

台灣高科技與廠房設施關鍵技術

獻給

5070精英網友

張陸滿

Luh-Maan Chang

國立臺灣大學土木工程系教授
美國普渡大學土木工程系名譽教授

3-21-2012

報告大綱

- 高科技定義
- 台灣高科技的目前狀況
- 奈米科技
- 廠房設施之關鍵技術
- 結論

報告大綱

- 高科技定義
- 台灣高科技的目前狀況
- 奈米科技
- 廠房設施之關鍵技術
- 結論



什麼是高科技?

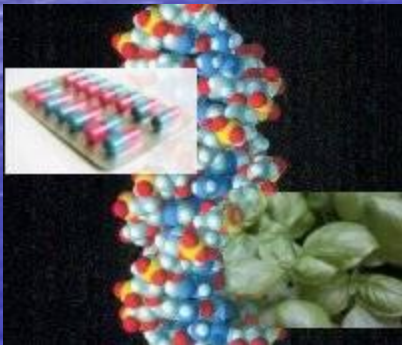
高科技之定義

- 國際經濟合作發展組織(OPEC)
- 將航太科技、藥品配製、電腦資訊、精密機械、通訊器材和科學儀器等定義為高技術產業。

Aerospace (航太科技)



藥品配製



<http://www.jitex.com/e/img/Biotechnology.jpg>



http://www.hightechfinland.com/2005/health_care/biotechnology/en_GB/fitbiotech/_files/1307540180006373/default/fitbiotech.jpg



http://www.rgp.ufl.edu/is/biotechnology/images/biotech_main.png

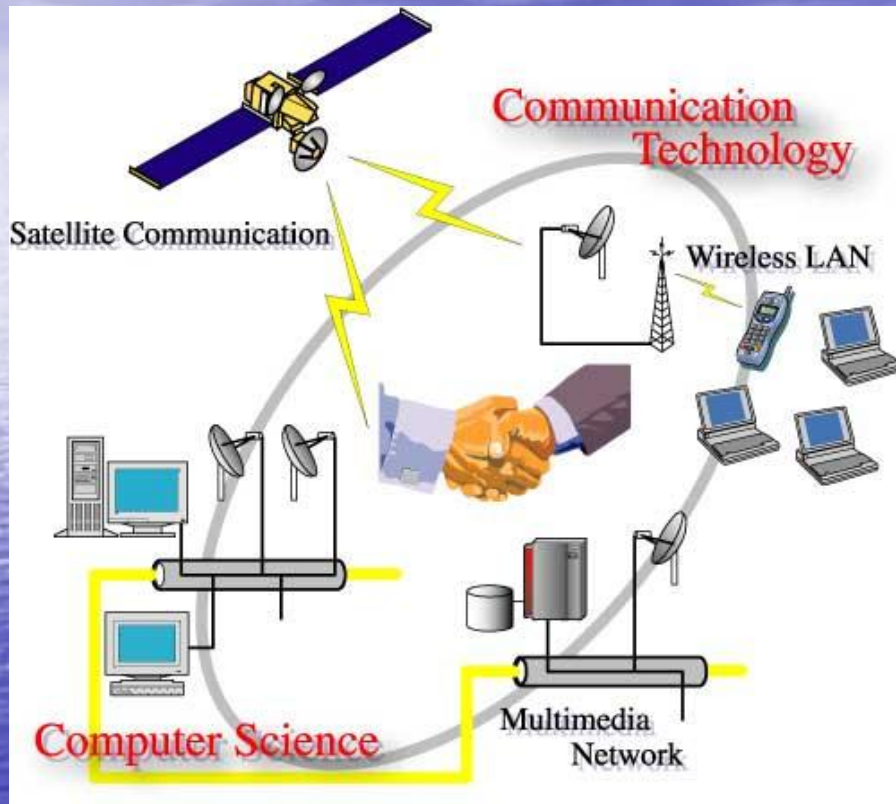
Precision Machinery (精密機械)

<http://www.allproducts.com/machine/hongji/>

CNC
ST-1500



通訊器材



<http://www-emlabo.csce.kyushu-u.ac.jp/tateiba/Open/research-e/fig/CandC.jpg>



<http://www.friends-partners.org/partners/mwade/graphics/y/yesss.jpg>

科學儀器



<http://www.ebara.co.jp/ir/library/annual/ar1999/images/p17-1.jpg>



<http://www.npr.org/templates/story/story.php?storyId=4497174>

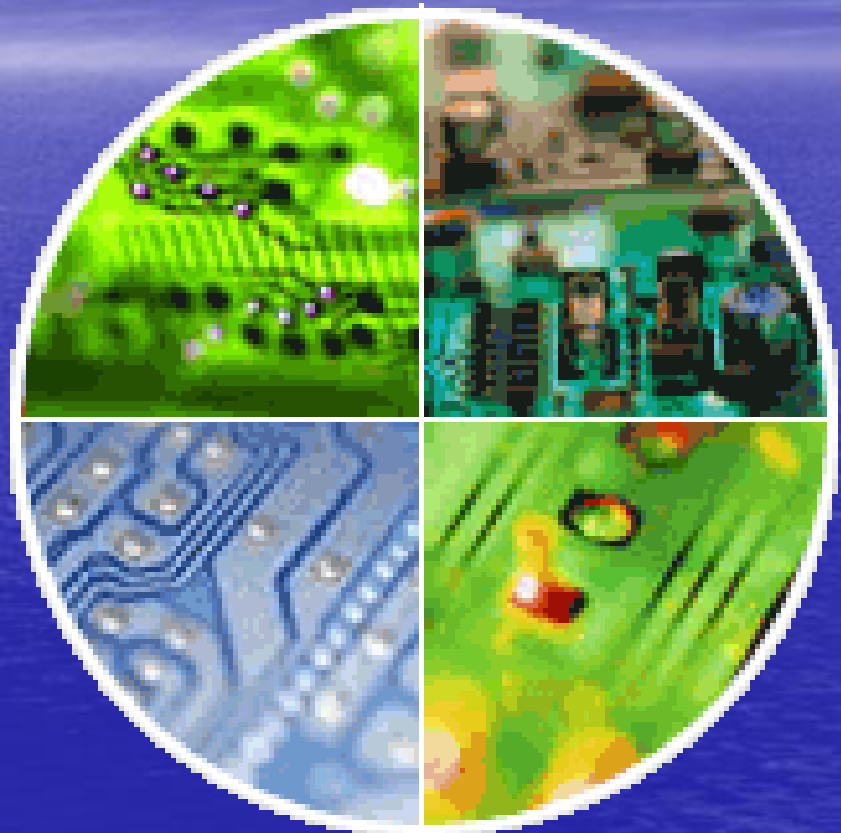
臺灣行政院經濟規劃委員會(CEPD)

- 高技術產業分為六個類別
- 積體電路、光電儀器、生物醫學、遠距通訊、精密機械、和電腦週邊設備。

積體電路 / 半導體



http://fr.wikipedia.org/wiki/Circuit_int%C3%A9gr%C3%A9



<http://demicom.com/img/circuits.gif>

報告大綱

- 高科技定義
- 台灣高科技的目前狀況
- 奈米科技
- 廠房設施之關鍵技術
- 結論

掌握亞洲ICT市場商機潛力

經建會綜計處 新聞稿 (100.1.20)

—台灣為全球ICT生產鏈的重要一環。2010年有多項ICT產品排名全球前3大(見表一)，其中晶圓代工、IC封裝、IC測試、Mask ROM 與 EPROM等產品更居世界第一。

2010 年台灣排名世界前三大之 ICT 產品(不含海外生產)

單位：百萬美元；%

+

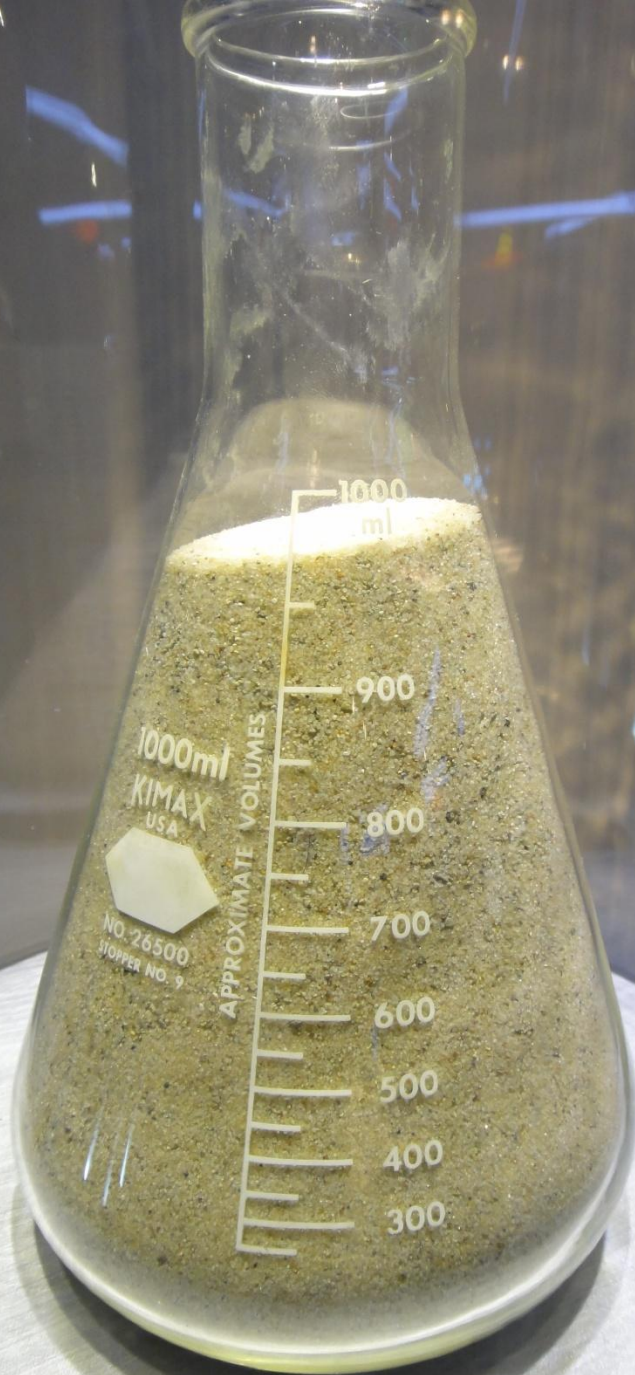
| 世界排名第一 | | | 世界排名第二 | | | 世界排名第三 | | |
|--------------------|--------|---------|-----------|--------|---------|--------|-------|---------|
| 項目 | 產值 | 全球市場佔有率 | 項目 | 產值 | 全球市場佔有率 | 項目 | 產值 | 全球市場佔有率 |
| 晶圓代工 | 17,083 | 69.33 | IC 設計 | 13,996 | 21.00 | 印刷電路板 | 6,900 | 13.00 |
| IC 封裝 | 7,873 | 44.68 | DRAM | 7,591 | 18.80 | | | |
| IC 測試 | 3,288 | 67.16 | NOR Flash | 903 | 18.00 | | | |
| Mask ROM and EPROM | 281 | 50.10 | | | | | | |

資料來源：2011 年 1 月，經濟部工業局預估彙整。

台灣2009年資通訊產業現況

資通訊硬體製造(世界排名第一)

| 項次 | 項 目 | 全球市占率 | 數量 | 美元 |
|----|---------------|--------|-----------|------------|
| 1 | 筆記型電腦 | 94.80% | 119,476千台 | 57,796(百萬) |
| 2 | LCD 液晶顯示器 | 71.80% | 111,209千台 | 15,187(百萬) |
| 3 | 桌上型電腦 | 38.90% | 6,067千台 | |
| 4 | 迷你筆記型電腦 | 90.70% | 24,951 千台 | 5,401(百萬) |
| 5 | 可攜式導航裝置 | 65.90% | 27,725 千台 | 4,229(百萬) |
| 6 | 晶圓代工 | | | |
| 7 | 主機板 | | | |
| 8 | IC 封裝 | | | |
| 9 | 伺服器 | | | |
| 10 | 無線區域網路設備 | | | |
| 11 | 空白光碟片 | | | |
| 12 | 非對稱式用戶迴路數據機 | | | |
| 13 | 電子級玻璃纖維布 | | | |
| 14 | 電纜線數據機 | | | |
| 15 | 光罩式唯讀記憶體 | | | |
| 16 | 乾膜光阻 | | | |
| 17 | 映像管 (CRT) 顯示器 | | | |



1000ml
KIMAX
USA
No. 26500
STOPPER NO. 9

APPROXIMATE VOLUMES

1000
ml

900

800

700

600

500

400

300

矽

這些不起眼的砂石，
可以提煉出半導體元素 - 矽。

地表的砂石很多，因此『矽』
成了最容易取得的半導體元素。

點石成金的過程

點砂成金浮空投影

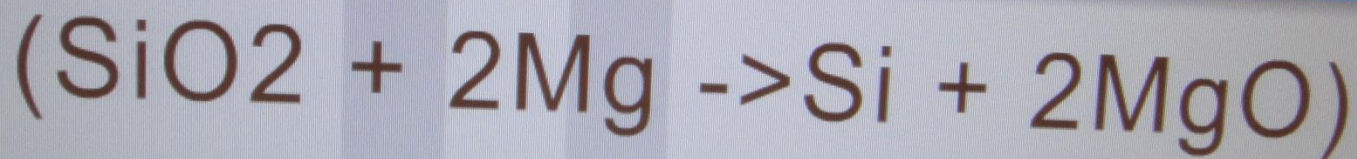
提煉相當於一片12吋的晶圓(約50克)，
只需要107克的砂子。

如果把這一片晶圓拿來製造CPU晶片，
總價值將超過200萬台幣。

點石成金的過程

答案 A3

Q:人家說點砂成金，你知道一公斤乾淨的砂砂可以提煉出多少純砂嗎？



約 **467** 克

下一題

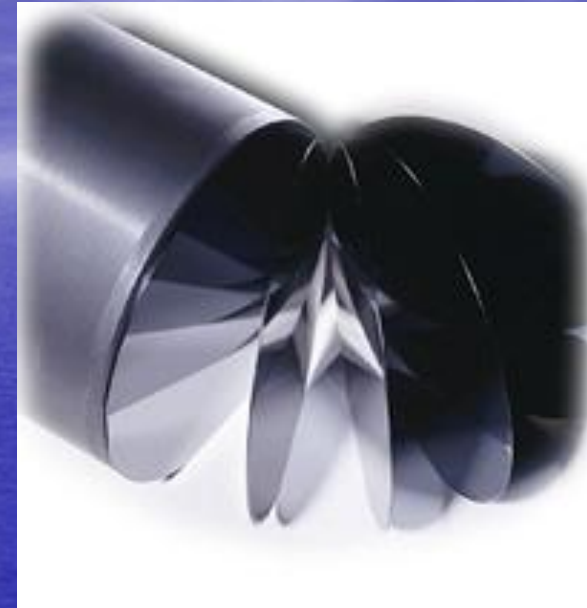
 回主選單



矽塊、矽晶柱

矽石經過兩種不同的精煉手續之後，
可以做出純度高達
99.99999999%的矽晶柱。

點石成金的過程



- Saw
- Grind/Lap
- Etch
- Polish
- Clean

未處理之 空白晶圓

整條矽晶柱可以切成839片，

厚度只有0.775mm的晶圓。

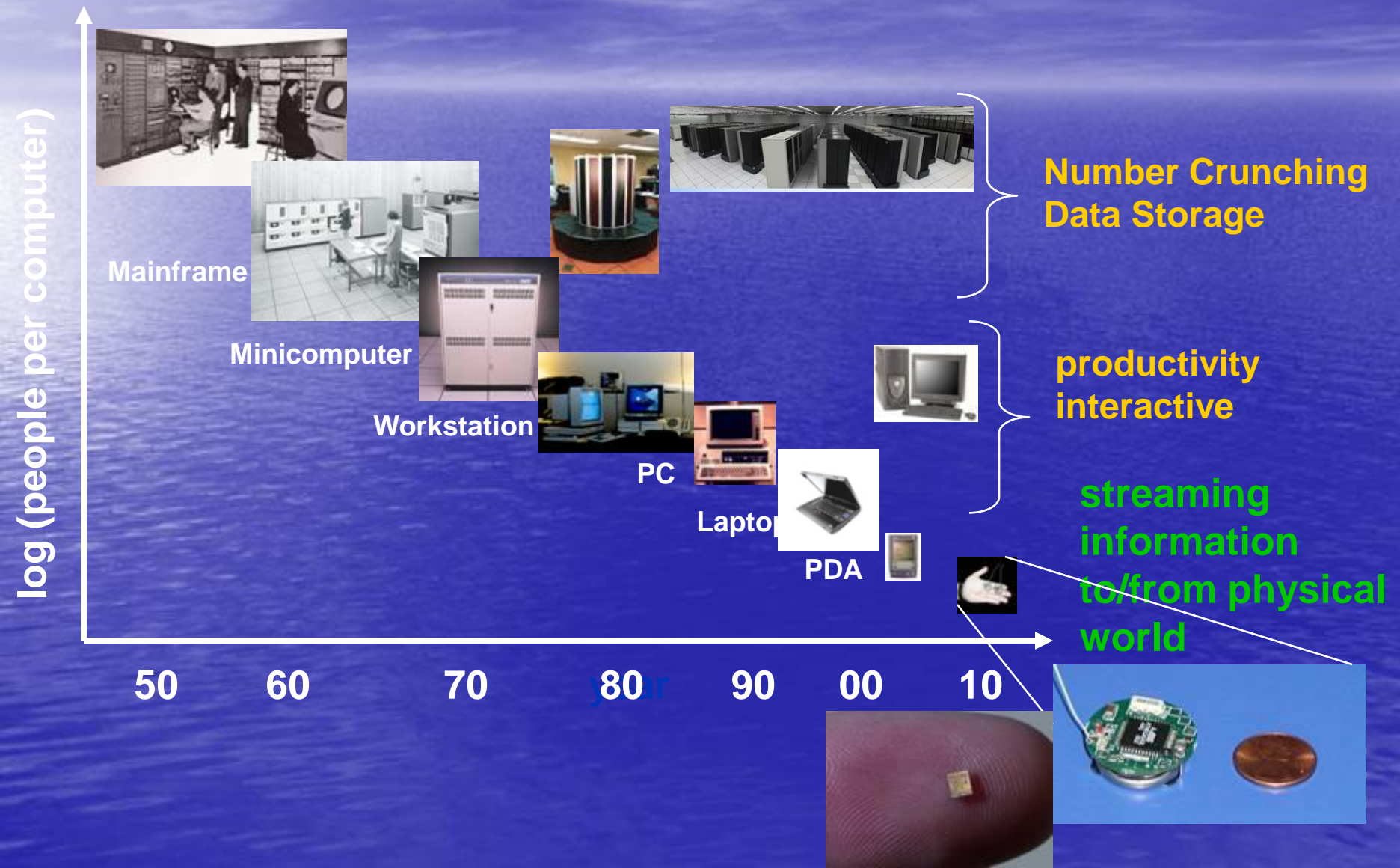
這些晶圓可以進晶圓廠製造IC晶片了。

半導體製程技術之趨勢

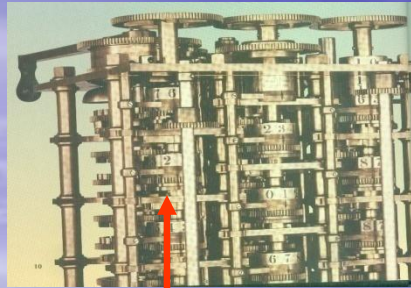
根據 ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors), 全球半導體產業將於2012進入35奈米 (DRAM ½ Pitch), 14奈米 (Gate Length), 及18吋晶圓 (Wafer) 之製程技術, 廠房興建於九個月內完成。

| <i>Year of Production</i> | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
|---|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| <i>DRAM 1/2 Pitch (nm)</i> | 65 | 57 | 50 | 45 | 40 | 35 | 32 |
| <i>MPU Physical Gate Length (nm)</i> | 25 | 23 | 20 | 18 | 16 | 14 | 13 |
| <i>Wafer Diameter (mm) (inches)</i> | 300 (12) | 300 (12) | 300 (12) | 300 (12) | 300 (12) | 450 (18) | 450 (18) |
| <i>Factory construction time from groundbreaking to first tool move-in (months)</i> | 12 | 11 | 11 | 10 | 10 | 9 | 9 |

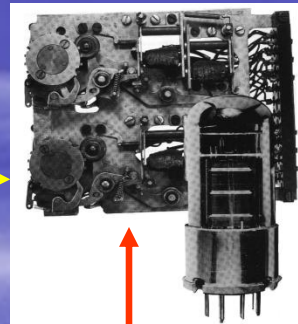
愈來愈小



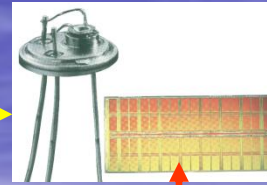
Scaling of devices



Key features specified to 1mm

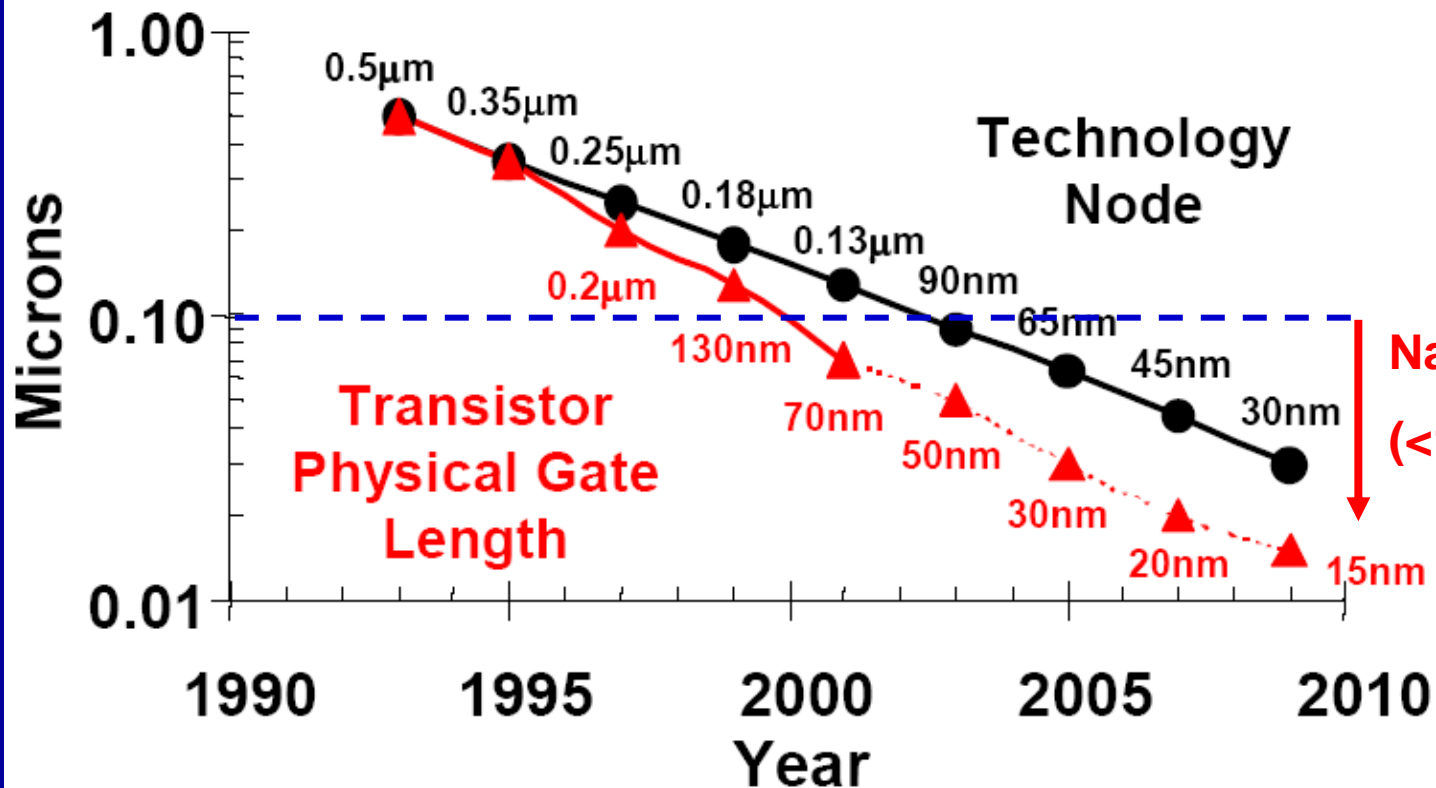


~10 μm



≈100 nm

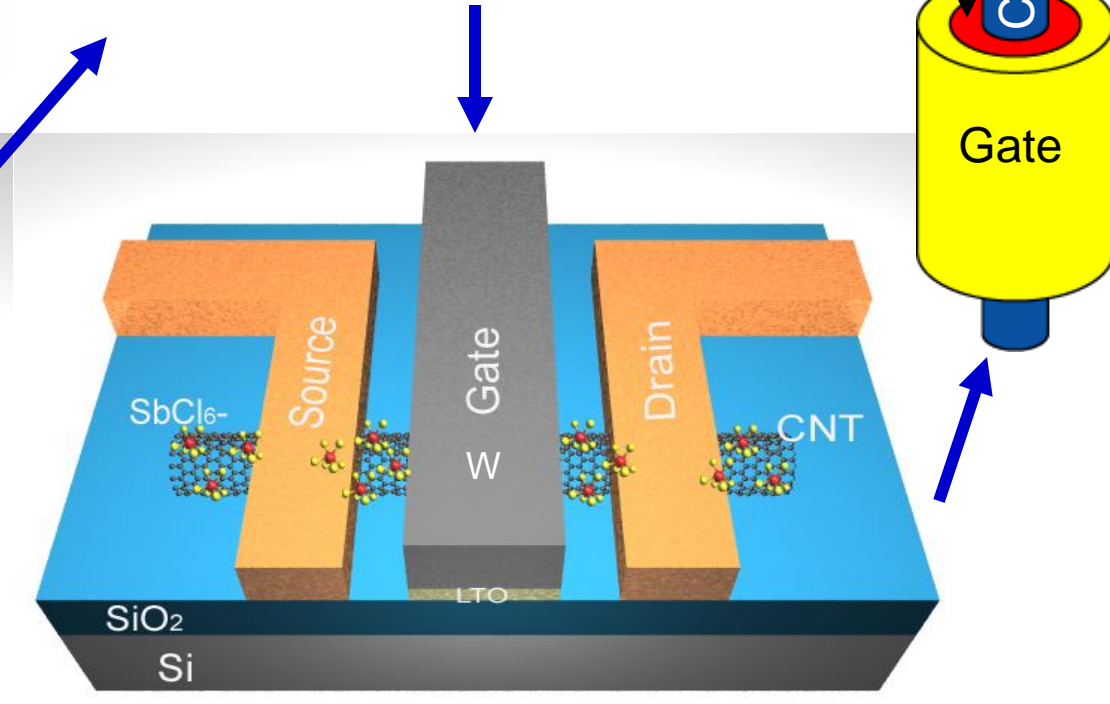
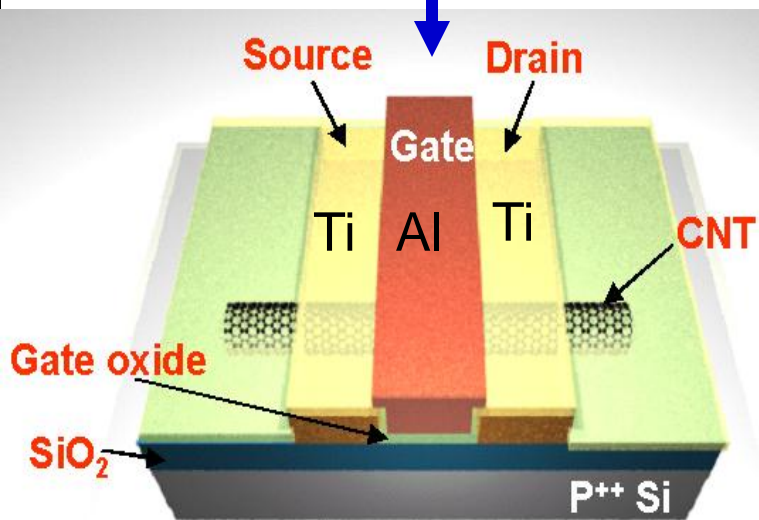
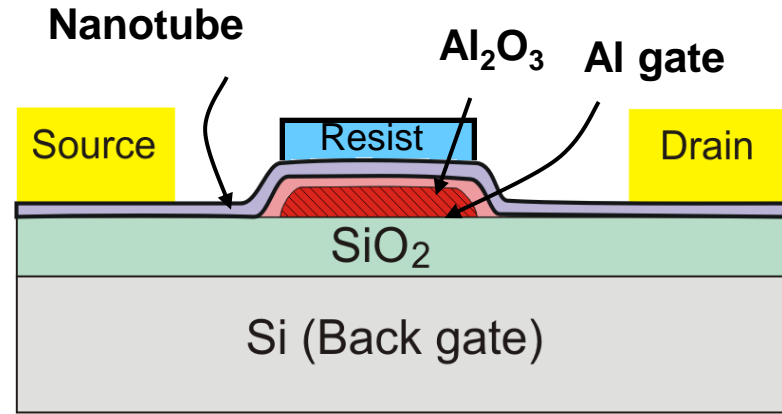
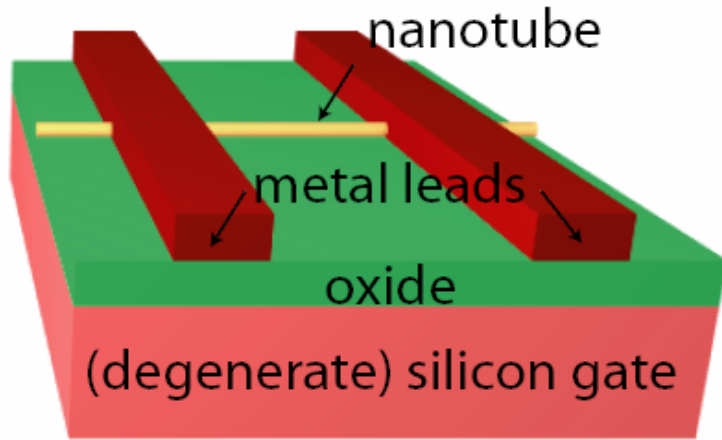
Nanotech



Si

Carbon nanotube field-effect transistors (CNTFET)

nanotube FET



內含32億顆電晶體的繪圖晶片，
使用TSMC 40奈米製程製作。



本晶片由NVIDIA公司提供。

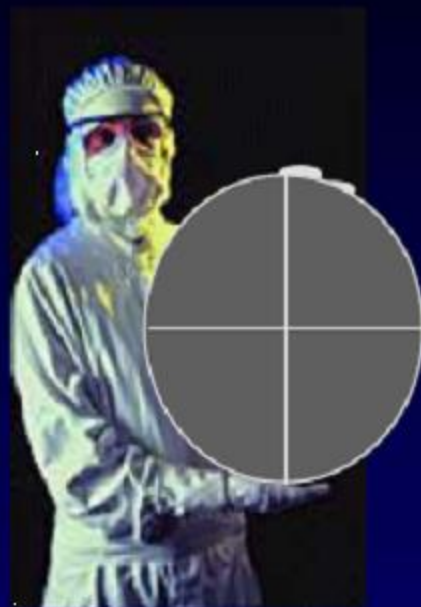
晶圓愈來愈大



200mm/1990



300mm/2001



450mm/18??

Why?
How?

半導體晶圓投資金額

| | 技術進入障礙 | 資金進入障礙 | 廠商家數 |
|------------|--------------|-----------------------------|------|
| 150mm(6吋) | >0.5um | 5億美金 (175億台幣) | 113 |
| 200mm(8吋) | 0.5um~0.13um | 12億美金 (420億台幣) | 76 |
| 300mm(12吋) | 0.13um~22nm | 25億美金 (875億台幣) | 27 |
| 400mm(18吋) | 22nm導入 | 80~100億美金 (2800~3500億台幣) | <10 |

資料來源:工研院 IEK(2008/02)

附註:1元美金=35元台幣計

廠房設施之興建是愈來愈快



2002 08 08

投資金額

1,000~3,000 仟億

興建時間

9~11月完成

愈來愈重要

12吋晶圓年產一百二十萬片

若都完成,台灣將處於領先地位

| 公司別 | 台積電 | 聯電 | 世界先進 | 力晶 | 瑞晶 | 華亞 | 南亞 | 茂德 | 華邦 | 小計 | 合計 |
|-----|---------|----|------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 已量產 | Foundry | 5 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 19 |
| | Memory | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 | 3 | 1 | |
| 建置中 | Foundry | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 |
| | Memory | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | |
| 規劃中 | Foundry | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 16 |
| | Memory | 0 | 0 | 0 | 4 | 2 | 2 | 1 | 4 | 0 | |

Source: 經濟部工業局 (2008); <http://www.moeaidb.gov.tw/>

報告大綱

- 高科技定義
- 台灣高科技的目前狀況
- 奈米科技
- 廠房設施之關鍵技術
- 結論

什麼是奈米？

什麼是奈米科技？

Nano (奈米)

10^{-9}

International Symposium

Nano-Science of Advanced Metal Complexes

塵

March 22-24, 2003
 Okazaki Conference Center
 Institute for Molecular Science

| | SI system | | SI system |
|-----------|-----------|------------|-----------|
| 10^{68} | 無量大數 | 10^{-1} | 分 |
| 10^{64} | 不可思議 | 10^{-2} | 厘 |
| 10^{60} | 那由他 | 10^{-3} | 毫 |
| 10^{56} | 阿僧祇 | 10^{-4} | 微 |
| 10^{52} | 恒河沙 | 10^{-5} | 納 |
| 10^{48} | 極 | 10^{-6} | 微 |
| 10^{44} | 載 | 10^{-7} | 纖 |
| 10^{40} | 正 | 10^{-8} | 沙 |
| 10^{36} | 澗 | 10^{-9} | 塵 |
| 10^{32} | 溝 | 10^{-10} | 埃 |
| 10^{28} | 穰 | 10^{-11} | 渺 |
| 10^{24} | 杼 | 10^{-12} | 漠 |
| 10^{20} | 垓 | 10^{-13} | 模 |
| 10^{18} | | 10^{-14} | 糊 |
| 10^{16} | 京 | 10^{-15} | 遠 |
| 10^{15} | | 10^{-16} | 須 |
| 10^{12} | 兆 | 10^{-17} | 臾 |
| 10^9 | | 10^{-18} | 瞬 |
| 10^8 | 億 | 10^{-19} | 息 |
| 10^6 | | 10^{-20} | 彈 |
| 10^4 | 万 | 10^{-21} | 指 |
| 10^3 | 千 | | 剎 |
| 10^2 | 百 | | 那 |
| 10^1 | 十 | | 六 |
| 10^0 | 壹 | | 德 |
| | | | 虛 |
| | | | 空 |
| | | | 清 |
| | | | 淨 |
| | | | 零 |

何謂『奈米科技』？

- 「奈米科技」乃指製造奈米 (10^{-9} m) 尺度的功能材料、元件、或系統，並研究其特殊物理、化學、生物方面的特性與應用。
- 費因曼 (R. Feynman) 曾預言：
「在極小 (奈米) 的領域裡有極大 (發揮) 的空間 (1959)」
- STM(穿隧掃描顯微鏡)、AFM(原子力顯微鏡)、與各種電子顯微鏡隨著年代的發展，提供奈米科技所需的「眼睛」與「手指」。



原子直徑：
0.2奈米



DNA直徑：
2.5奈米



生物細胞：
1千奈米



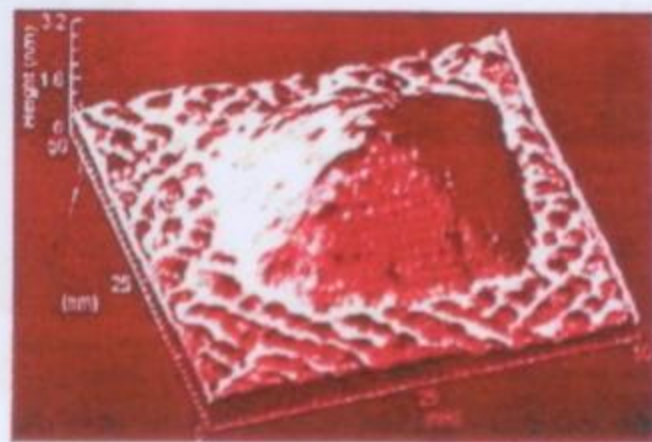
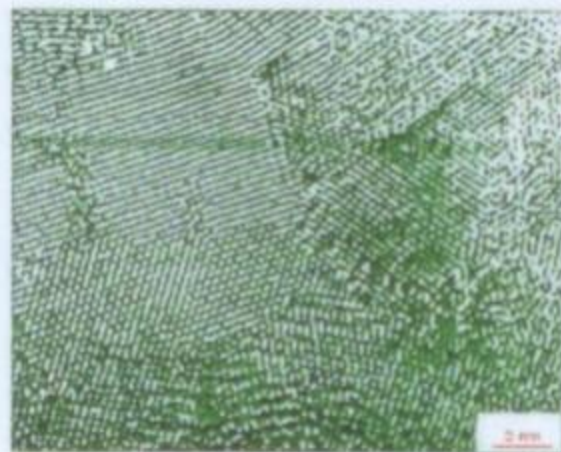
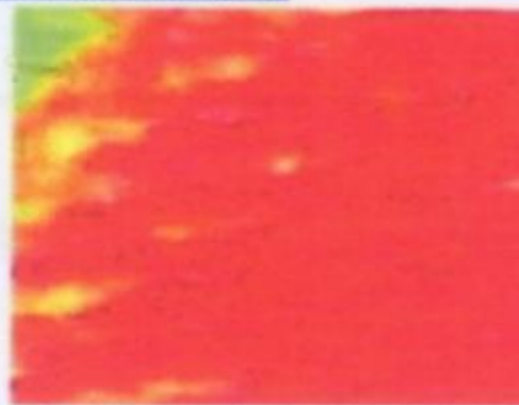
針孔痕：
1百萬奈米



身高：
18億奈米

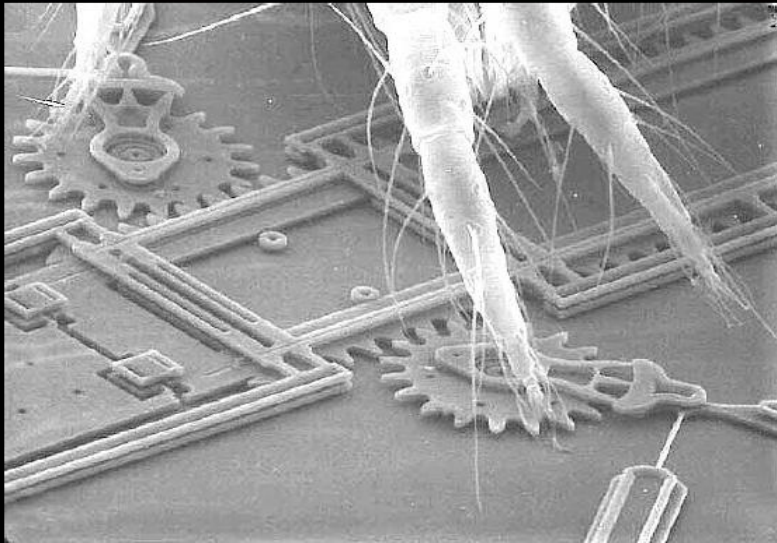
為何『奈米科技』？

- 「奈米尺度」的現象非巨觀所能預測。
- 除了體積縮小之外，新現象產生包括：
 - 表面介面效應
 - 侷限效應(Size confinement)：奈米空間
 - 量子效應：微觀世界運動法則
- 奈米科技將引導人類進入前所未有對基礎物質的了解與控制，它將導致從病毒、電腦、到汽車、新物體設計製造上的革命。





*The semiconductor fab has become a
Silicon Machine Shop, building gears ...*



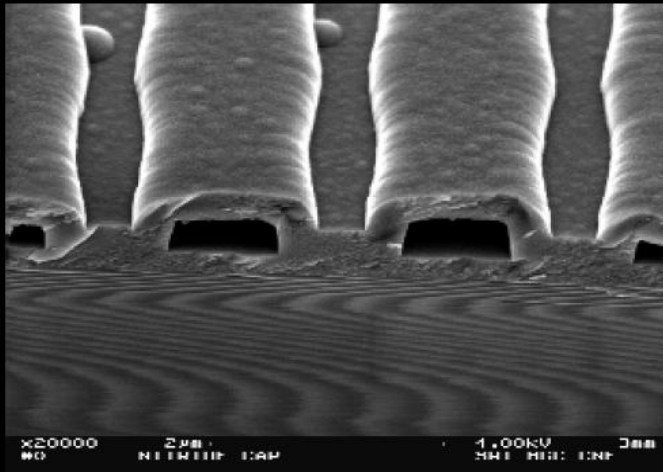
This structure shows a micromechanical “motor” with gears, springs, ... and a dust mite.

The techniques developed for the microelectronic industry have been exploited toward making new structures

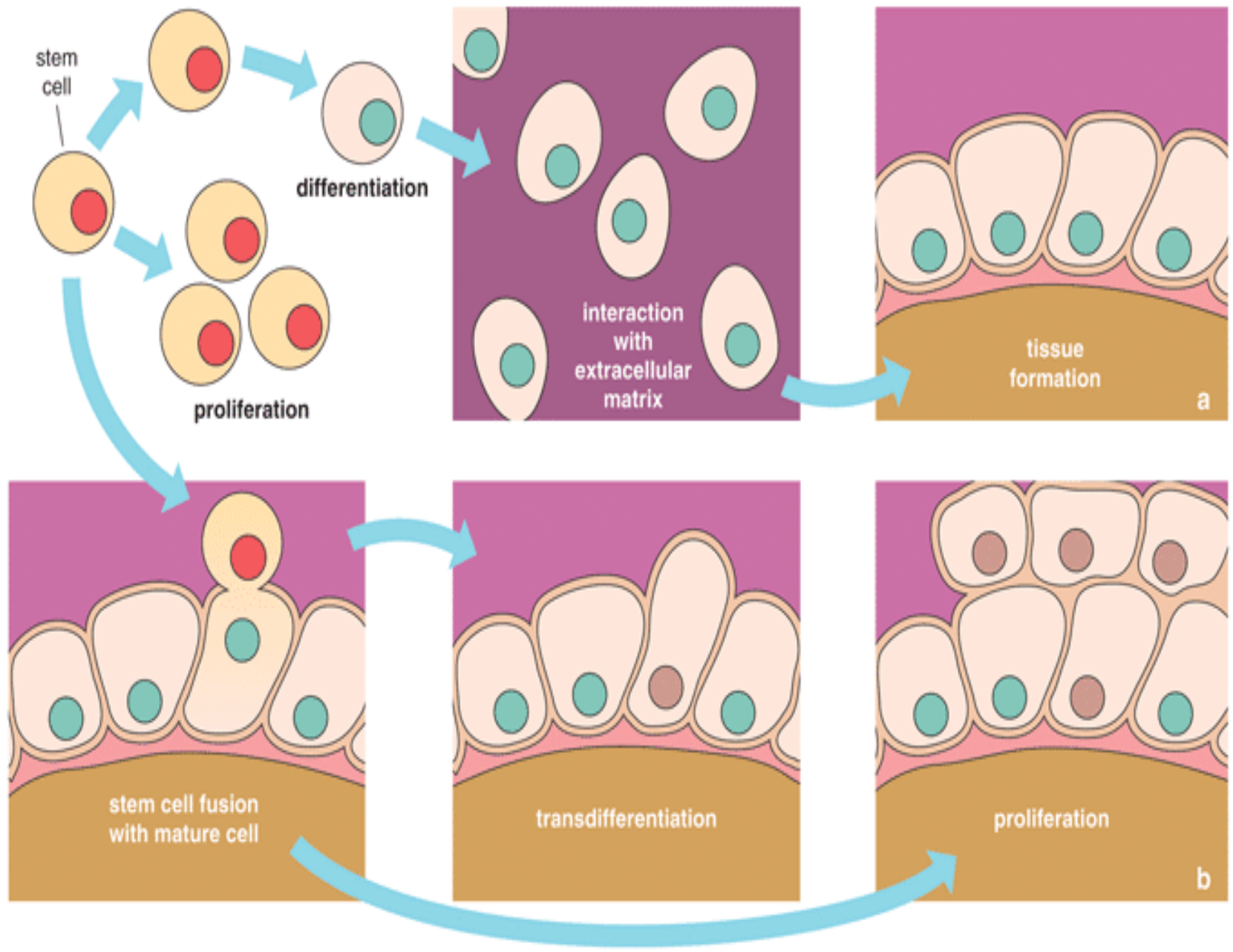
<http://mems.sandia.gov>



...and microplumbing...



Small tubes can convey pico-liters of liquid past sensors, to reaction chambers, to structures that duplicate the functions of the kidney...



Barbara Aulicino

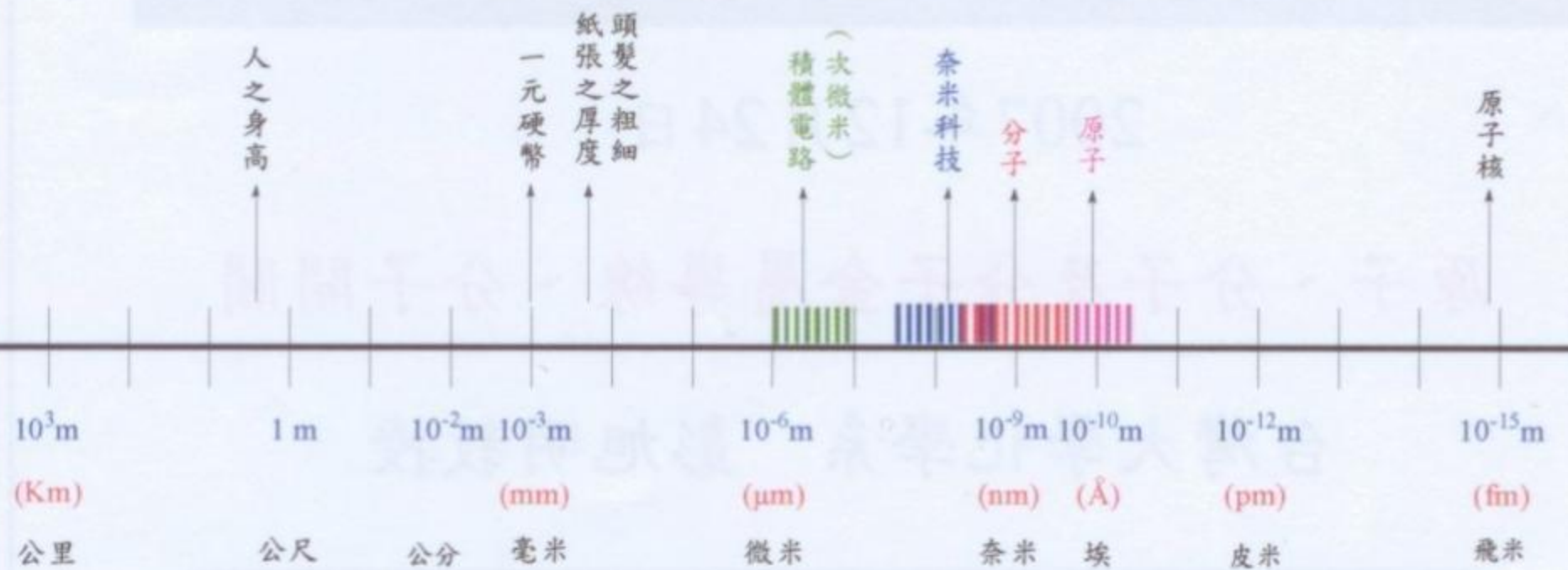
Animal Cloning

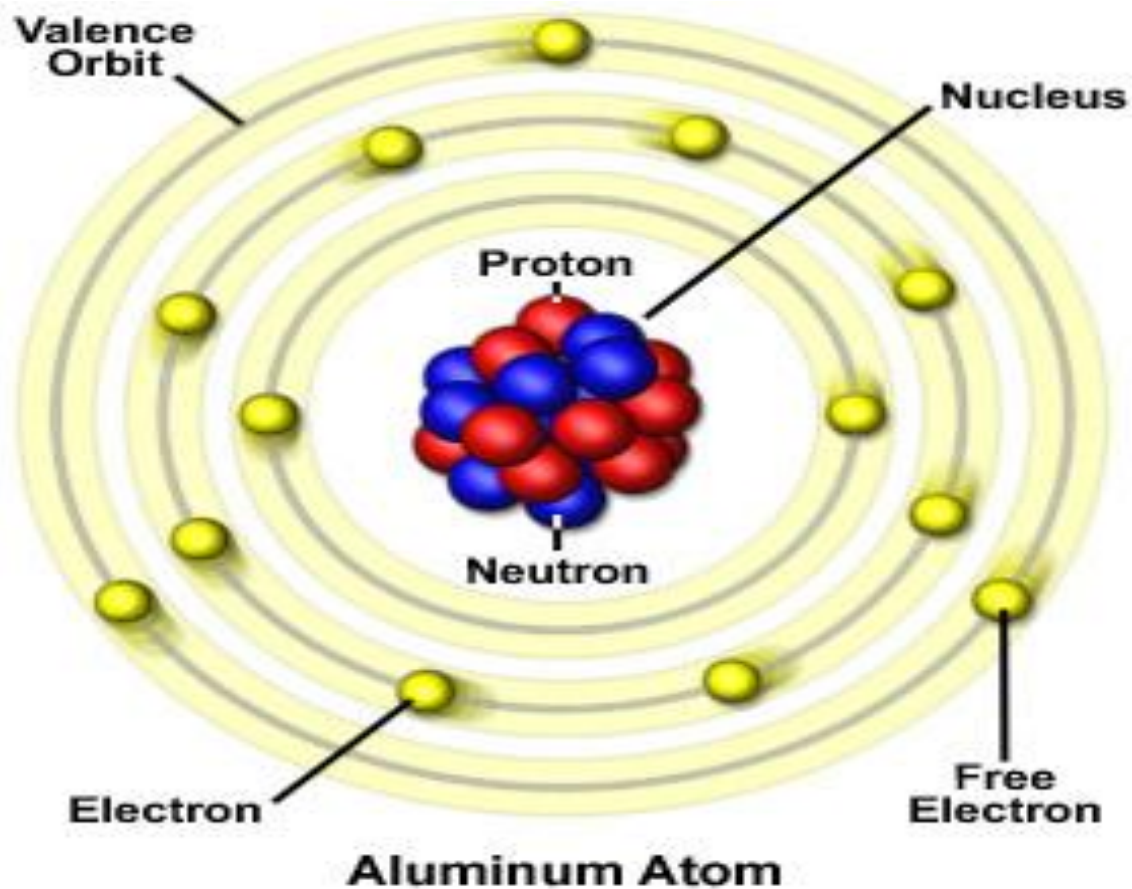
Source: Advanced Cell Research



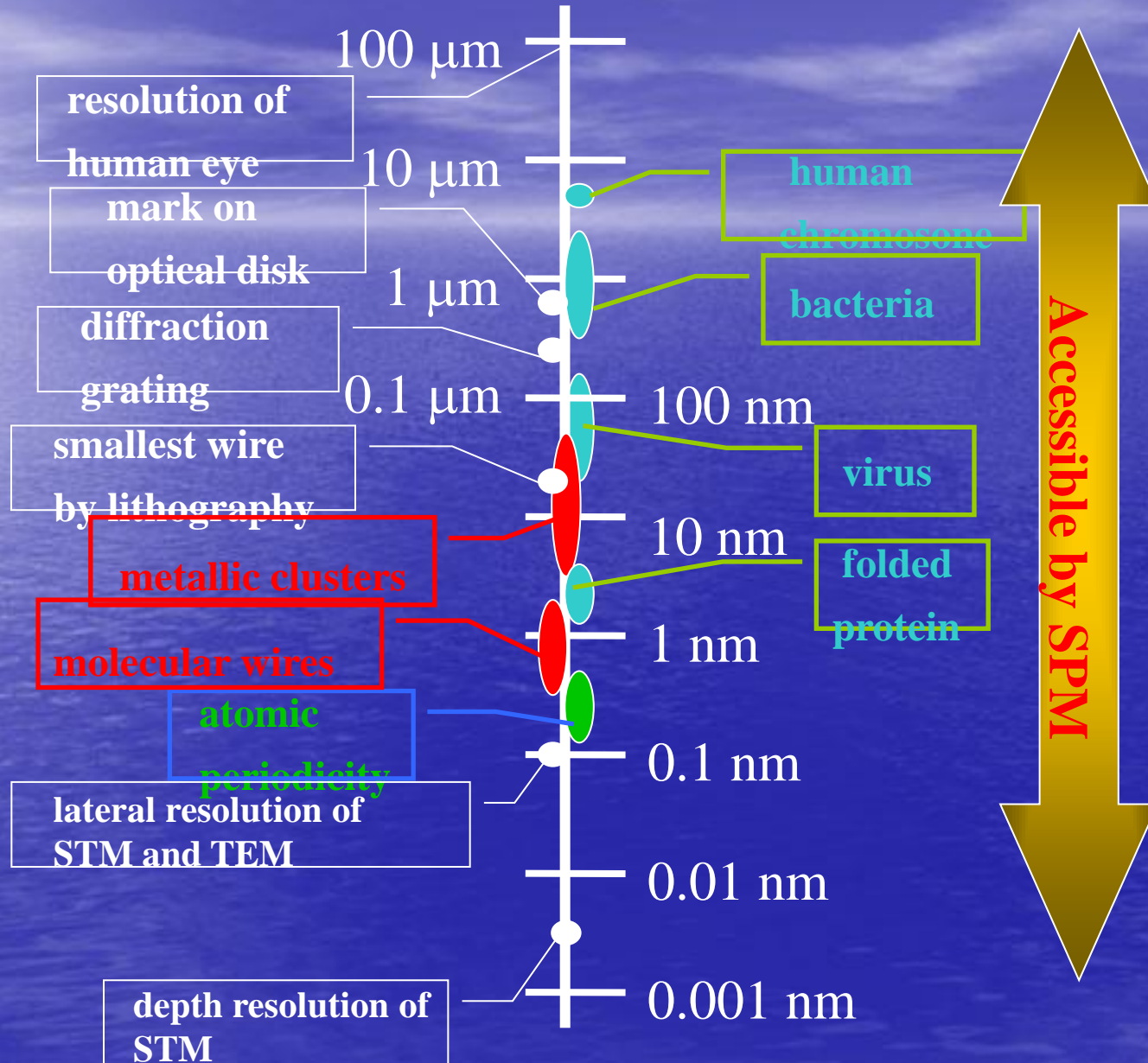
報告大綱

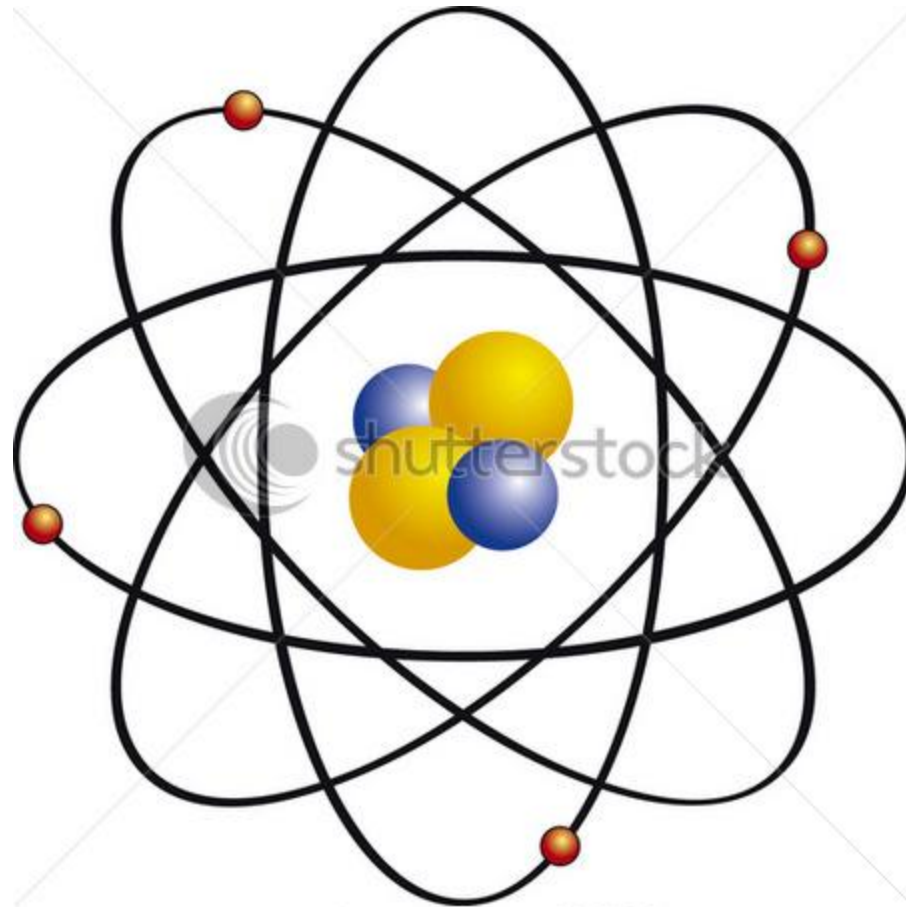
- 高科技定義
- 台灣高科技的目前狀況
- 奈米科技
- 廠房設施之關鍵技術
- 結論





Vibration Impact on SPM





www.shutterstock.com · 8082424

Transmission Electron Microscopes



掃描隧道顯微鏡

- 掃描隧道顯微鏡（**scanning tunneling microscope**，縮寫為**STM**），亦稱為掃描穿隧式顯微鏡，是一種利用量子理論中的隧道效應探測物質表面結構的儀器。它于1981年由格爾德·賓寧及海因里希·羅雷爾在IBM位於瑞士蘇黎世的蘇黎世實驗室發明，兩位發明者因此與恩斯特·魯斯卡分享了1986年諾貝爾物理學獎。
- 它作為一種掃描探針顯微術工具，掃描隧道顯微鏡可以讓科學家觀察和定位單個原子，它具有比它的同類原子力顯微鏡更加高的解析度。此外掃描隧道顯微鏡在低溫下（4K）可以利用探針尖端精確操縱原子，因此它在奈米科技既是重要的測量工具又是加工工具。

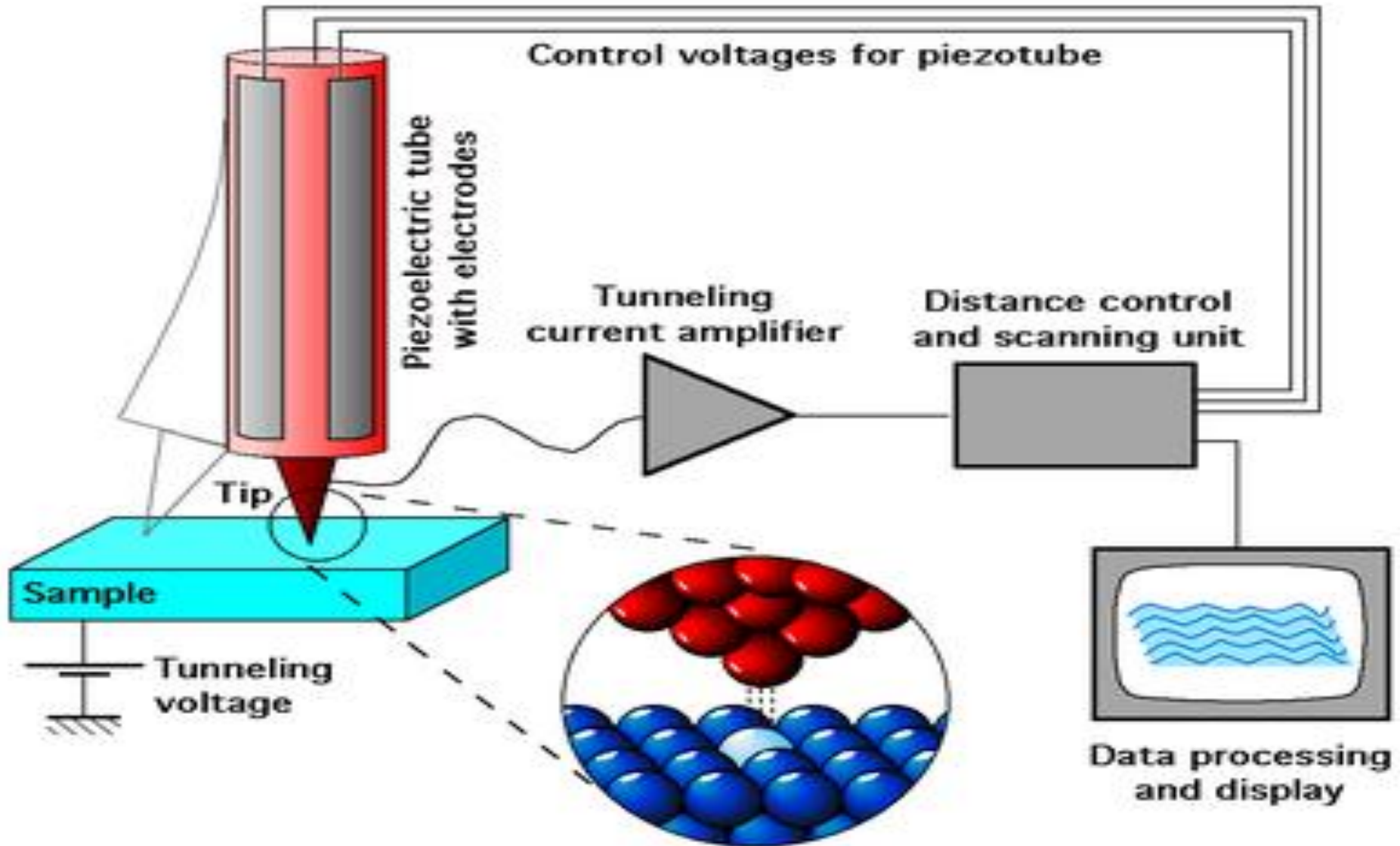
掃描隧道顯微鏡 (STM)

www.dansdata.com/images/io009/stm500.jpg



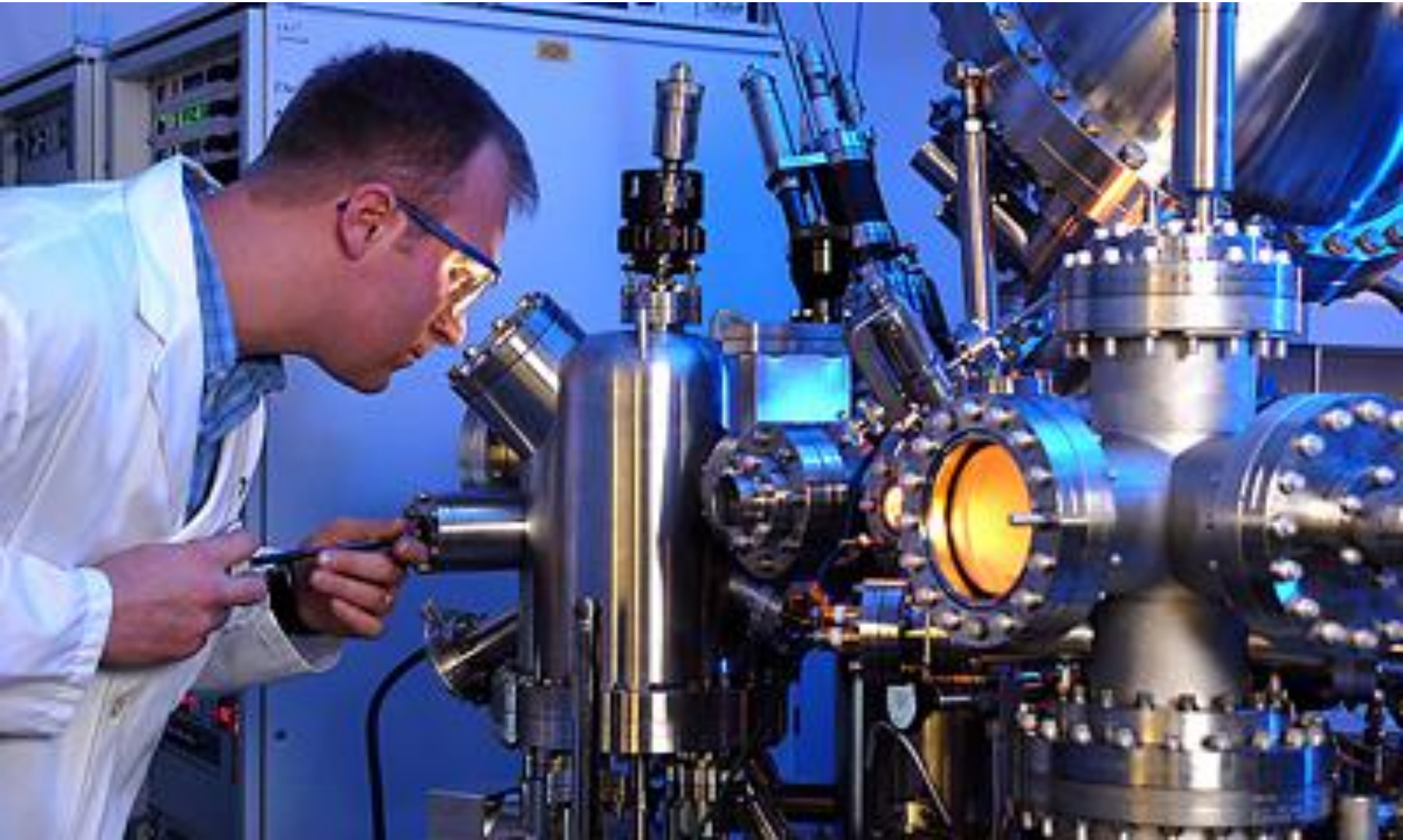
Scanning Tunneling Microscope

<http://www.answers.com/topic/scanning-tunneling-microscope>



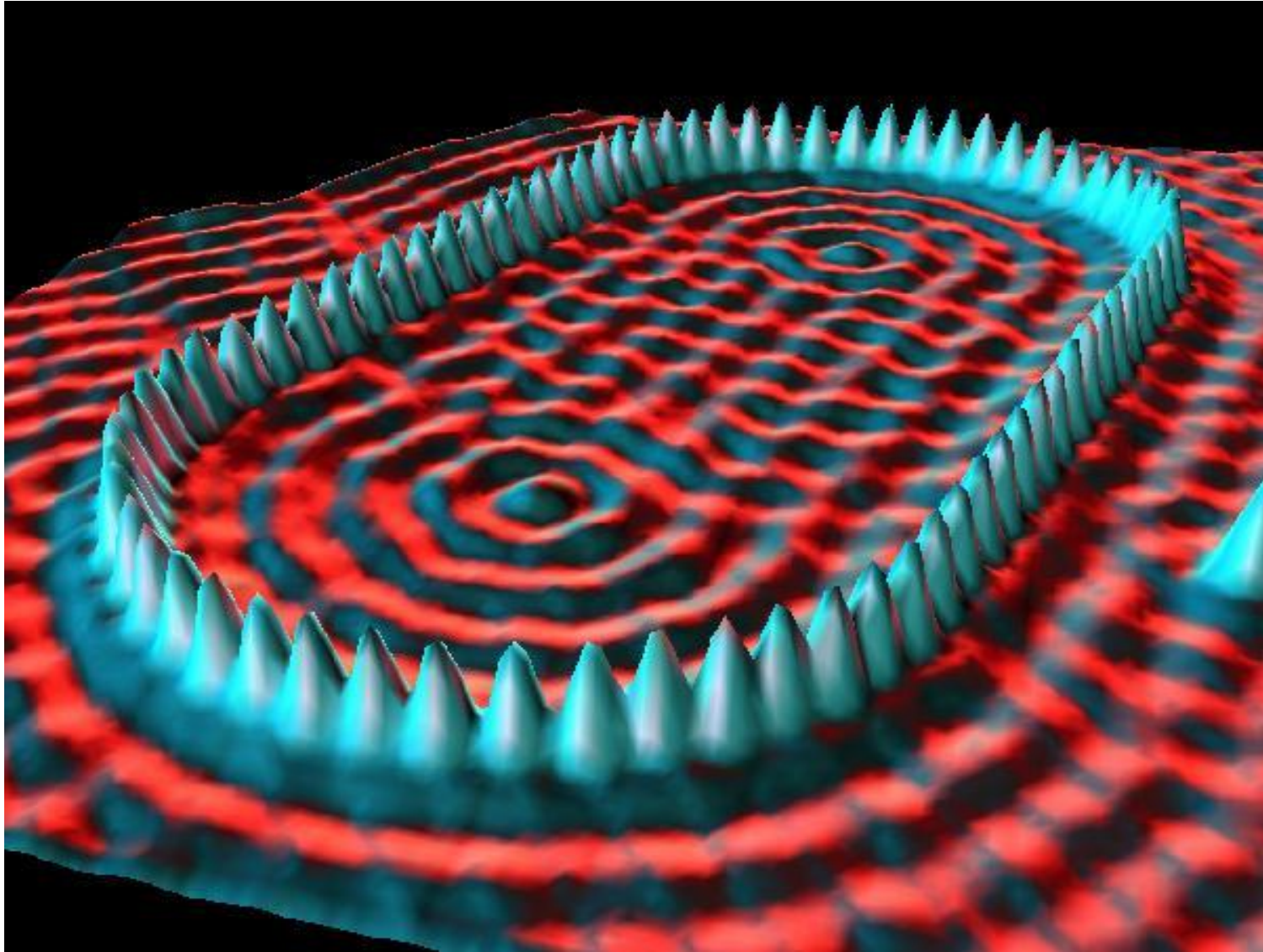
Scanning Tunneling Microscope

www.nrc-cnrc.gc.ca/multimedia/picture/images/



Scanning Tunneling Microscope Image

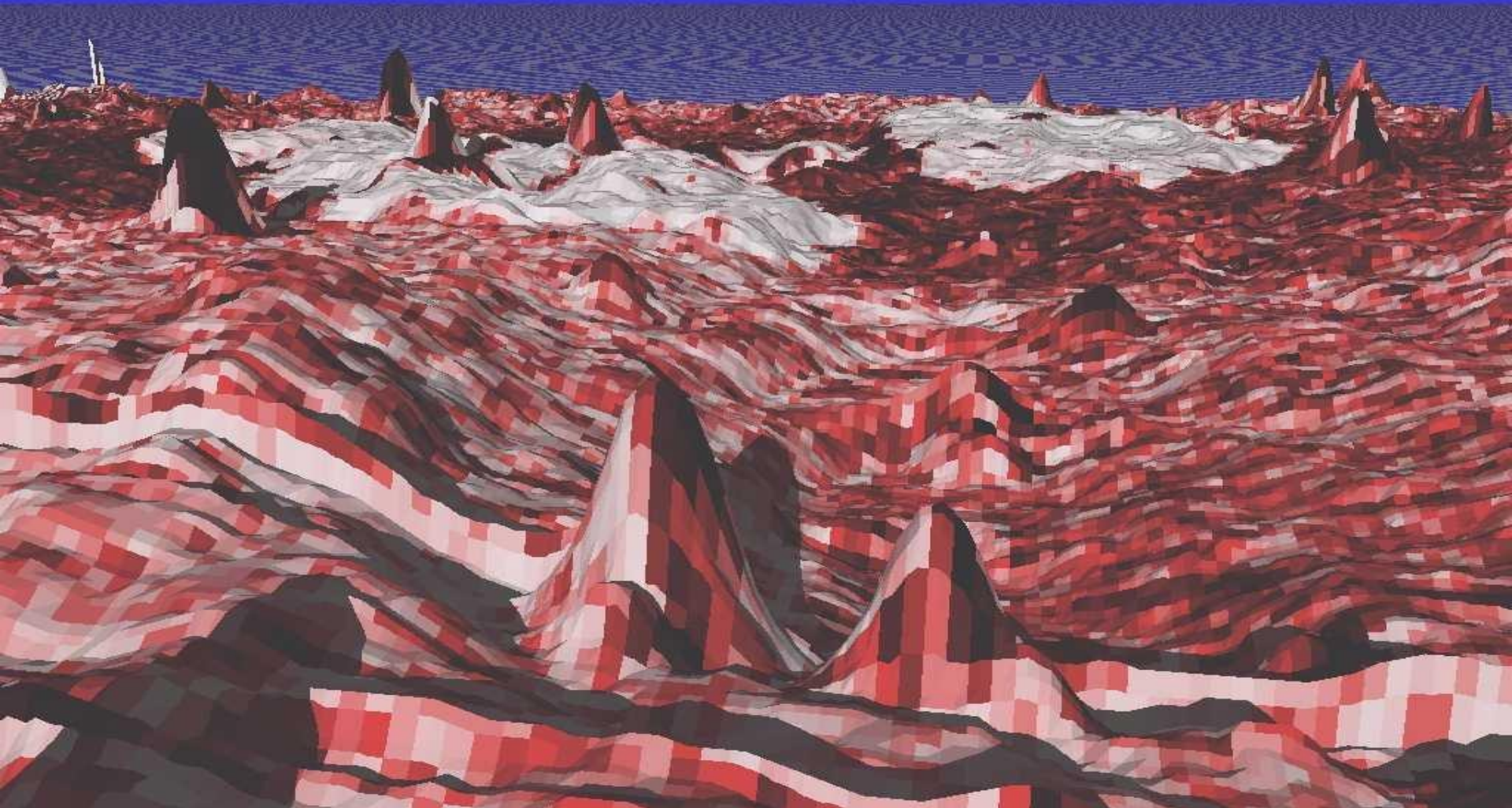
www.umsl.edu/~fraundor/slippery.jpg



Scanning Tunneling Microscope Image

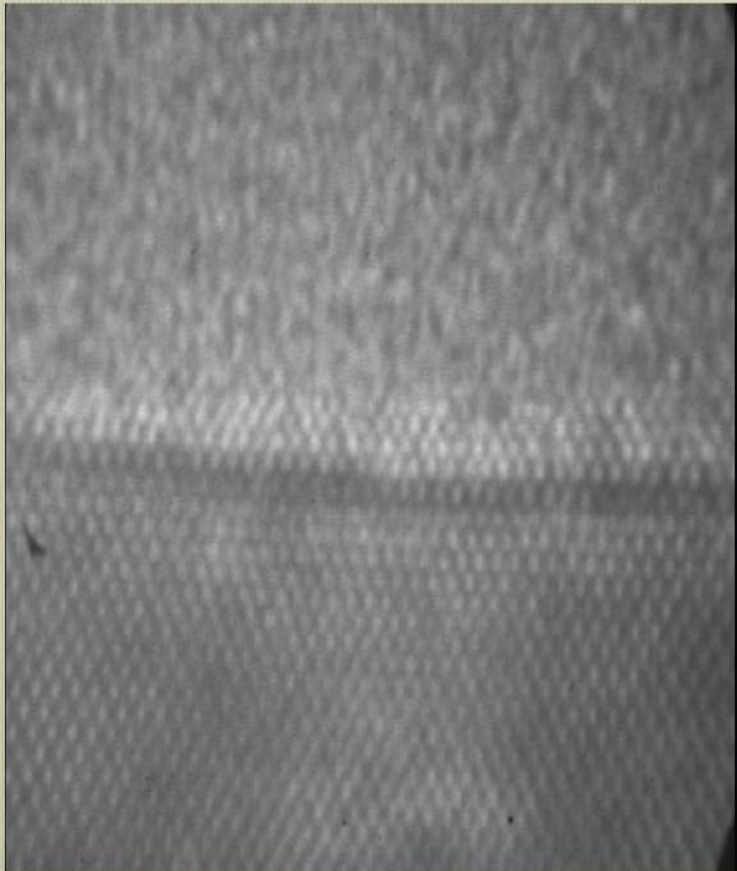
www.umsl.edu/~fraundor/slippery.jpg

Two mono-layer thick patches of slippery stuff (white) on an etched mica surface
with an etched nuclear track pit in the foreground, as seen in combined atomic/lateral force microscope images



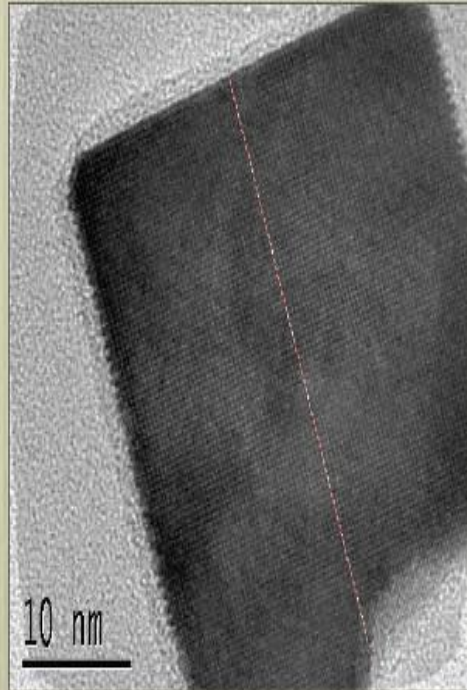
穩定的研發製造平台上

Bad Vibrations



JEOL JSM 2000EX

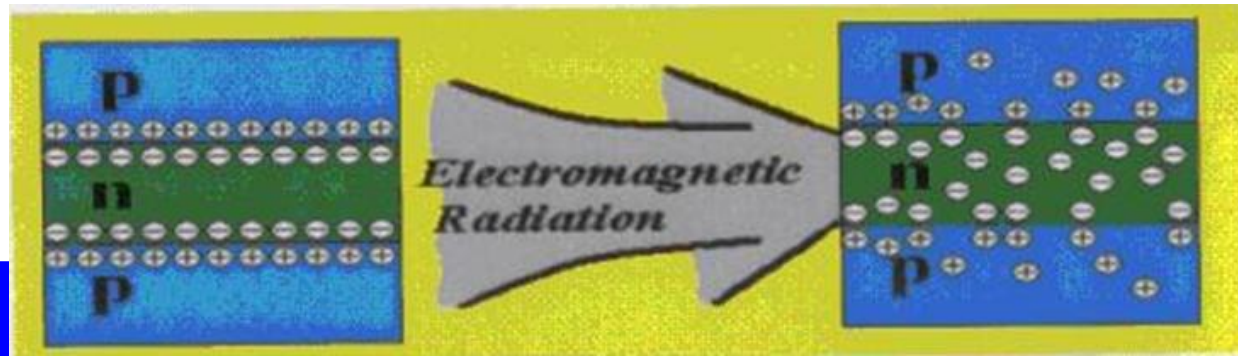
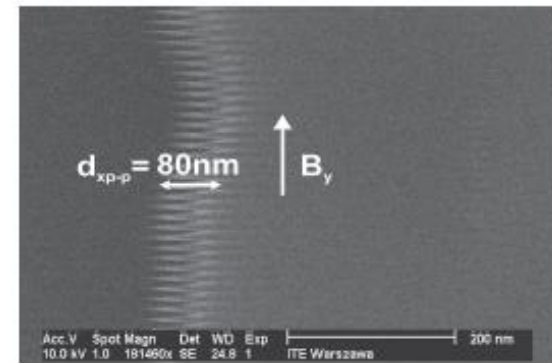
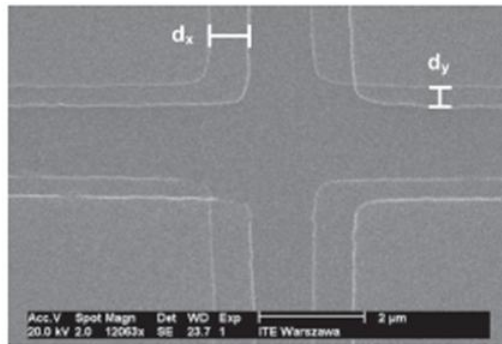
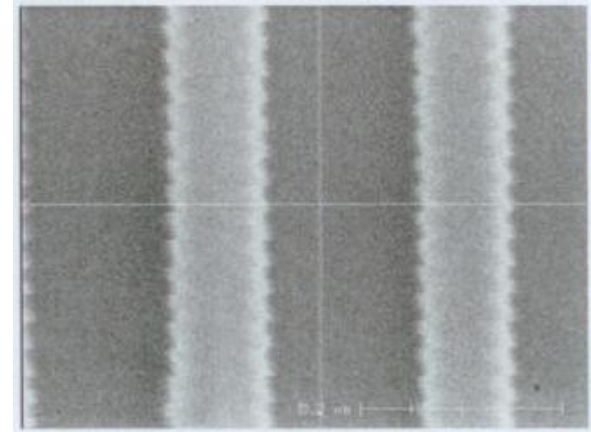
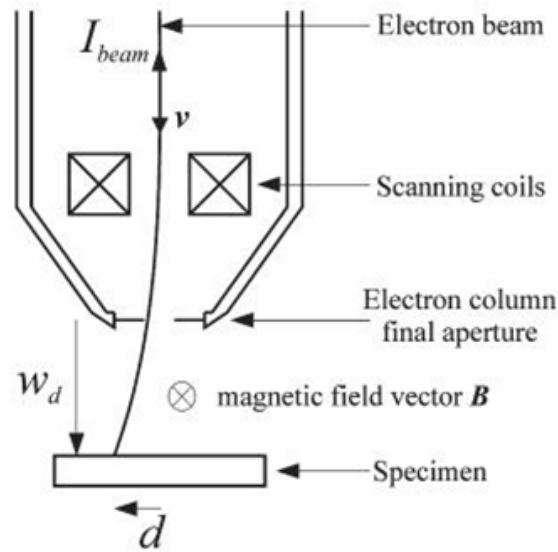
High Resolution
Transmission Electron Microscope

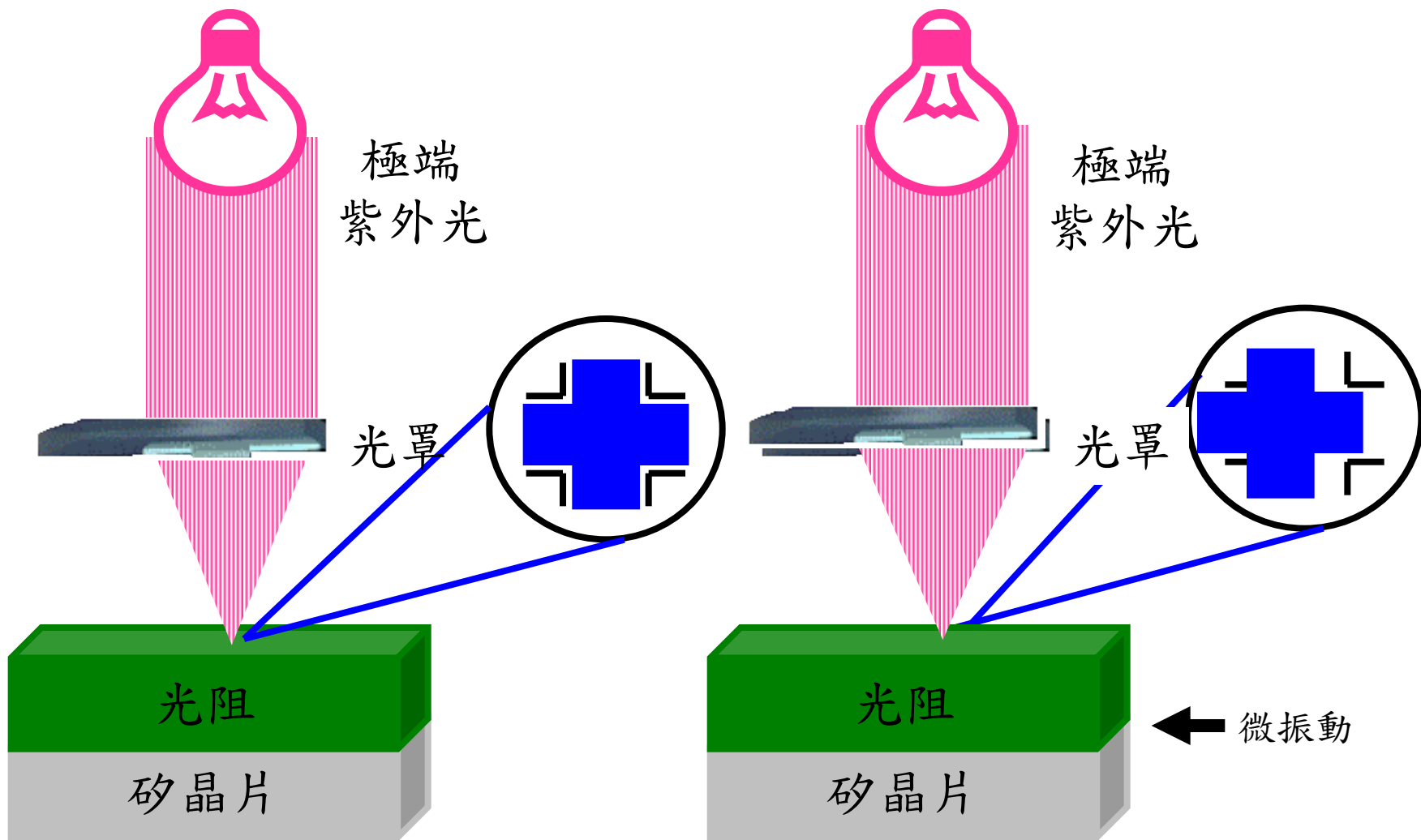


- Top entry stage
- Gatan slow-scan CCD camera



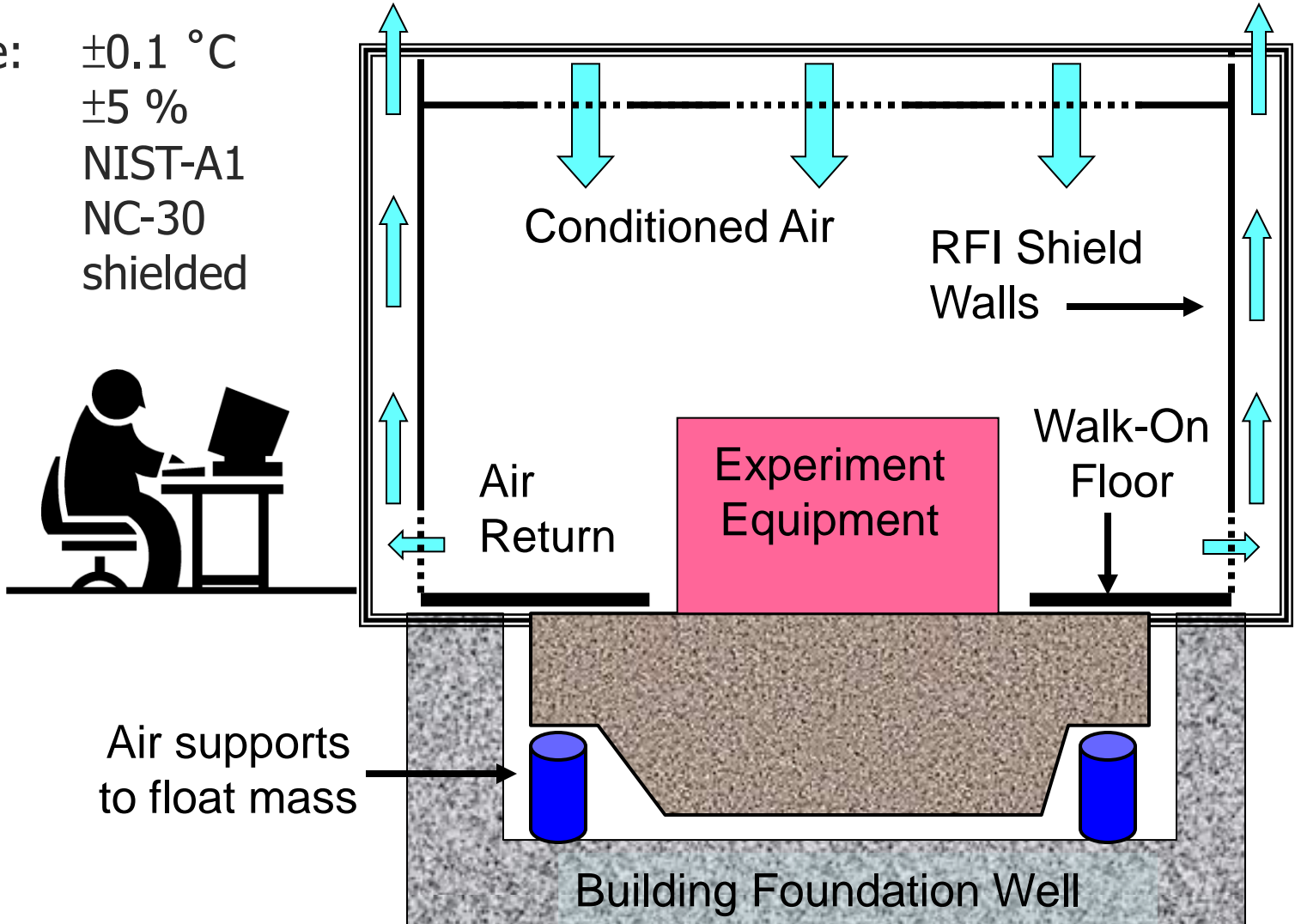
電磁波(EMI)的影響



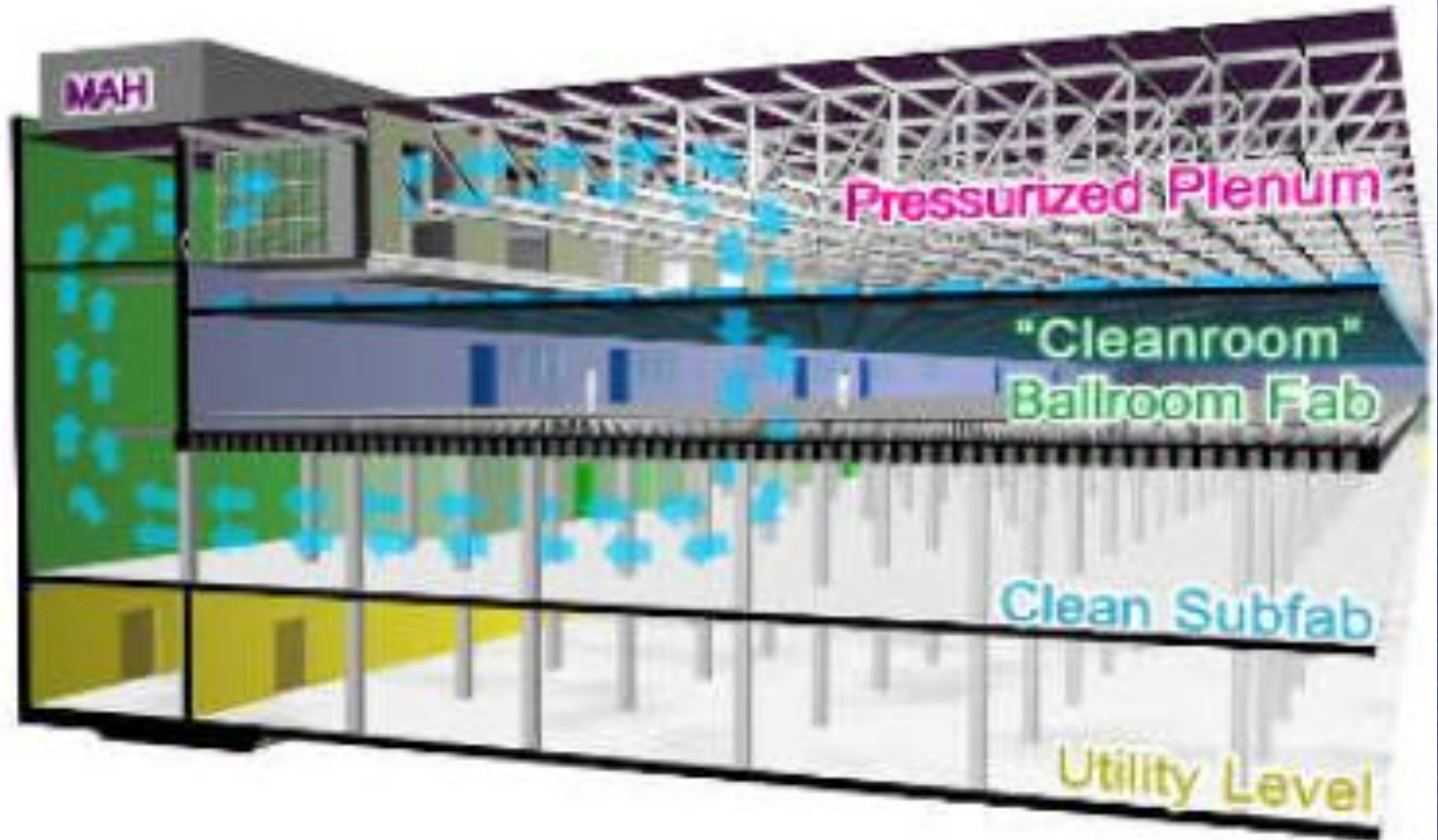


Kevin G. Hall Nano-Metrology Lab

Temperature: ± 0.1 °C
Humidity: ± 5 %
Vibration: NIST-A1
Noise: NC-30
EMI: shielded



空氣分子污染 (Airborne Molecular Contamination)



SOURCES OF AMC

□ External Sources (外氣)

■ Make-up air (MUA)

- Industrial Exhaust (其他工廠)
- Vehicular Exhaust (交通污染)
- Agriculture/livestock farming (農業及畜牧業)
- Air pollutants emitted from its own abatement systems (本身的煙囪排放經MAU回吸)

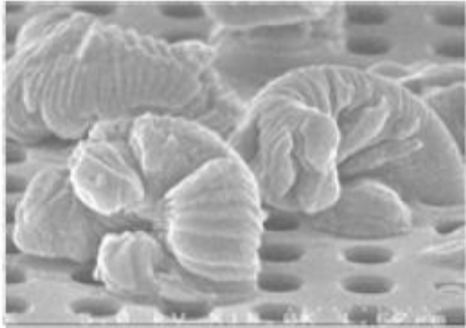
□ Internal Sources(內部污染源)

- Outgassing from Cleanroom construction materials (walls, floor tiles, filters, sealants) (cleanroom建築材料的氣體釋出)
- Recirculation air (循環空氣)
- Process chemicals (製程化學品)
- Misadjusted exhaust levels
- Operating personnel (工作人員，呼吸和汗水為 ammonia 的來源)
- Leaks of process fluids (製程液體洩漏)
- Chemical spills (化學品洩漏)
- Cooling systems (冷卻系統)
- Outgassing of various materials as they age (材料老化導致氣體釋出)
- Cleaning Solutions (清潔用溶劑)
- Chemical release from preventive maintenance (PM) activities (PM過程的化學品/氣體逸散)
- Filter degradation (濾網劣化而釋出硼磷等摻雜物)

空氣分子污染對半導體製程的影響

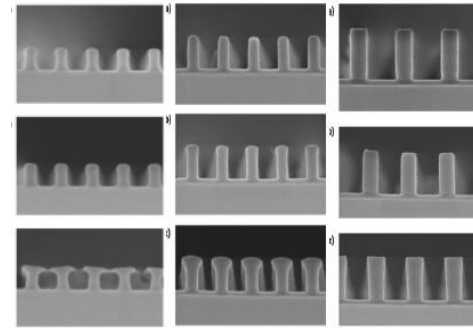
MA

腐蝕鋁、銅、閘級氧化層等薄膜厚度



MB

腐蝕光形狀變成T型

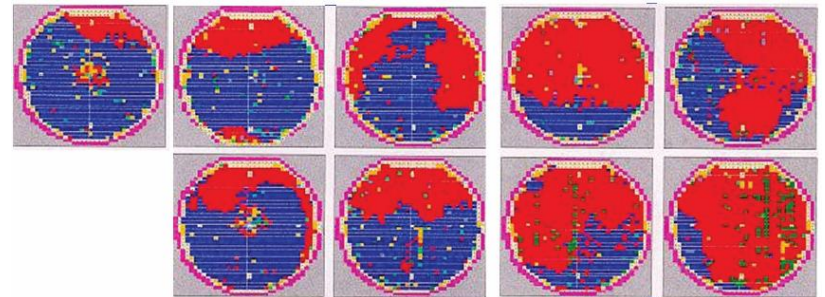


MC

使薄膜厚度或功能改變如 Si_3N_4 置換成 SiO_2

MD

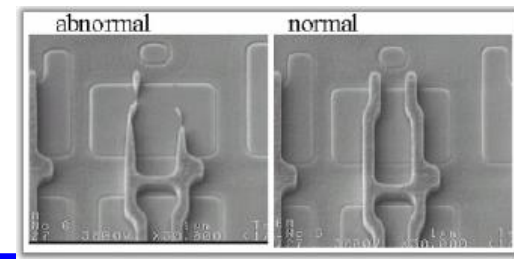
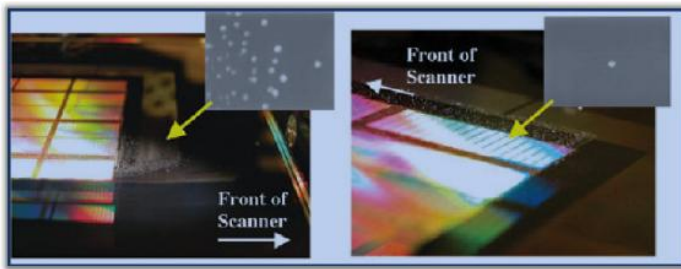
造成MOS元件功能失效



MA + MB

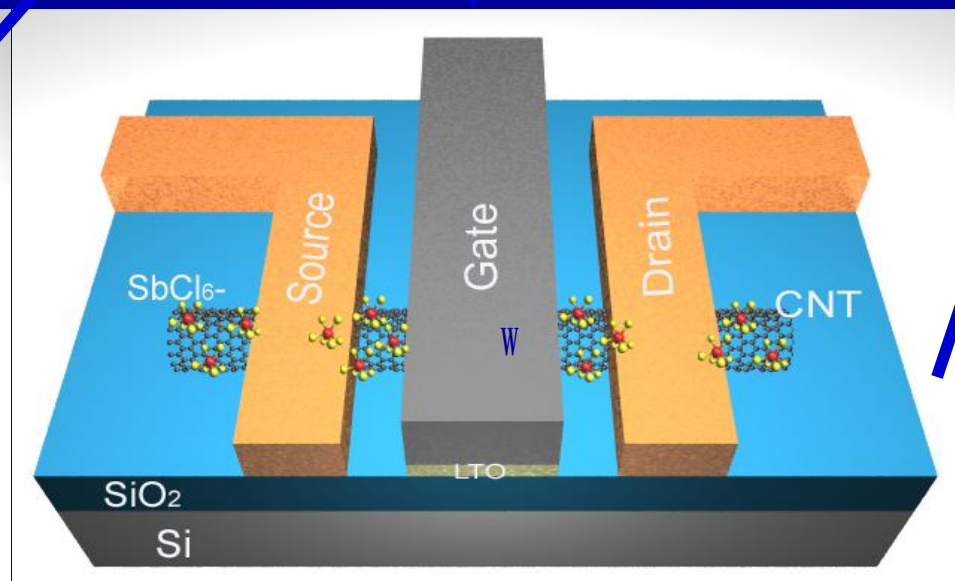
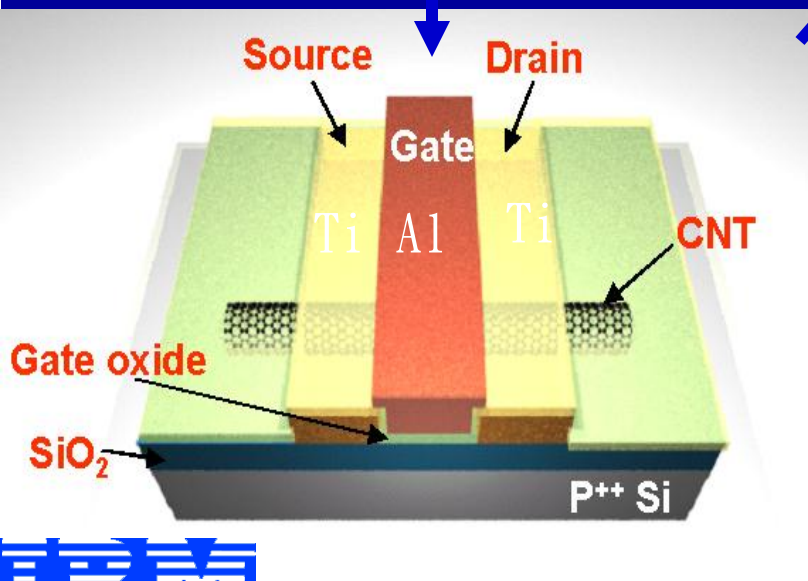
1. 在光罩表面產生 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

2. 使曝光機鏡片表面霧化造成鬼影現象

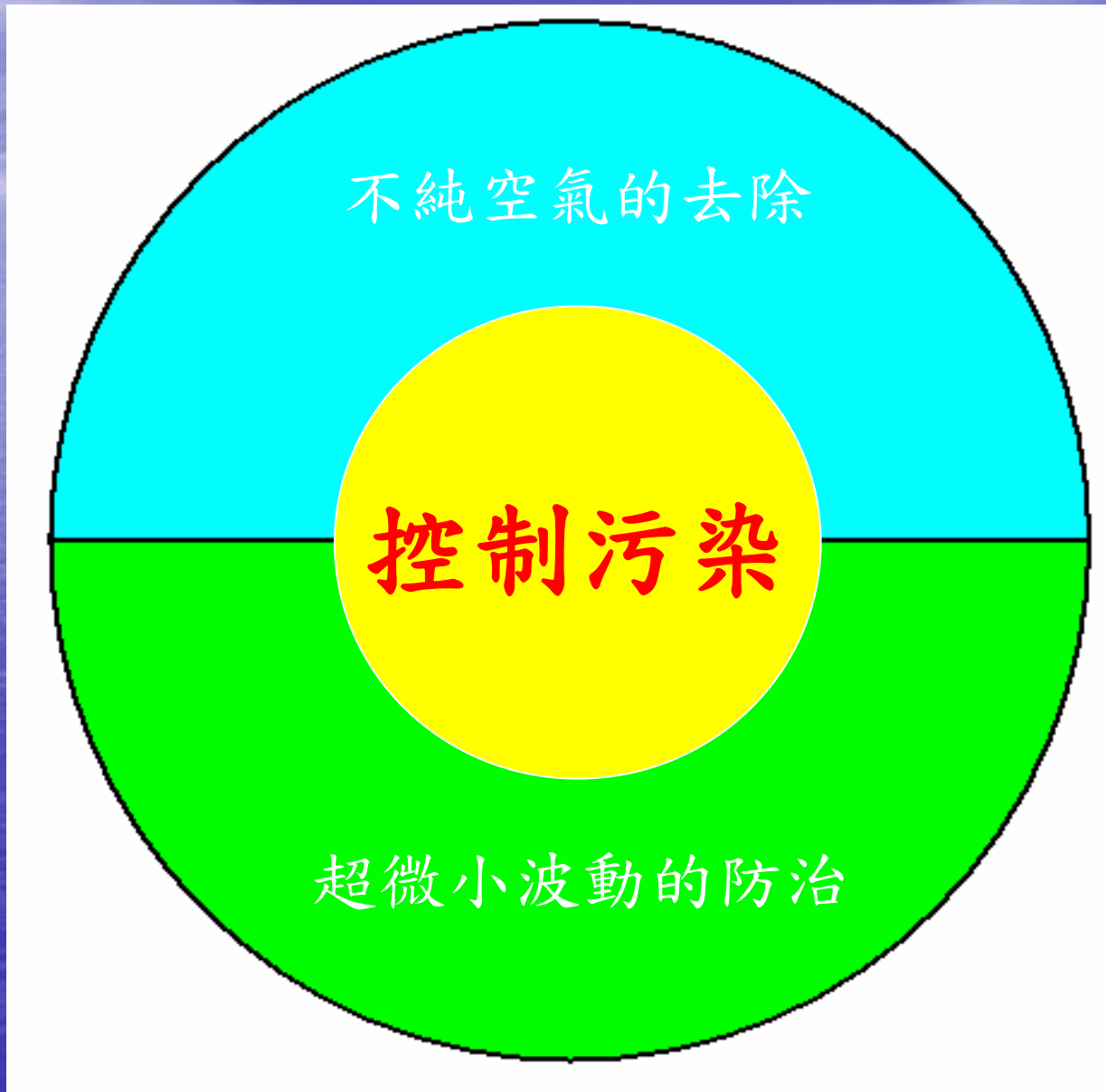


奈米時代潔淨室的污染控制

- 在研發製造過程中接觸到半導體產品的污染都要考慮
- 空氣、水、化學物質與製程氣體的純度、噪音與微振程度、電磁波與電頻干擾



關鍵技術





Filling of Parenterals under Aseptic Conditions

Maximum concern for contamination from outside sources



結論

- 半導體製造產業對於台灣經濟發展具有舉足輕重之影響，要持續領先優勢，其廠房設施之配合更是製造過程中不可或缺的重要環節。
- 隨著製程尺寸愈來愈小，廠房環境控制的要求之等級亦愈來愈嚴謹。
- 半導體先導技術之研發製造必須在嚴格控制的潔淨室中，穩定的製造平台上，及/或沒有電磁波干擾的環境下進行。
- 關鍵技術在於空氣純度(AMC)、電磁波(EMI)及微振動(Micro-Vibration)的量測及防制

感謝

