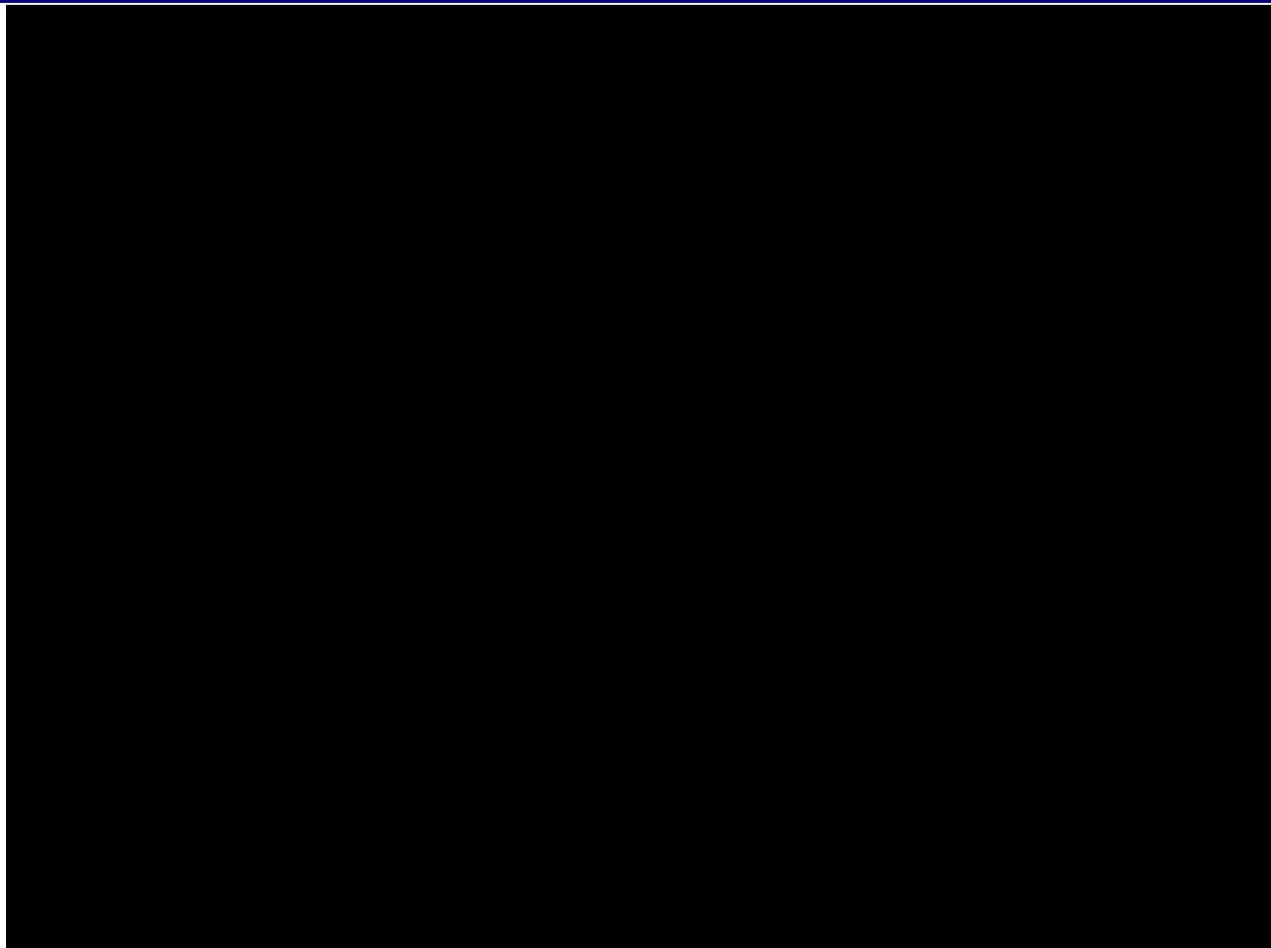
**生化處理
生化檢測
醫療**

前景與商機-Bio-MEMS



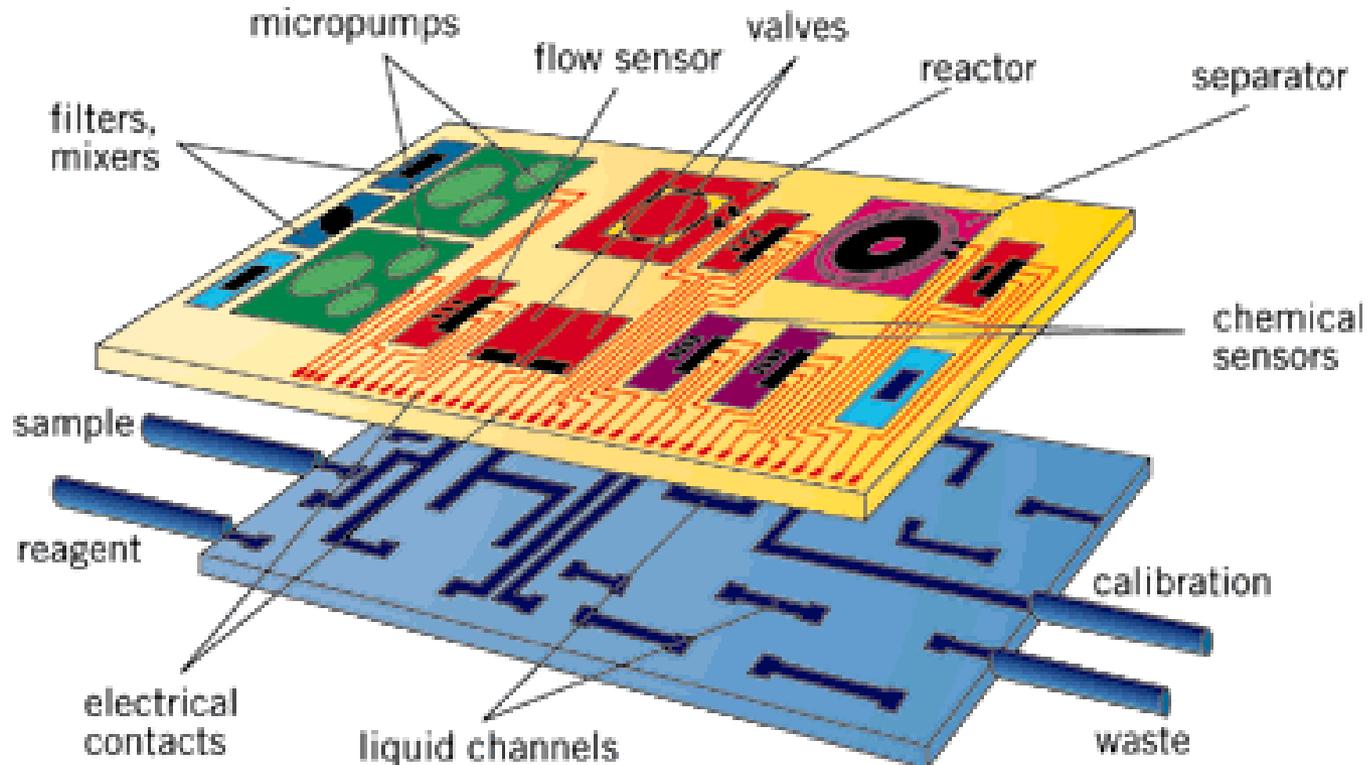
Cyrano Sciences, Inc. 電子鼻

前景與商機-Bio-MEMS



內視鏡膠囊

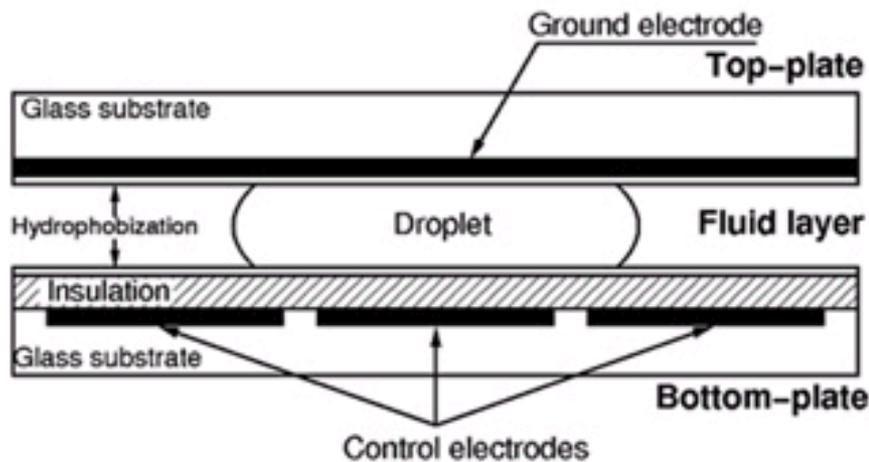
前景與商機-Bio-MEMS



Lab-on-a-chip

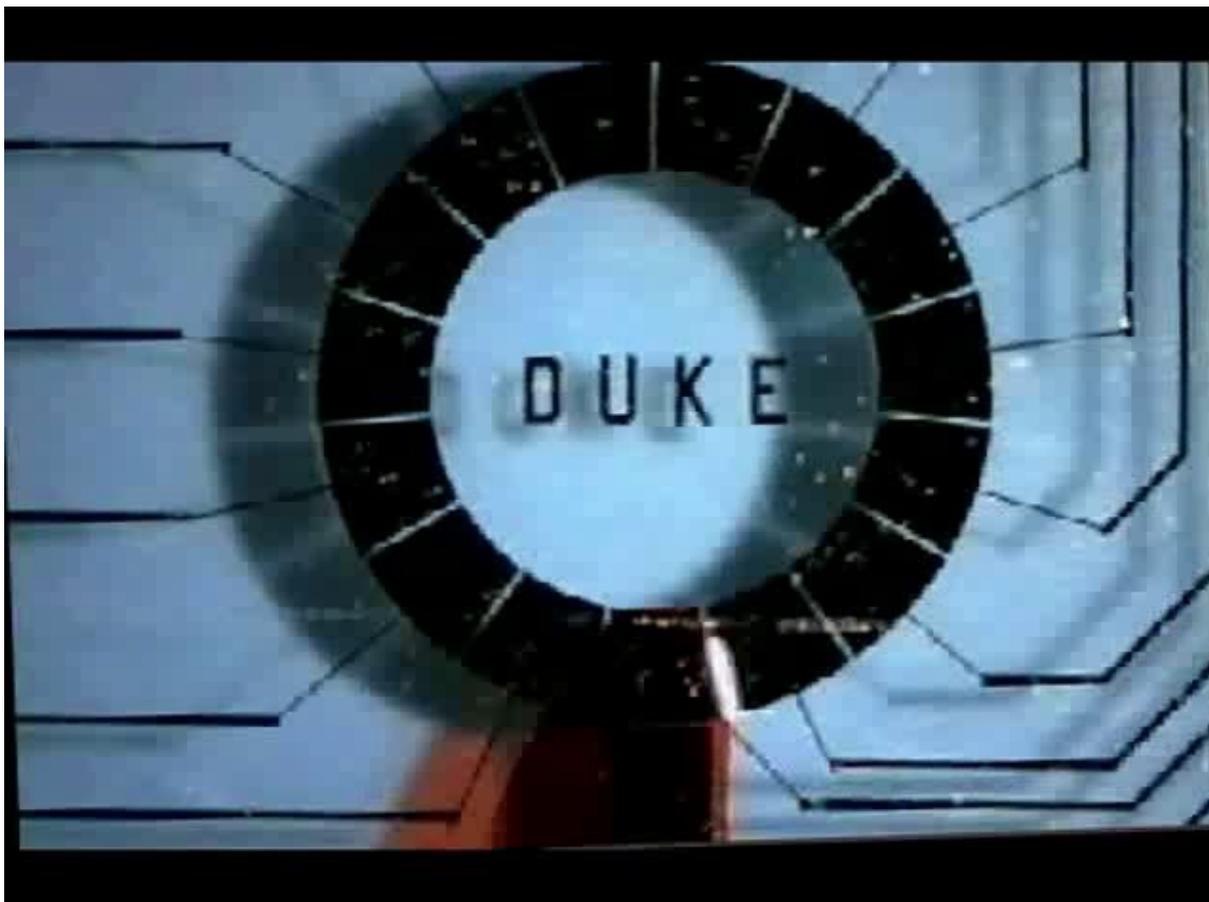
前景與商機-Micro Fluidic

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

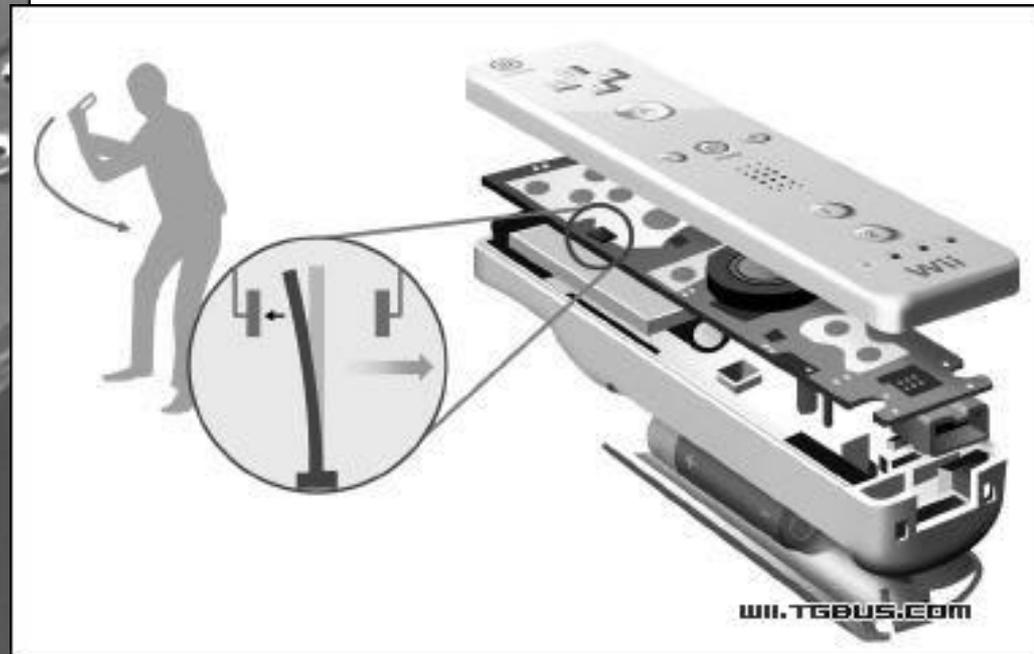
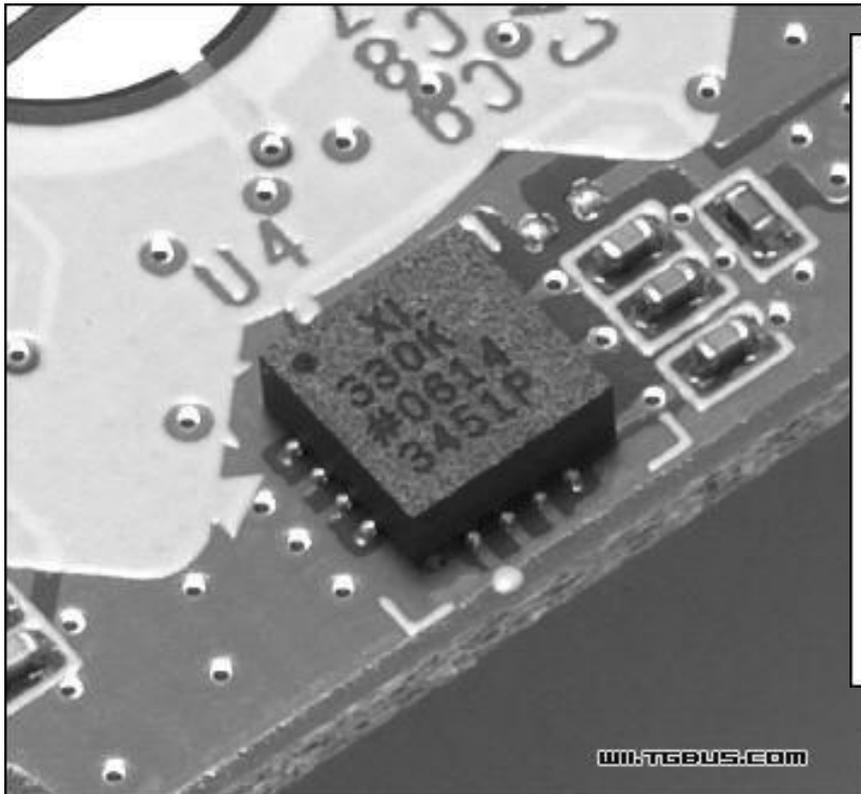
-低價

-與電路整合

新興消費性電子產品市場

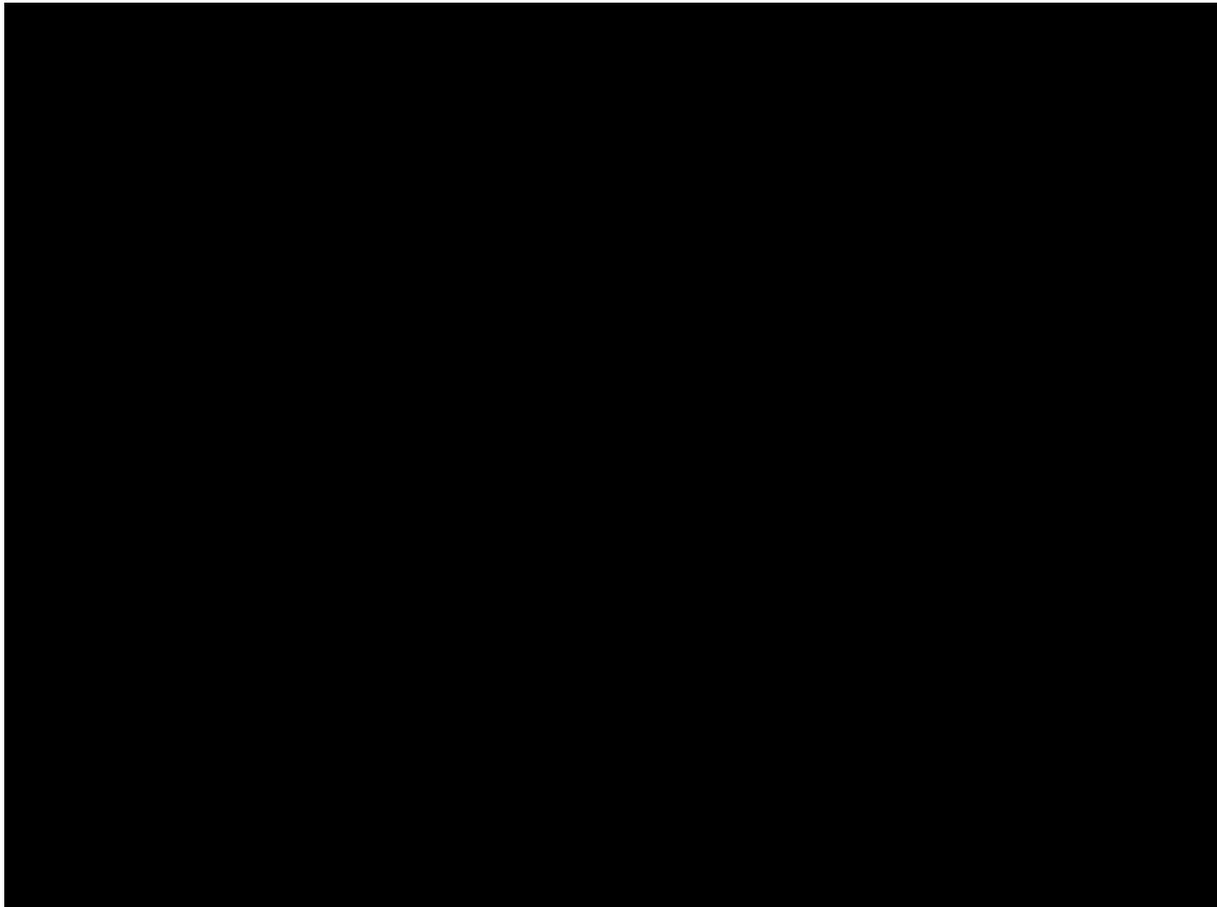
慣性感測器應用

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

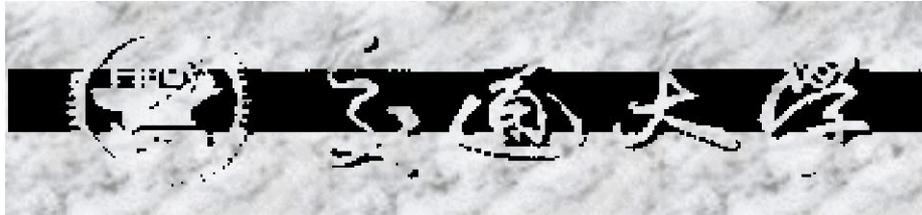
慣性感測器應用 - iPod Touch



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