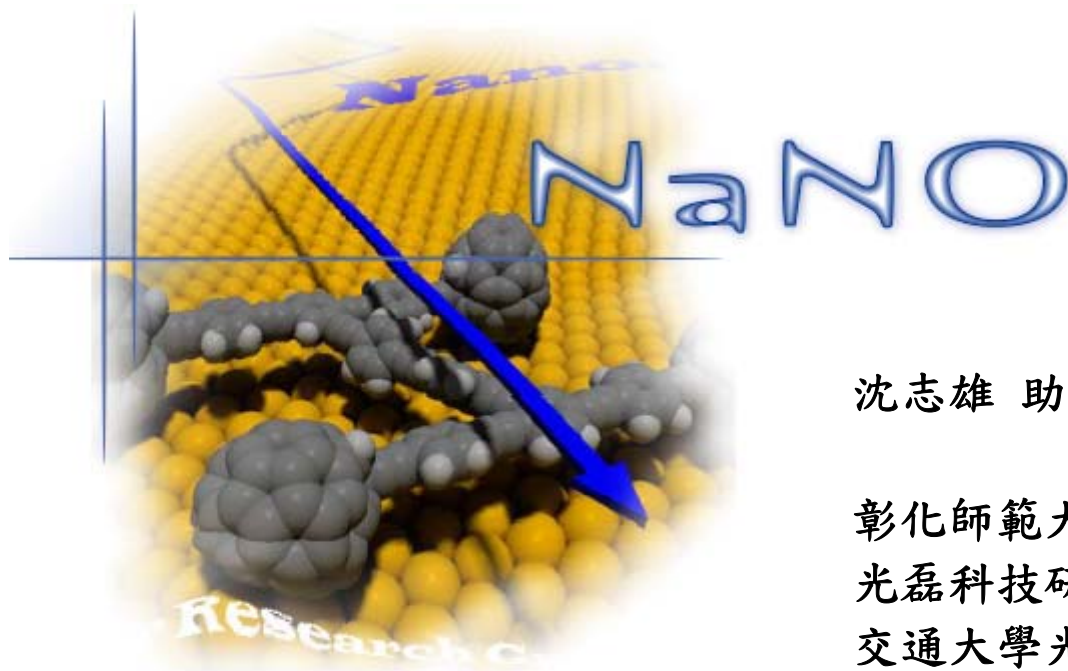




# 微小光機電的新科技生活



沈志雄 助理教授

彰化師範大學機電工程學系

光磊科技研發部

交通大學光電工程研究所博士班

清華大學物理研究所碩士班

彰化師範大學物理系





# Contents

- **Macro**
- **Micro**
- **Matter**
- **Interaction**
- **Bottom Up**
- **Top Down**
- **What Happen ?**
- **Why Happen?**





# 章節



- 微光機電簡介
- 微機電工程
- 半導體工程
- 微光學工程





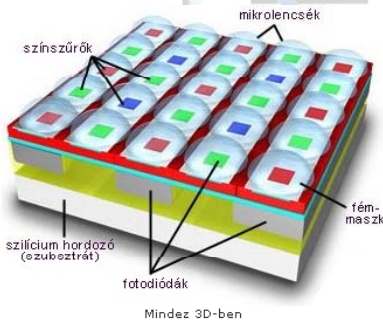
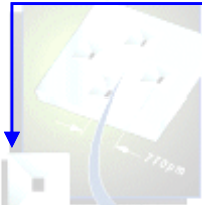
# 微光機電簡介

## 光機電系統整合

Courtesy of D. Thomas,  
Perkin-Elmer Applied  
Biosystems

Inertial Navigation Sensors  
• Acceleration  
• Yaw Rate

Silicon Nozzles  
for Fuel Injection



半導體

Process

Force Sensors  
• Brakes  
• Thrust/Perks

Accelerometer  
for Suspension  
Control

微機電元件

Pressure and Inertial  
Sensors for  
Braking Control

Micromachined Transducer

Applications for Automotive  
Operation & Safety

Micromachined  
Accelerometer  
for Airbag

Airbag  
Side Impact  
Control

Micromachined  
Pressure Sensors  
for Noise  
Cancellation

Tire Sensors  
• Valve  
• Vapor Pressure



光機

Tire  
Pressure  
Sensors

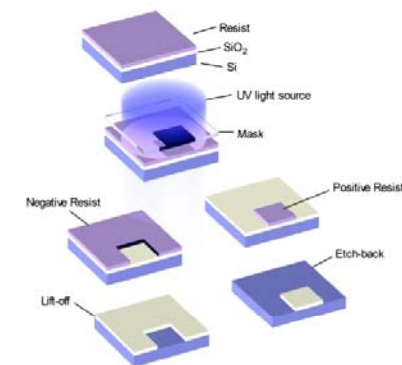
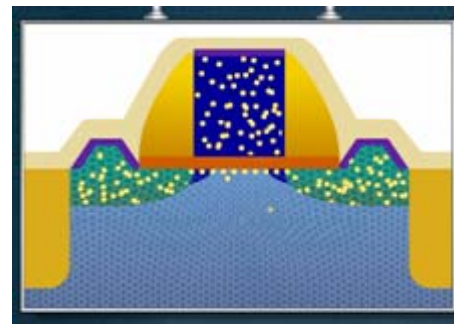
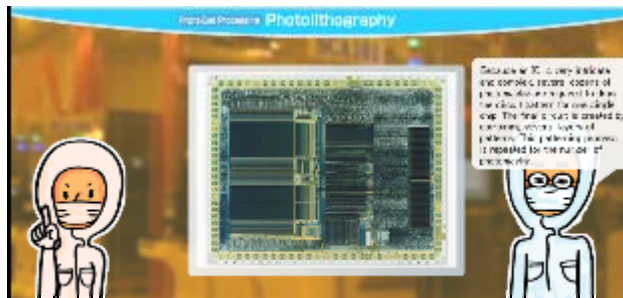


MOEMS



# 半導體工程

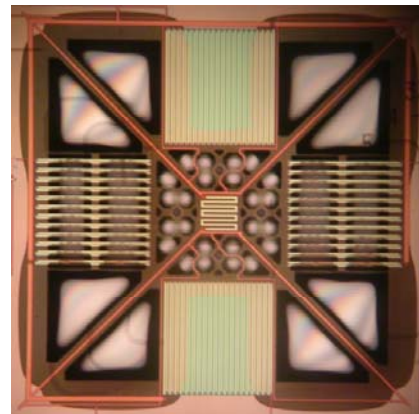
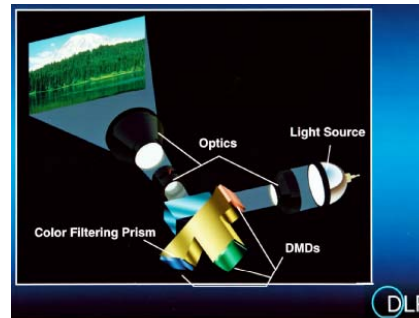
- 半導體製程技術：NEC、美國應材
- 微影、蝕刻





# 微機電工程

- WII 加速計
- DLP 投影機



MOEMS



# What Do You Feel?

- **Size**
- **Light**
- **Gravity**
- **Statistical vs. Quantum**





# Galaxy





# 世界是大還是小



科學家借助多種方法對英仙臂進行測量，有的認為有6 0 0 0多光年，有的說有1萬多光年，這一精確測量解決了長期爭論。



6000光年  
 $= 5.4 \times 10^{20}$  公尺

林肯號 大小：艦長約333 公尺，甲板寬約77 公尺



0.3 奈米  
 $= 3 \times 10^{-10}$  公尺

金原子的直徑 0.3奈米





# What's NEW



你曾經有被繁複的化學結構式、分子式、各類鍵結、元素，弄得眼花撩亂、甚至上課想打退堂鼓的經驗嗎？希望這篇文章所報導的內容，能夠使你從一個嶄新的角度和態度，來發現其實學化學並沒有那麼困難。

美國德州萊斯大學的化學家James Tour，為了一項在中學裡推廣化學教育的計劃，採用了一種專業卻又不失新潮的方法。他的研究小組，透過組合不同的有機分子，合成稱為奈米娃娃(NanoKids)的分子結構。這些奈米娃娃，是在其整體分子結構上，酷似人的形狀(具有頭部、軀體、四肢)。這個方法的動機，是**James Tour**有鑒於一般人一看到化學結構就頭大，他就想何不利用類似兒童玩具的結構，來介紹化學鍵結、分子結構等觀念。

這些奈米娃娃的身體部份，是由苯環所組成。而由烷基等碳氫有機分子所組成的四肢，則是透過碘化物連接在身體上。至於娃娃的頭部，則是由醇類分子所構成。第一個奈米娃娃，是在2001年五月份”誕生”的。如果在這些奈米娃娃的足部加上硫，則可以使它們站立在鍍有金的表面。到目前為止，經過一些化學上的技巧，James Tour已經組成了一個包含胖嘟嘟的奈米寶寶(NanoKid)、留著一頭黃色長髮的奈米青少年(NanoTeen)、奈米綠扁帽(NanoGreenBeret)、奈米麵包師傅(NanoBaker)、奈米小丑(NanoJester)、奈米國王(NanoMonarch)、奈米主廚(NanoChef)、奈米清教徒(NanoPilgrim)、奈米德州佬(NanoTexan)、以及奈米學究(NanoScholar)等成員的”奈米家庭”。

<http://pubs.acs.org/cen/education/8214/8214nanokids.html>





# What a Bright Morning



Light-scattering of small ice crystals floating in the air



MOEMS



# It looks different into Nano

## The Surface of Last Scattering

The formation of atoms at the very end of Era 2 and the beginning of Era 3 corresponds directly with the decoupling (or separation) of light and matter.

In other words, the first moment when atoms formed is the same moment that

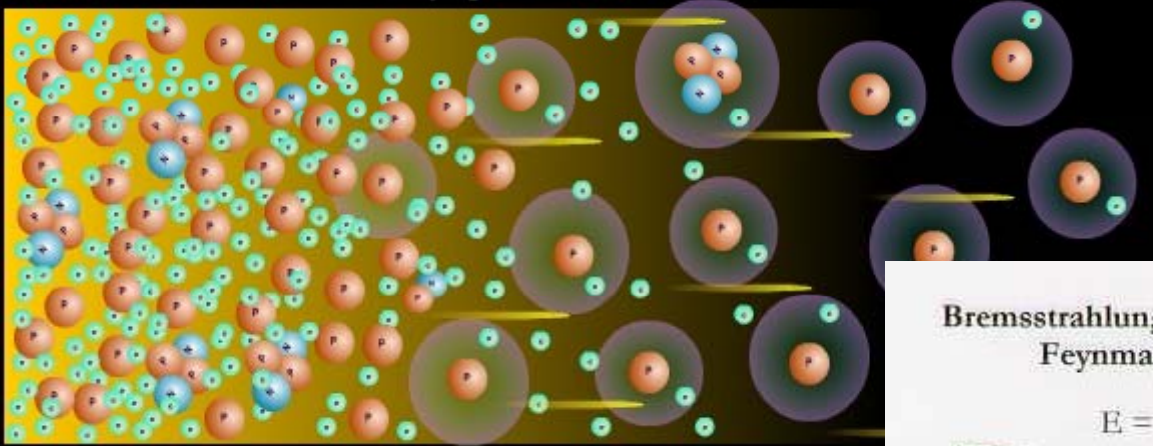
that light and matter stopped constantly interacting with one another, and photons were suddenly able to travel freely.

For this reason, we call this moment the "surface of last scattering;" light from this period is observed today as the CMB!

Electron-Nuclei Plasma

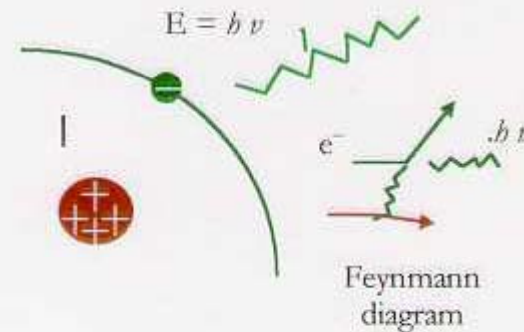
Decoupling

Atoms and Photons



減速輻射、光電效應等

## Bremsstrahlung Radiation and its Feynmann Diagram



MOEMS



# What a Dark Space

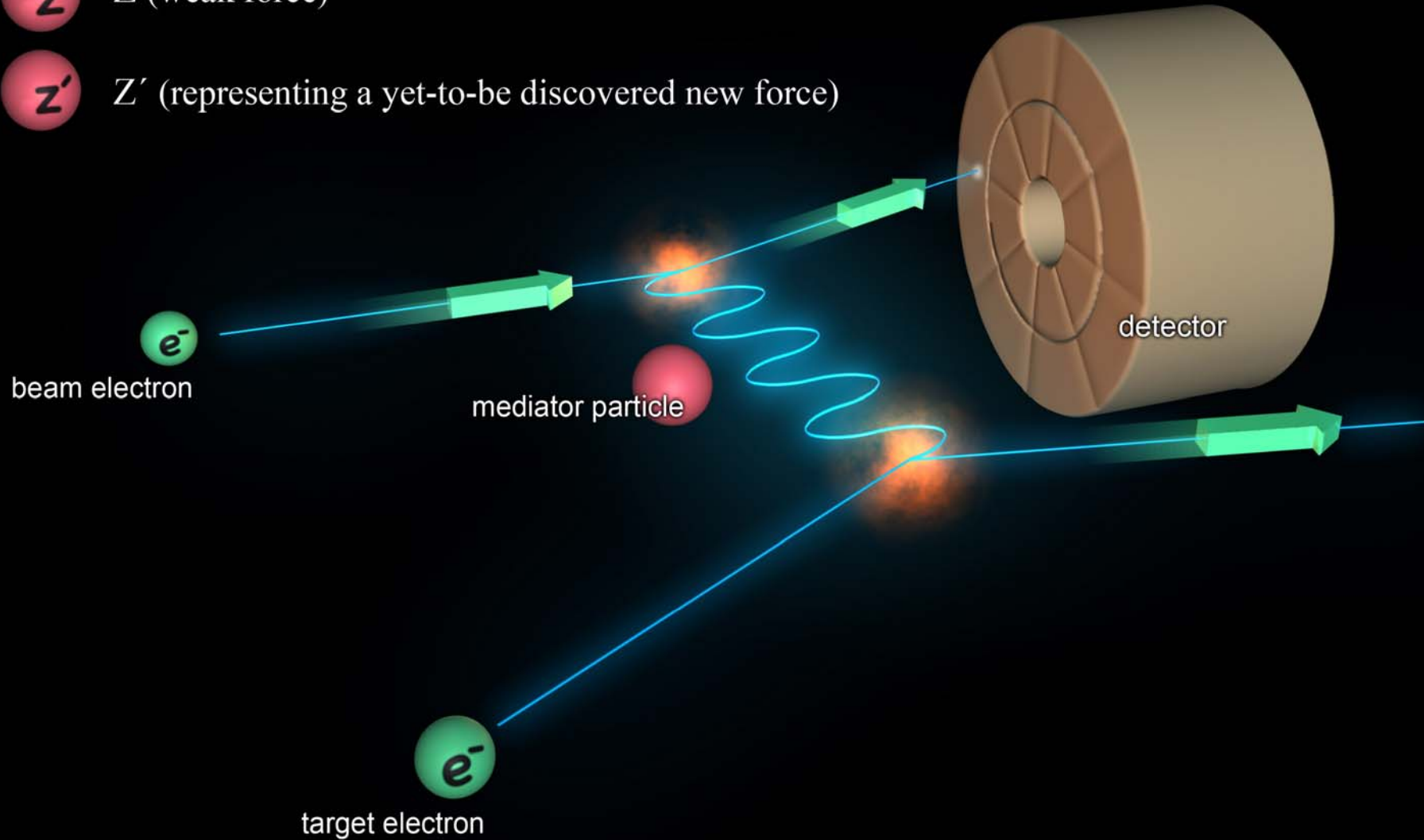


<http://cosmicweb.uchicago.edu/gal.html>



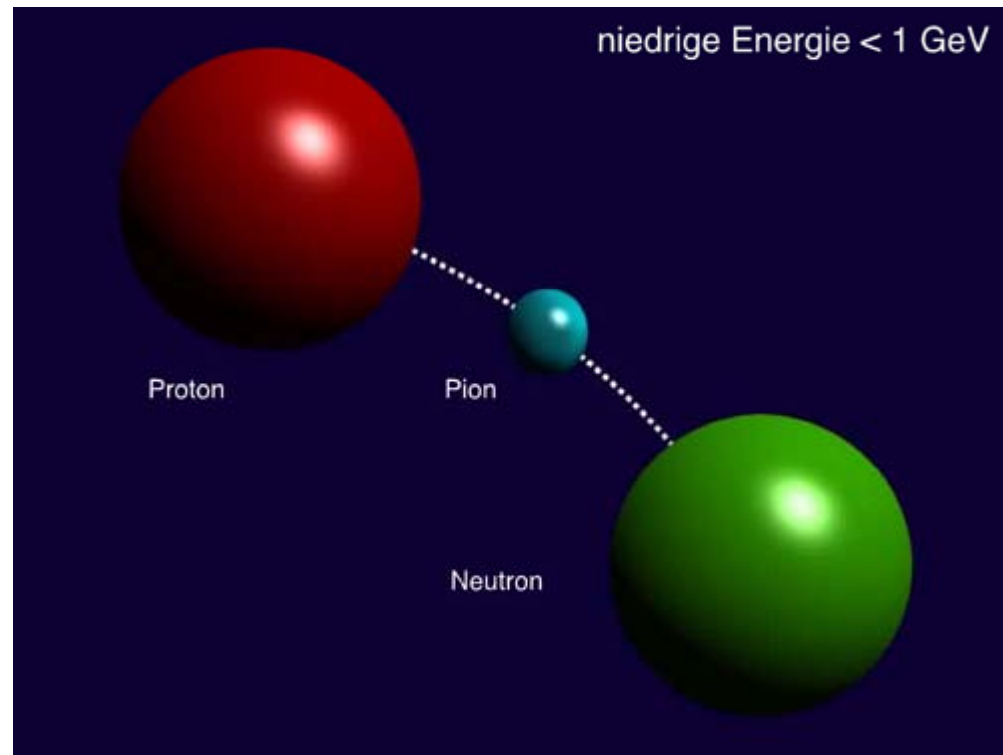
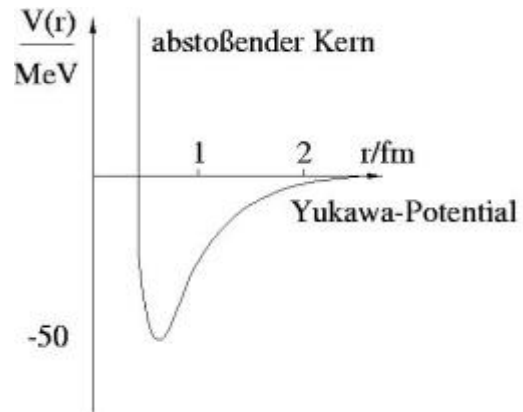
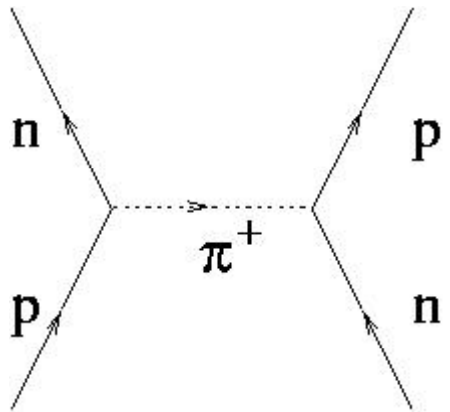
Beam electrons may interact with target electrons by exchanging a mediator particle:

- $\gamma$  photon (electromagnetic force)
- $Z$   $Z$  (weak force)
- $Z'$   $Z'$  (representing a yet-to-be discovered new force)





# Inside Nuclear

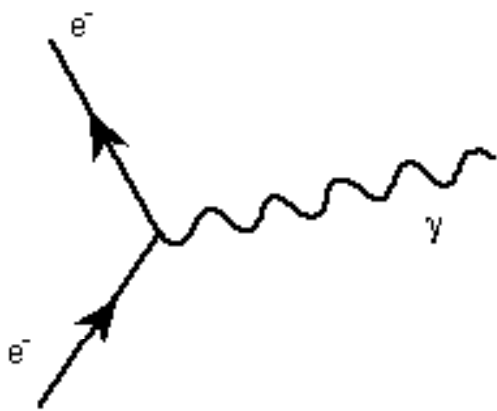


## Strong Interaction

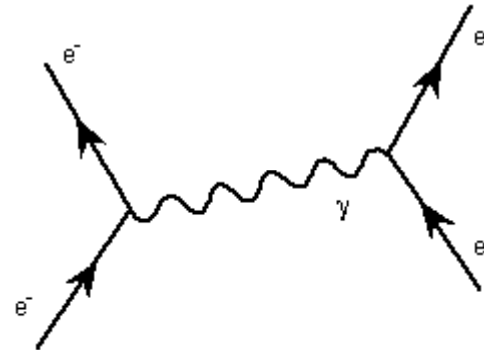




# What is the Matter



減速輻射



光電效應





# Statistics





# What is the Space

【大紀元9月8日訊】（大紀元記者威宇報道）在我們所熟知的四維時空（三維空間維度加時間維度）之外，是否還有可能有其它的維度存在？最新的「自然」雜誌新聞給了我們宇宙至少是六度空間的新證據。牛津大學（University of Oxford, UK）的Joseph Silk教授與該論文合撰者利用觀察黑暗物質（dark matter）的奇特行爲推測出宇宙至少有六個維度。黑暗物質是無法直接觀測的，不過，藉由觀察黑暗物質所造成的重力場，牽引那些可見的星球與星系，仍可間接的證明他們的存在。

經由目前的天文觀測，我們已知黑暗物質至少佔了宇宙的85%，而這些物質是由目前仍然未知的基本粒子所組成。

許多人會問：「在連接量子物理及相對論的弦論中提到了高維度空間的可能。不過，爲什麼我們沒有辦法感受到其它維度的存在呢？科學家認爲，因爲這些維度『被捲起來了』，它們被捲的非常緊，卷的非常的微小，以致於我們沒辦法看到，也沒有辦法進入。」

物理學家們懷疑我們受阻於肉眼及儀器的觀察極限，無法以一個完整的視野來看整個真實的宇宙。他們認爲我們所處的四維時空（三維空間加上一維時間）事實上是一個更高維度宇宙中的子空間（subspace），以致於我們眼睛所看到的視野，就像古代相信地球是平的一樣局限。

物理學家一直努力想要理解自然的基本力，但無法適當的整合這些基本力，因而假設了多維空間的存在，多維時空是弦論（string theory）中的假設，弦論是目前描述物質的基本結構與作用的最佳理論。弦論導因於物理學家企圖整合愛因斯坦的廣義相對論與量子理論。





# A sand is a World

捲曲起來的維度不會影響電磁力與強弱作用力等其它基本力，而相對論告訴我們重力源自於時空本身的性質，所以如果其它維度沒有被捲在四維時空中的話，重力將會表現出另一番不同的面貌，而不會如今日測到的數據。

**Joseph Silk**教授觀察到黑暗物質對於小型星系與大型星系團的影響不同，他認為由於多個維度的重力牽引可以解釋黑暗物質於不同星系環境的相異表現。**Silk**教授的研究小組認為，此種對黑暗物質的天文觀測結果，首次提供了額外維度存在的有利證據。

至於這一個六度空間的宇宙有多大？**Silk**教授經由計算發現：直徑僅有一奈米！在佛經中，有所謂的「一沙一世界，一葉一菩提」之說，由此觀之，此話真是不假。

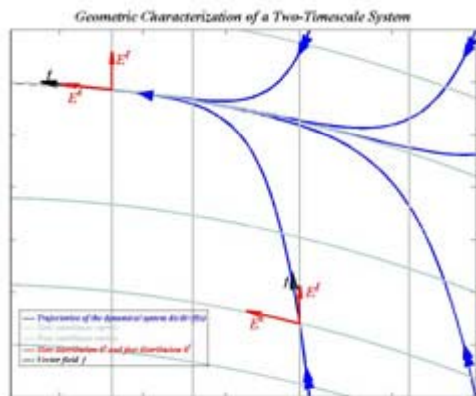
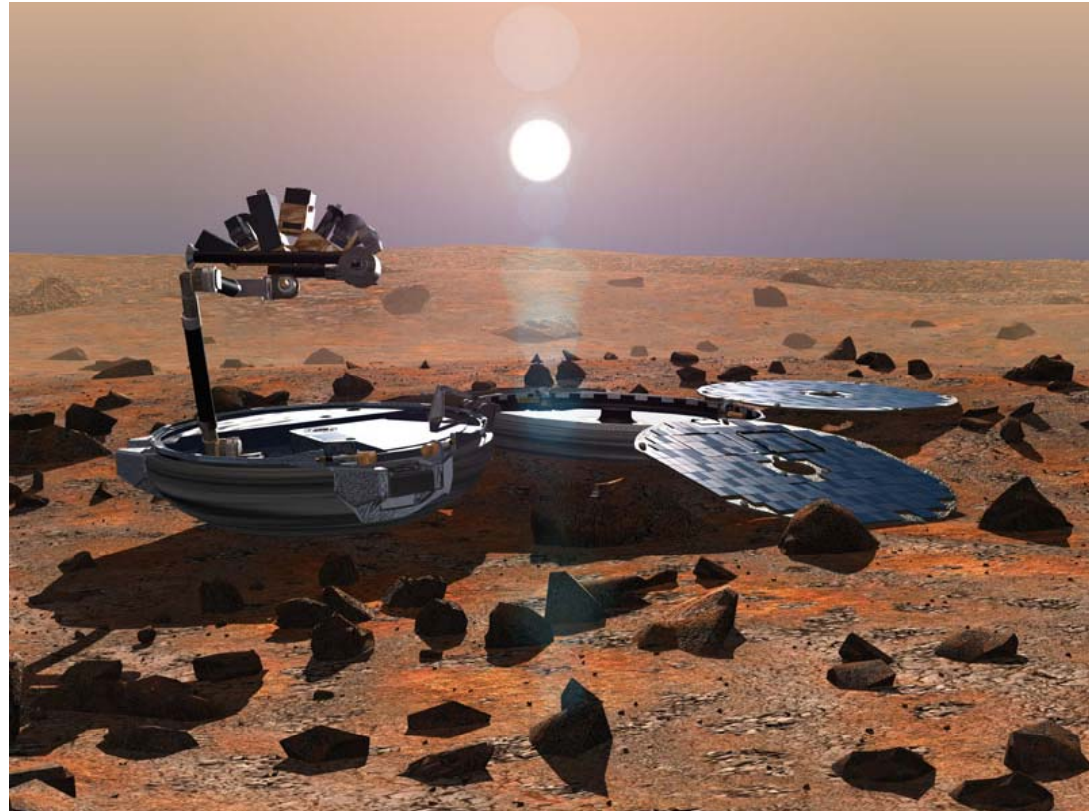
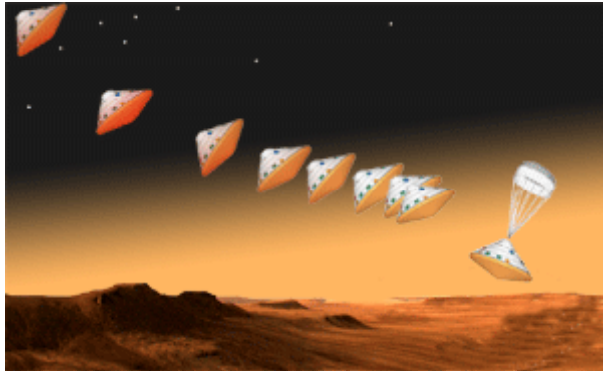
資料來源

Philip Ball, Dark matter highlights extra dimensions. nature@news. Published online: 2 September 2005; doi:10.1038. Also available on: [www.nature.com/news/2005/050829/full/050829-18.html](http://www.nature.com/news/2005/050829/full/050829-18.html)





# Macro Engineering

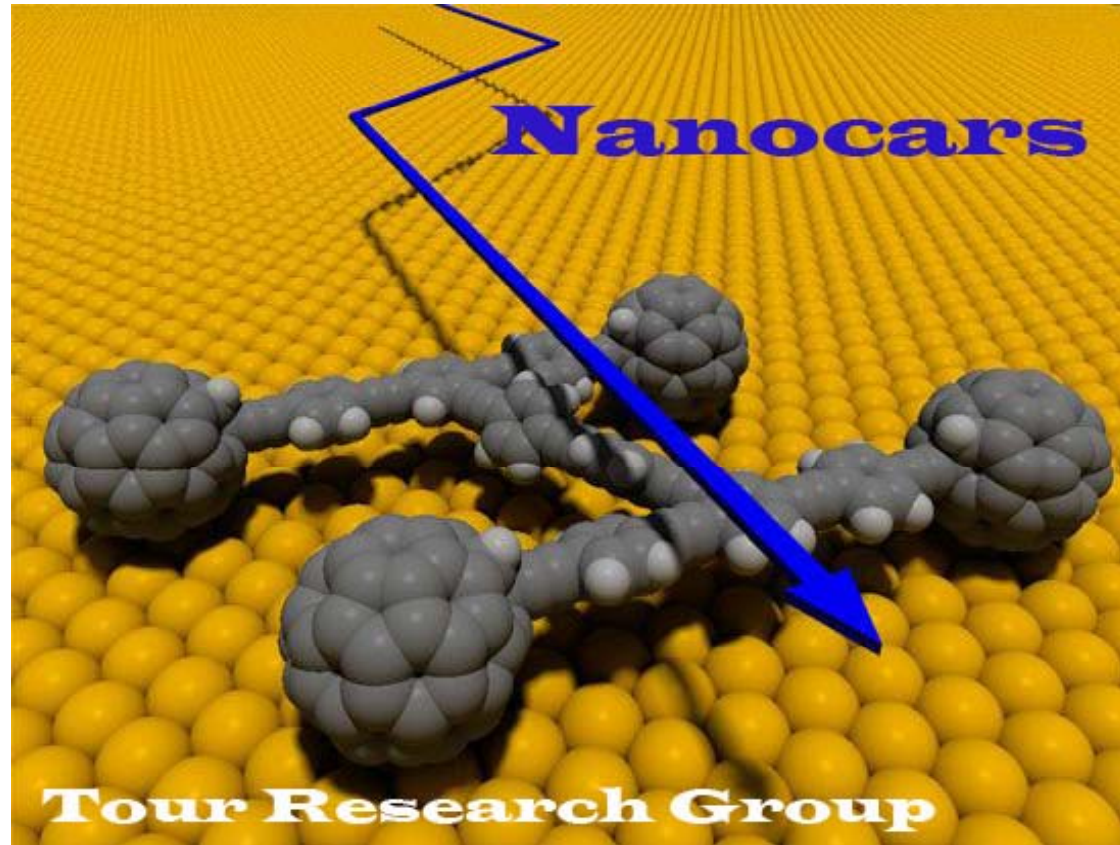


<http://www.nasa.gov/multimedia/videogallery/index.html>





# Micro Engineering





## T4 病毒入侵細菌動畫

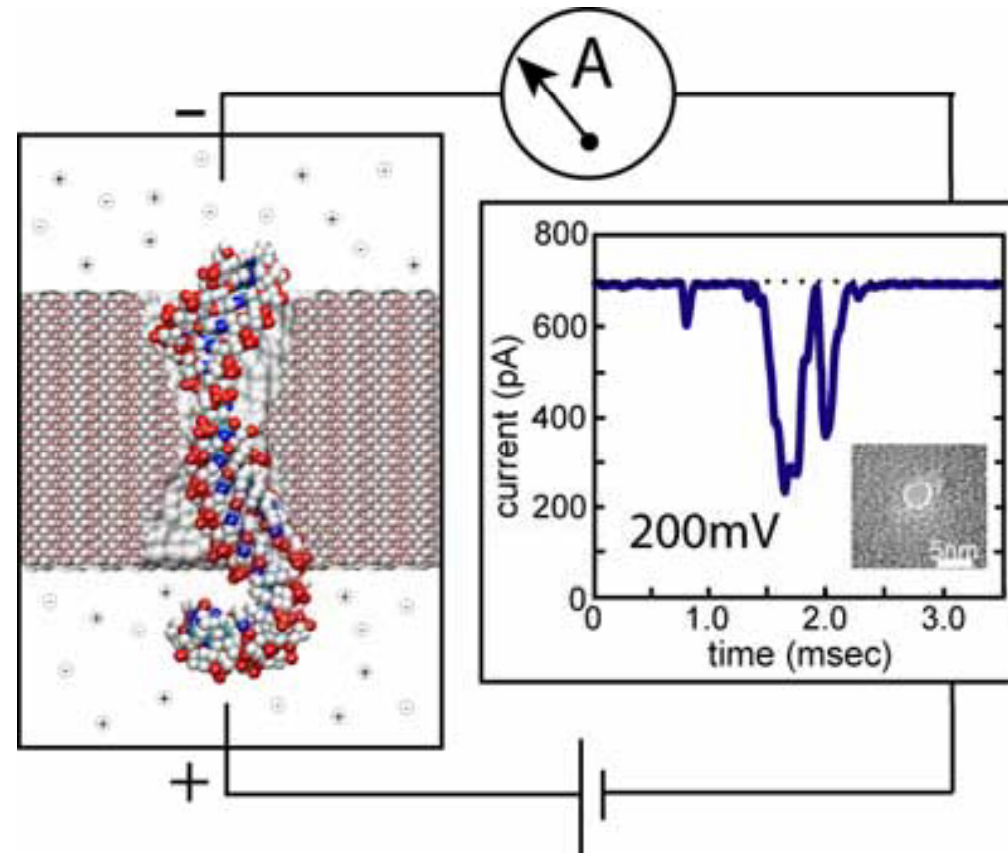


各大科學期刊競相報道的高清晰T4病毒入侵細菌動畫，製作非常精美，美俄日三國科學家共同完成，刊登於04年8月20日出版的《Cell》雜誌上。





# Translocation of DNA through Synthetic Nanopores

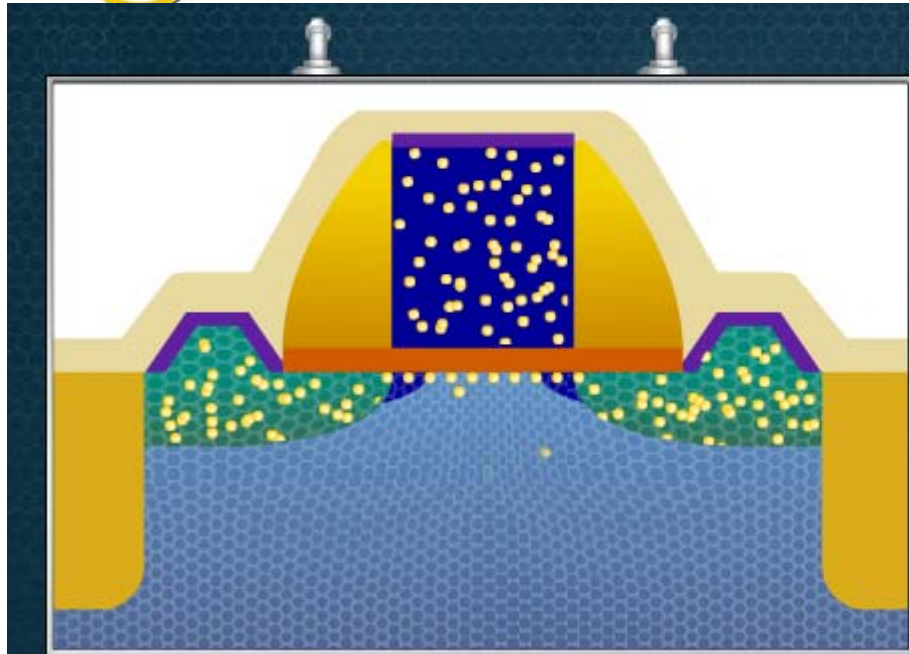


<http://www.ks.uiuc.edu/Gallery/Movies/>





# Top Down Nano Device



RUN FAST SCORE: **29**

STAY COOL SCORE: **46**

**TOTAL SCORE: 75**

SPEED: Not bad, a little more practice and your device will be humming.

TEMP: You're staying cool, but it wouldn't hurt to optimize.

Want to optimize your device for better performance ...and a higher score?

## PERFORMANCE ANALYSIS



Would you like to optimize your device?

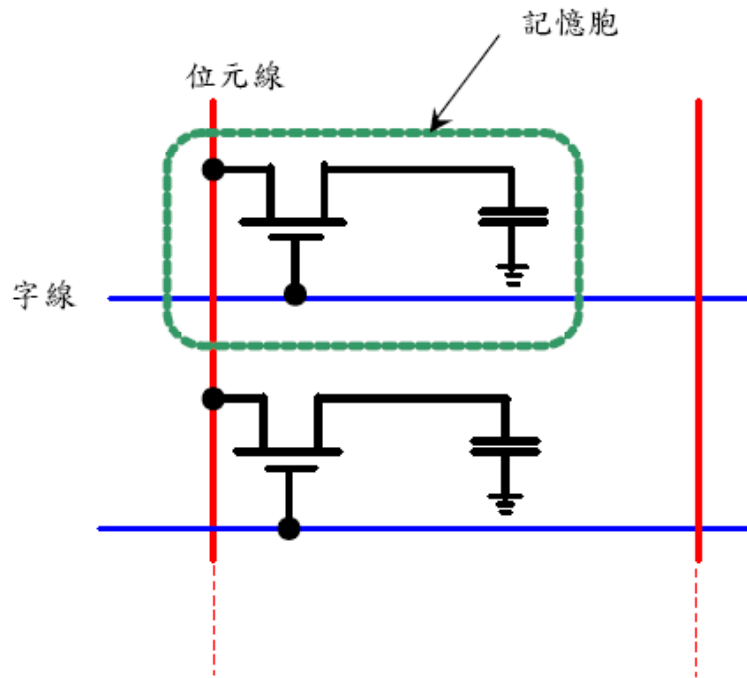
OPTIMIZE

NO, THANKS





# DRAM原理



DRAM 的記憶胞基本上就是一個電容加上一個控制充放電及讀取的電晶體開關。這裡用的是NMOS，但是源極和汲極並沒特別標出，主要原因是他是用作雙向開關，電流可以流入或流出電容。

每一個記憶胞會外接兩條線，一條是控制閘極的稱字線(word line)，加上正電壓時可以選擇同一行的記憶胞（同一個字的不同位元），將他們的NMOS 開關導通；另一條接到源/汲極的稱為位元線(bit line)，用來“寫”或“讀”資料到記憶胞中。



# DRAM 架構

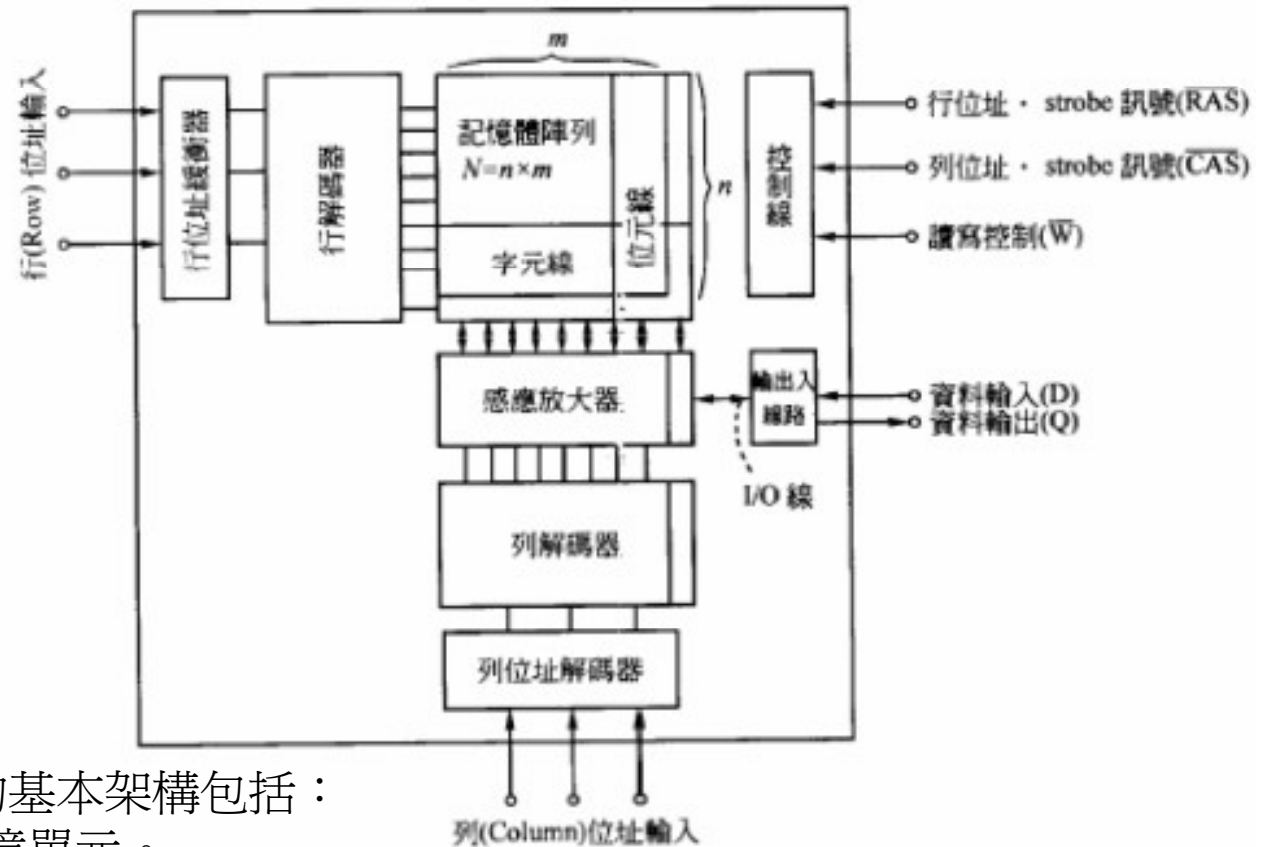


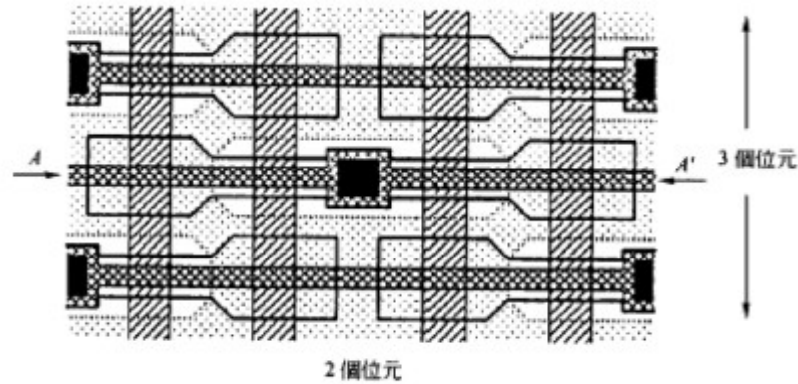
圖-1 MOS DRAM 的結構

根據以上的介紹DRAM的基本架構包括：

- 排列成二次元陣列的記憶單元。
- 感應放大器。
- 位址緩衝器(行/列)及位址解碼器(行和列)。
- 輸出預放大器、輸出主放大器和輸入緩衝器等輸出入線路。
- 控制線路等

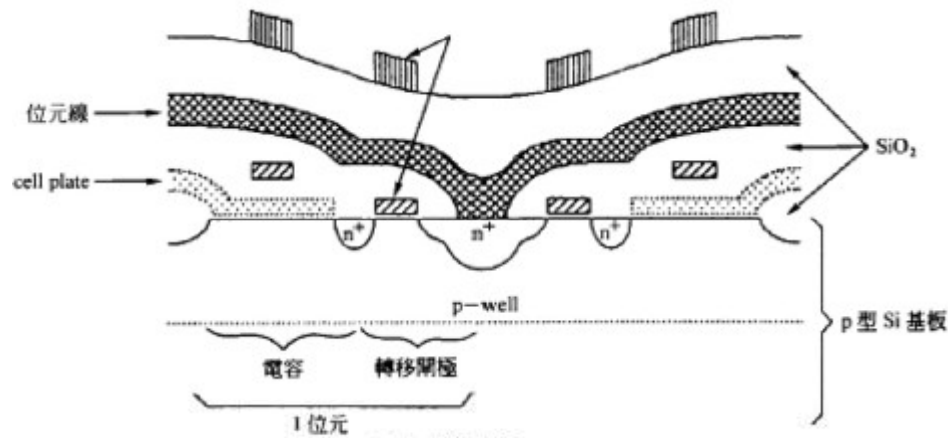


# 結構與佈局圖



(b) 平面圖(省略 A1 導線)

- : field 區域
- ▨ : poly I
- ▩ : poly II
- ▧ : poly III
- ▤ : A1 導線
- : poly III contact



(c) A-A' 橫斷面

圖-2 1 電晶體 + 1 電容型的記憶單元





# IBM 256 Mb DRAM

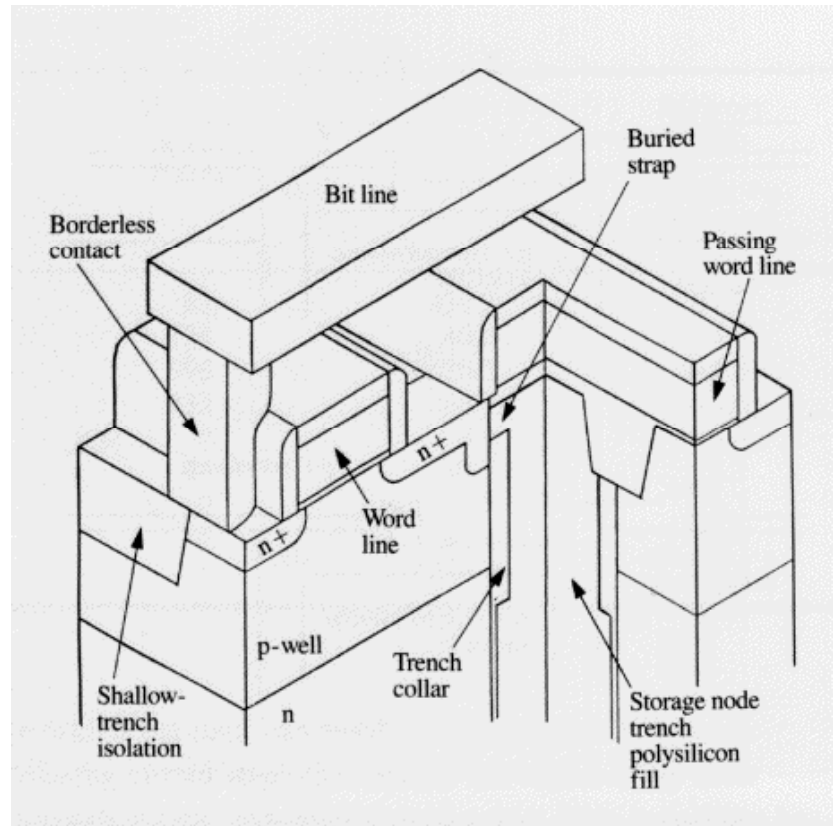


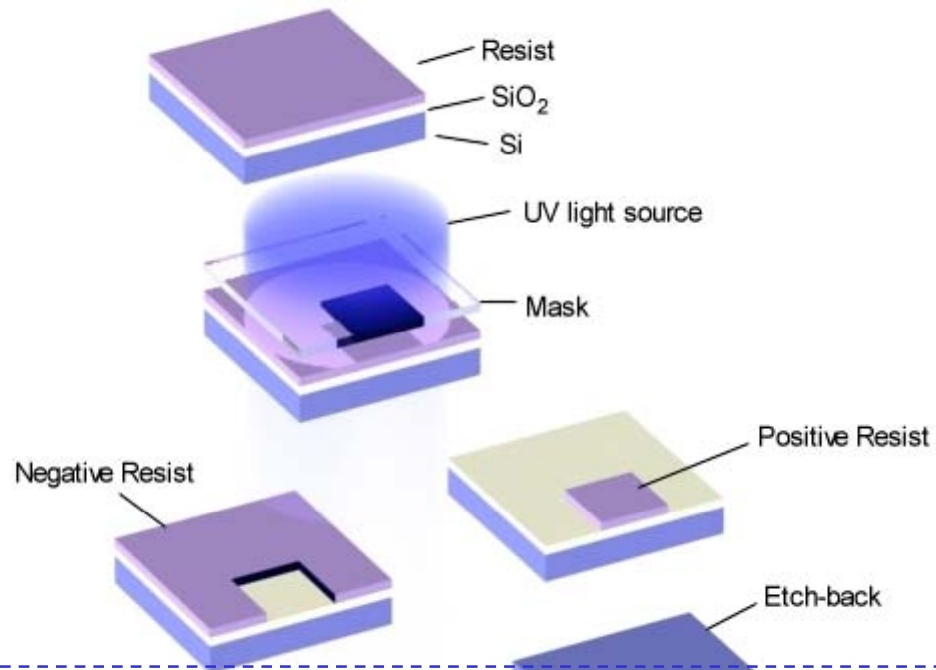
Figure 8

Cross section of 256Mb buried strap trench (BEST) DRAM cell.

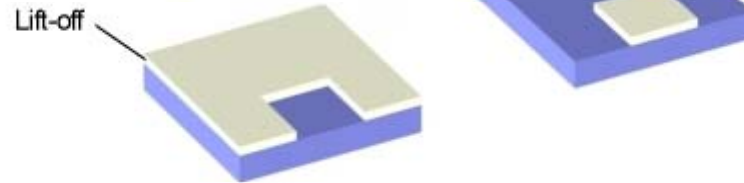


# 曝光顯影以及蝕刻

曝光顯影



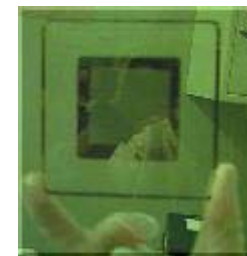
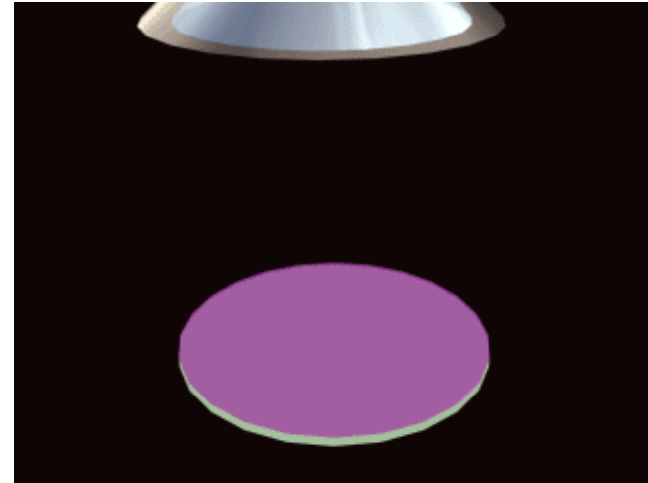
蝕刻





# 光罩

光罩即是將我們所要之設計電路圖形，利用電子束曝光系統將鉻膜上圖形製作在玻璃或石英上，再利用此光罩上金屬鉻膜擋住光線，而沒有金屬鉻膜的地方，光線就會穿透玻璃到達已塗佈有機光阻的晶圓上，經由光罩上透光與不透光的差別，可在光阻塗層上定義出曝光及不曝光的區域，經由適當的顯影步驟，去除感光的光阻（或去除未感光的光阻），即可用未感光的光阻（或感光的光阻），定義出光罩電路圖形。而目前晶圓上的光阻圖樣一般為光罩圖形的四分之一倍。





# 光阻

- 光阻介紹
- 光阻的作用是要將積體電路結構圖形印製在晶圓表面上，其功能有些類似底片上的感光劑。光阻主要可分為正光阻及負光阻二種。正光阻就是被光照射的部份可以被顯影液去除掉，而未曝光的光阻則不會被顯影液去除（左邊）。而負光阻則相反，被光照射的部份不會被顯影液去除，而其餘不被光所照射的區域將會被顯影液所去除（右邊）。

