

# 奈米材料

## 於建築工程的智慧化運用

高淑文

國立台灣海洋大學材料工程研究所

# Agenda

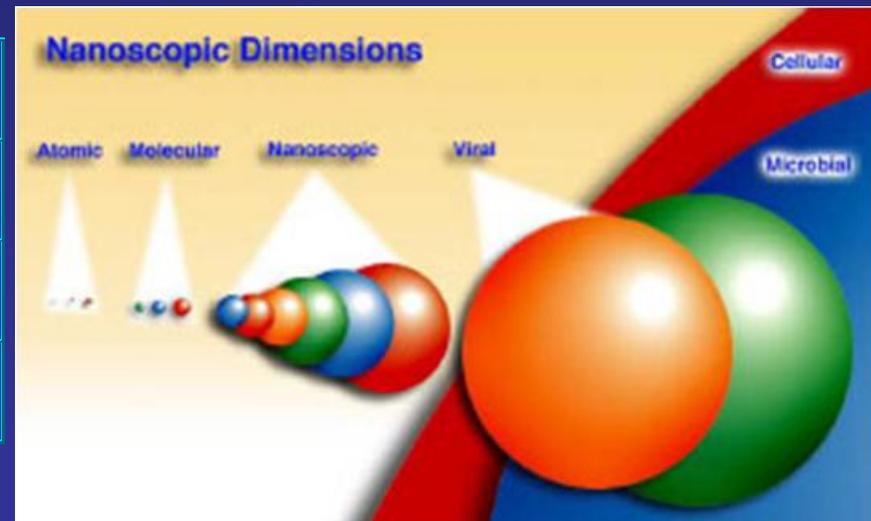
- 奈米材料定義
- 奈米材料製程
- 奈米特性與自然界的應用
- 奈米材料在建築上的運用
- 奈米材料檢測技術
- 奈米標章
- 結語

# 奈米是什麼東西?

米	豪米	微米	奈米	皮米	費米	阿米
m	mm	$\mu\text{m}$	nm	pm	fm	am
1	$10^{-3}$	$10^{-6}$	$10^{-9}$	$10^{-12}$	$10^{-15}$	$10^{-18}$



macroscopy	macro : cm~m
microscopy	micro : mm~ $\mu\text{m}$
mesoscopy	nano : 0.1nm~100nm
atomic theory	atomic : 0.1nm



• <http://www.strangematterexhibit.com/structure.html>

$10^{68}$   
 $10^{64}$   
 $10^{60}$   
 $10^{56}$   
 $10^{52}$   
 $10^{48}$   
 $10^{44}$   
 $10^{40}$   
 $10^{36}$   
 $10^{32}$   
 $10^{28}$   
 $10^{24}$   
 $10^{20}$   
 $10^{18}$   
 $10^{16}$   
 $10^{15}$   
 $10^{12}$   
 $10^9$   
 $10^8$   
 $10^6$   
 $10^4$   
 $10^3$   
 $10^2$   
 $10^1$   
 0

無量  
 不那阿恒極載正澗溝穰杼垓  
 京  
 兆  
 億  
 万  
 千  
 百  
 十  
 零

大思他祇沙  
 數議  
 量可由僧河

### SI system

tera(T)  
 giga(G)  
 mega(M)  
 kilo(k)

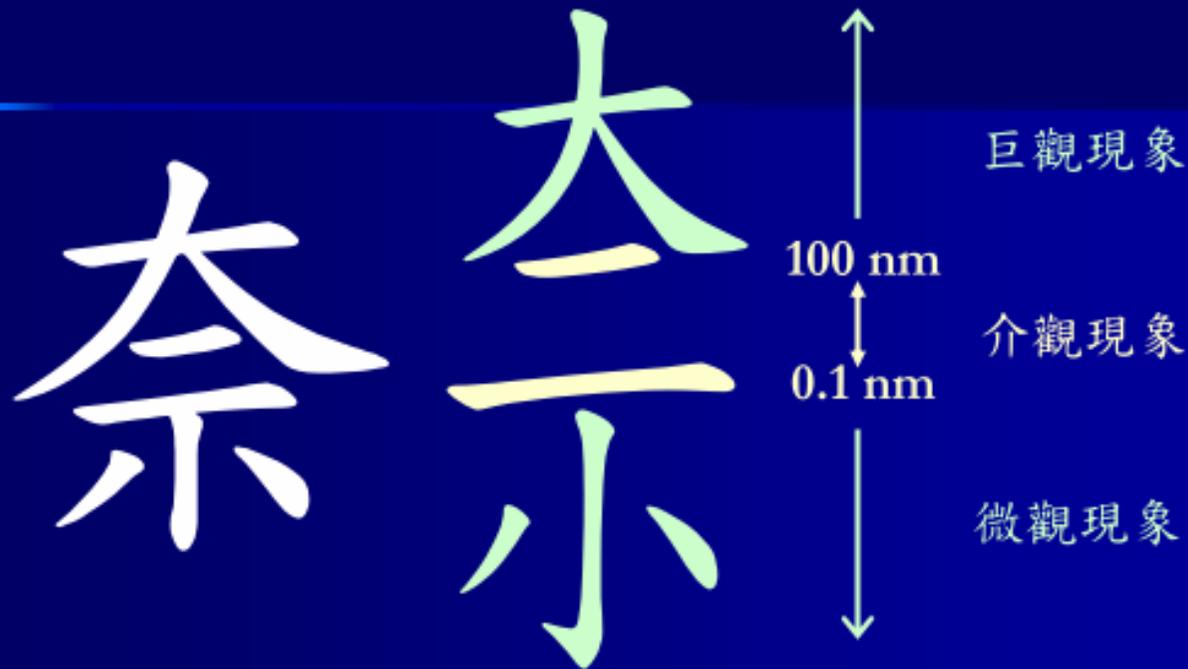
$10^{-1}$   
 $10^{-2}$   
 $10^{-3}$   
 $10^{-4}$   
 $10^{-5}$   
 $10^{-6}$   
 $10^{-7}$   
 $10^{-8}$   
 $10^{-9}$   
 $10^{-10}$   
 $10^{-11}$   
 $10^{-12}$   
 $10^{-13}$   
 $10^{-14}$   
 $10^{-15}$   
 $10^{-16}$   
 $10^{-17}$   
 $10^{-18}$   
 $10^{-19}$   
 $10^{-20}$   
 $10^{-21}$

分厘毛系忽微纖沙塵埃渺漠模逡須瞬息指那德空淨  
 糊巡

### SI system

milli(m)  
 micro(u)  
 nano(n)  
 pico(p)  
 femto(f)  
 atto(a)

# 奈米科技 (nano-technology)

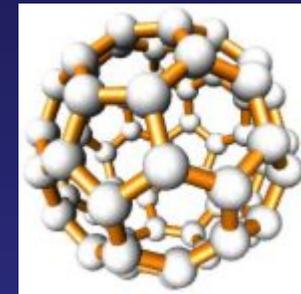


- 指在奈米尺度下 (1~100 nm) 操控原子、分子，並活用奈米尺度下表現出來的特殊物性、化性和生物性質，開發創新材料、製程、元件和系統產品的科技。

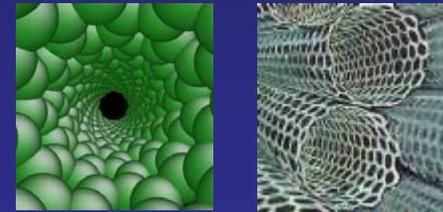
# 奈米材料定義

- 其中一維  $\leq 100\text{nm}$
- 奈米結構或粒子處於穩定狀態

零維奈米材料：奈米粒子、碳60分子團

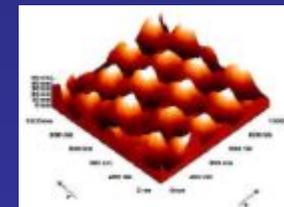


一維奈米材料：奈米碳管、奈米金屬線



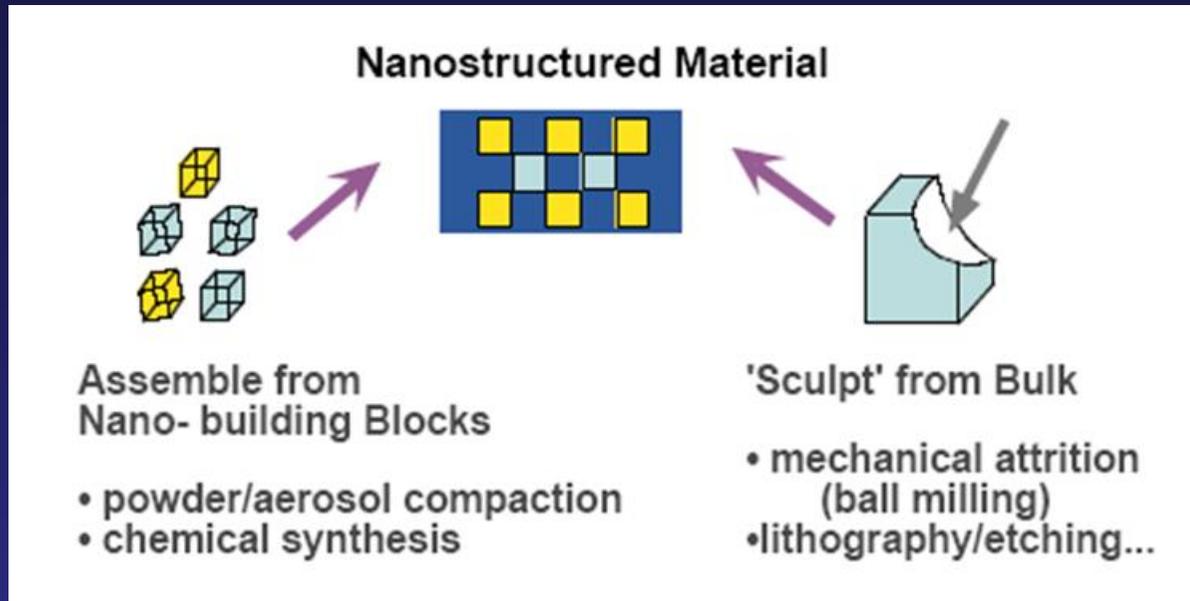
二維奈米材料：奈米薄膜

三維奈米材料???



From: [www.iis.u-tokyo.ac.jp/~bjoonkim/Image/Research/scale2.jpg](http://www.iis.u-tokyo.ac.jp/~bjoonkim/Image/Research/scale2.jpg)

# 奈米材料的製程



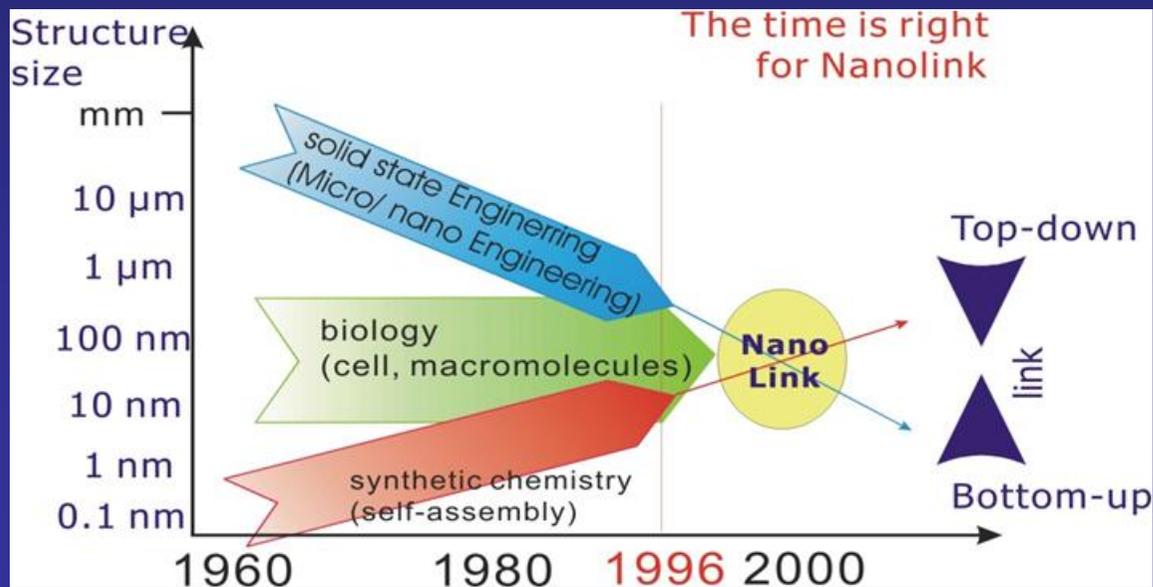
top down  
bottom up

From: Dr. Liu, W. C., The Application of Nano-Technology, ABRI

機械研磨法  
(High Energy Ball Milling)

溶膠凝膠法  
(Sol-Gel Process)

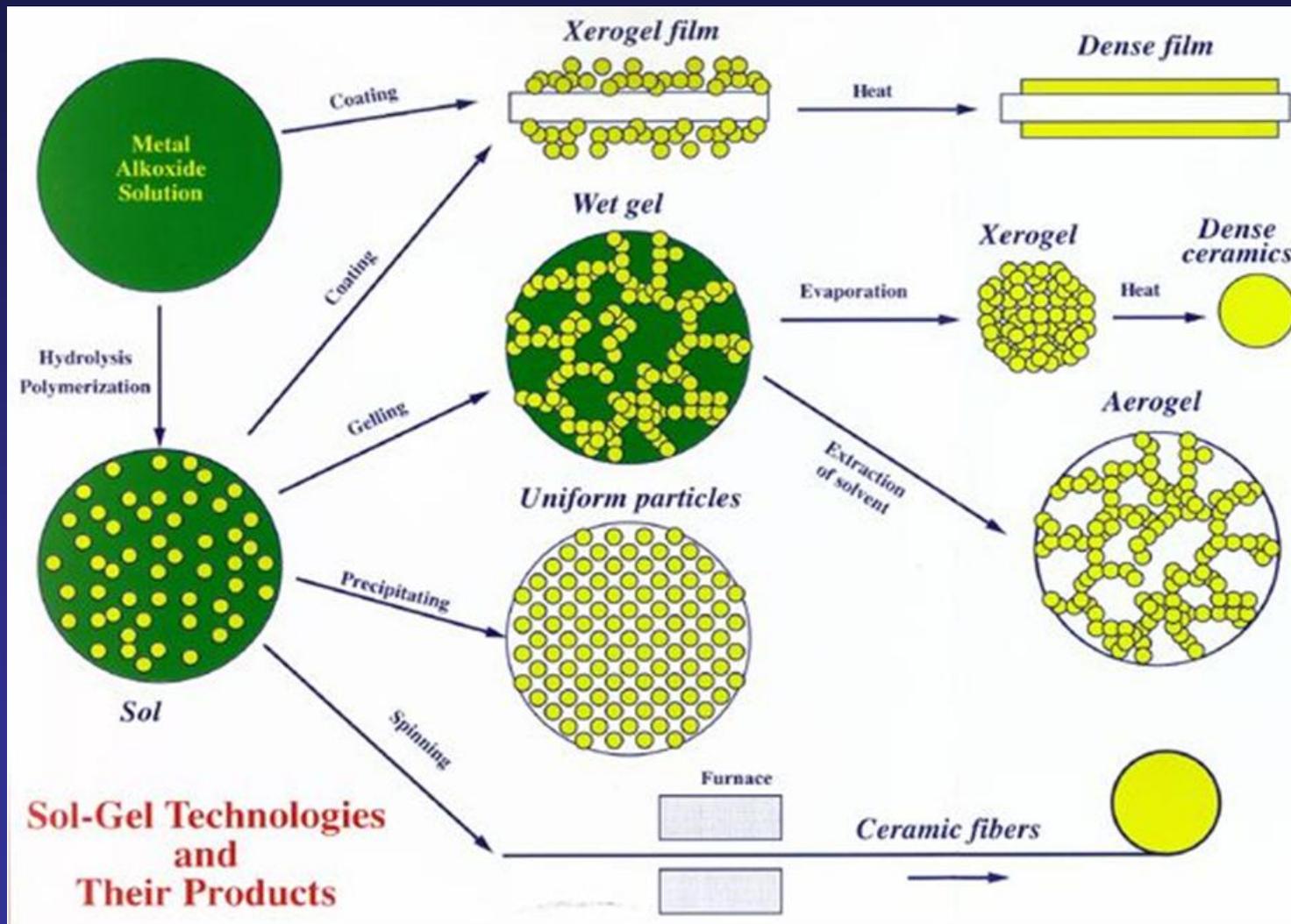
電漿增強式化學氣相沈積法  
(Plasma Enhanced CVD)



From: www.iis.u-tokyo.ac.jp/~bjoonkim/Image/Research/scale2.jpg

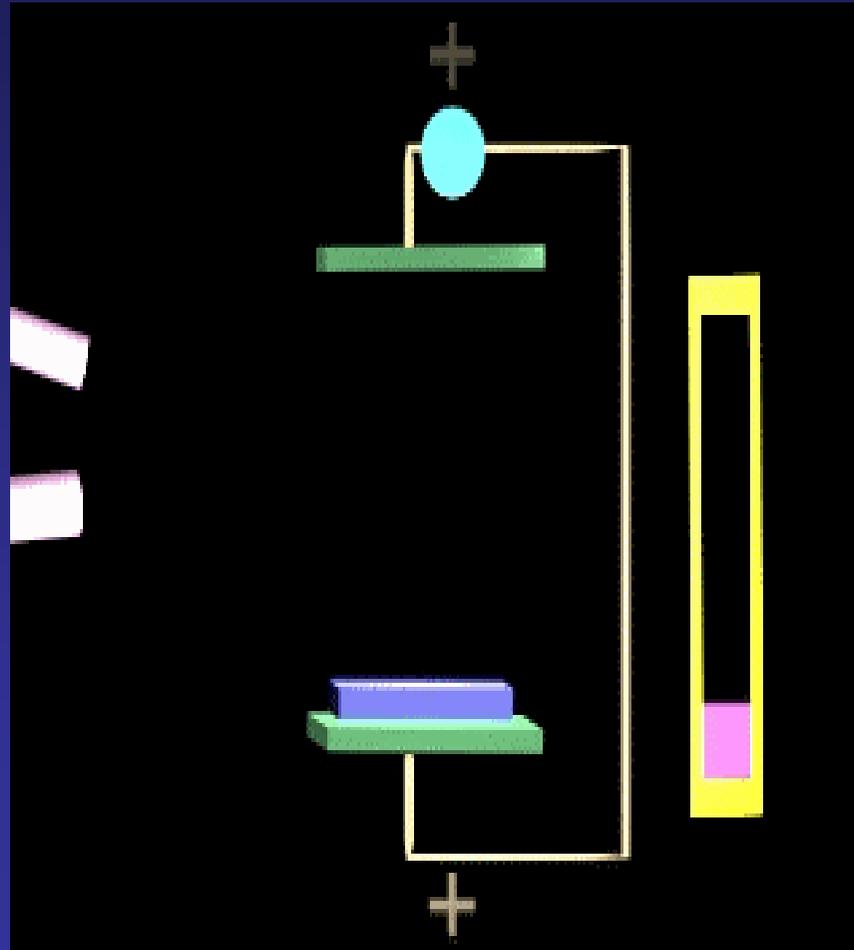
中華科技大學建築工程與環境設計研究所  
智慧化健康居住空間專題演講

# 溶膠凝膠法 Sol-Gel Process



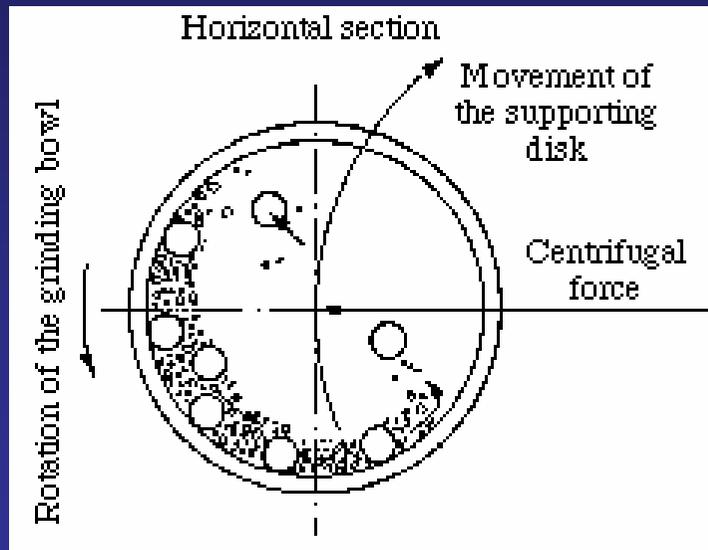
# 電漿增強式化學氣相沈積

## Plasma Enhances CVD



# 機械研磨法

## High Energy Ball Milling



# 零維奈米材料特性

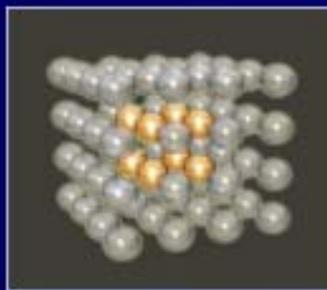
- 表面效應 ( **Surface effect** )
- 小尺寸效應 ( **Small size effect** )
- 量子尺寸效應 ( **Quantum size effect** )
- 量子效應：宏觀量子隧道效應  
( **Macroscopic quantum tunneling effect** )，量子限域效應 ( **Quantum confinement effect** )
- 其他效應.....

# 表面積效應

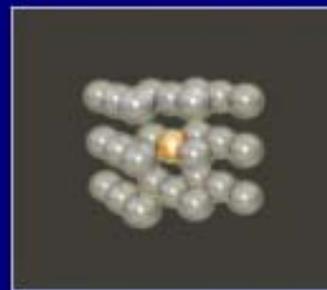
總原子個數	表面原子個數	表面原子比例
8	8	100%
27	26	96.3%
64	56	87.5%
125	98	78.4%



$5 \times 5 \times 5$



$4 \times 4 \times 4$



$3 \times 3 \times 3$



$2 \times 2 \times 2$

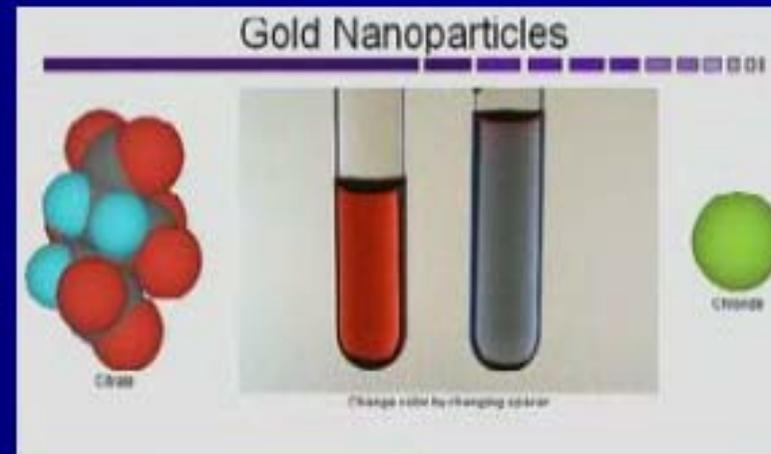
# 小尺寸效應

顆粒變小時所產生的光、聲、電、磁、熱等性質變化。

譬如：特別強韌、超耐熱或導電性超強。

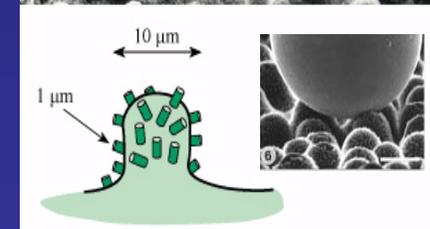
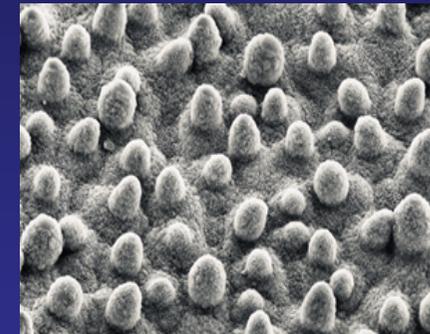
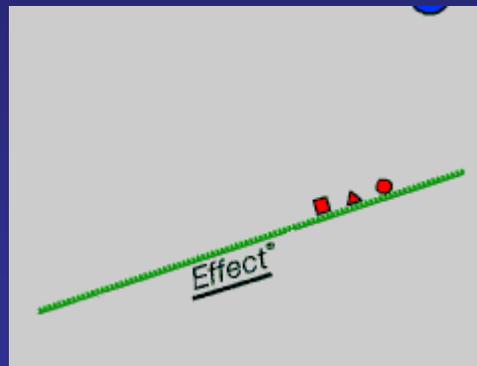
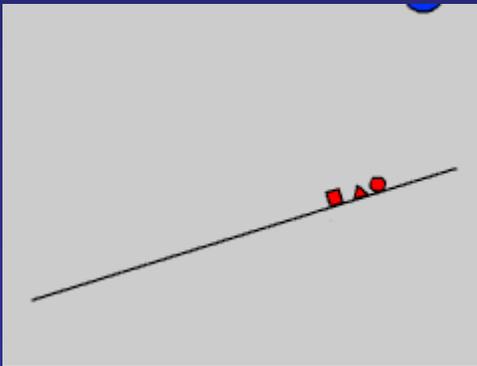
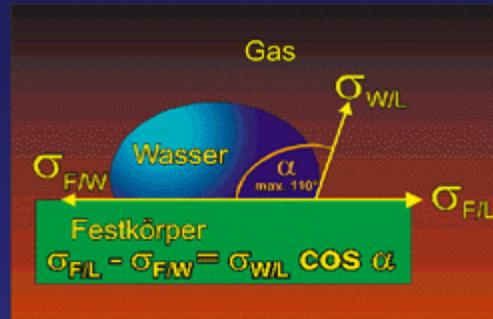
例如：

「金」元素在奈米層級時，顏色會改變，而且還會變成一種觸媒。許多以前無法解決的問題將一一消失，取代以新的課題。



# 奈米特性與自然界的應用

## 蓮花效應(Lotus Effect)



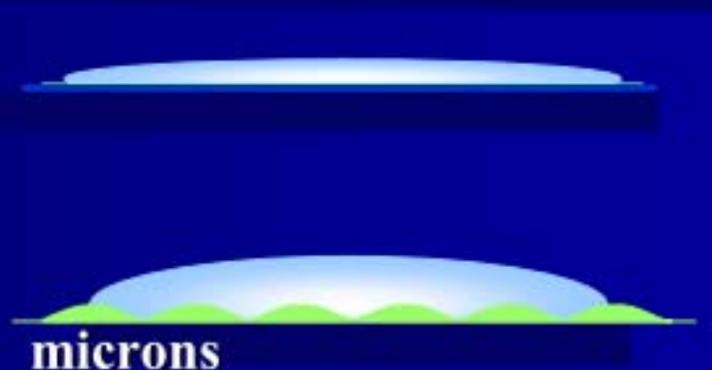
From: [http://www.protec-maschinen.de/lotus\\_effect-E.htm](http://www.protec-maschinen.de/lotus_effect-E.htm)

From: <http://nanotechweb.org/articles/news/4/4/5?alert=1>

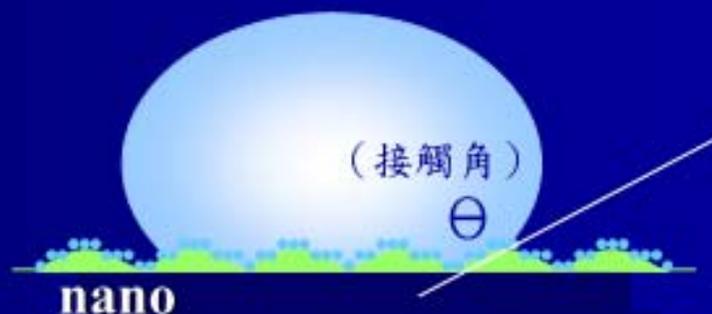
# 接觸角

當液體滴在固體表面上時，固體表面和液滴切線的夾角，就是所謂的接觸角。

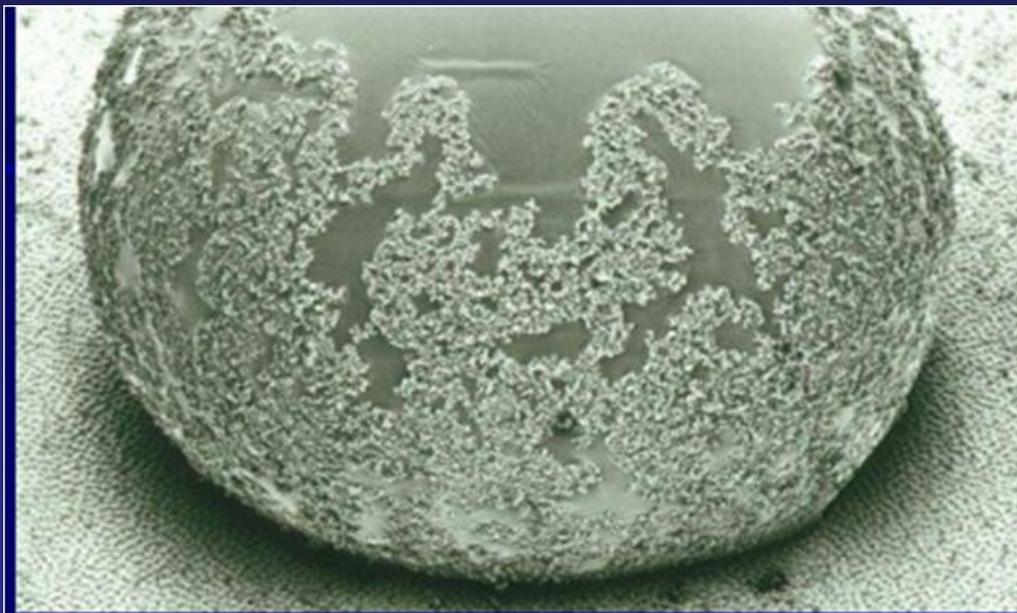
- 蓮葉表面的化學組成是蠟。水在一般石蠟上的接觸角約110度，這是因為蠟是飽和的碳氫化合物，所以極性較低，有較低的表面能。但是，我們由接觸角的實驗結果發現，水在蓮葉上的接觸角高達160度。所以除了蠟的組成之外，應該還有其他因素，使水在蓮葉上的接觸角高達160度。



- 當灰塵附著於蓮葉表面上時，因為蓮葉表面的纖毛結構，使灰塵和蓮葉的接觸面積減少，因此減少了灰塵和蓮葉間的吸附力量。而當水滴由葉面上滾過時，由於灰塵和水滴間的接觸面積大，灰塵粒子和水滴間有較強的吸附力，所以很容易就被水滴帶走。這就是蓮花為何能出污泥而不染了。

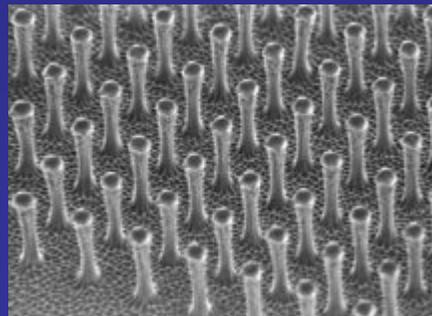
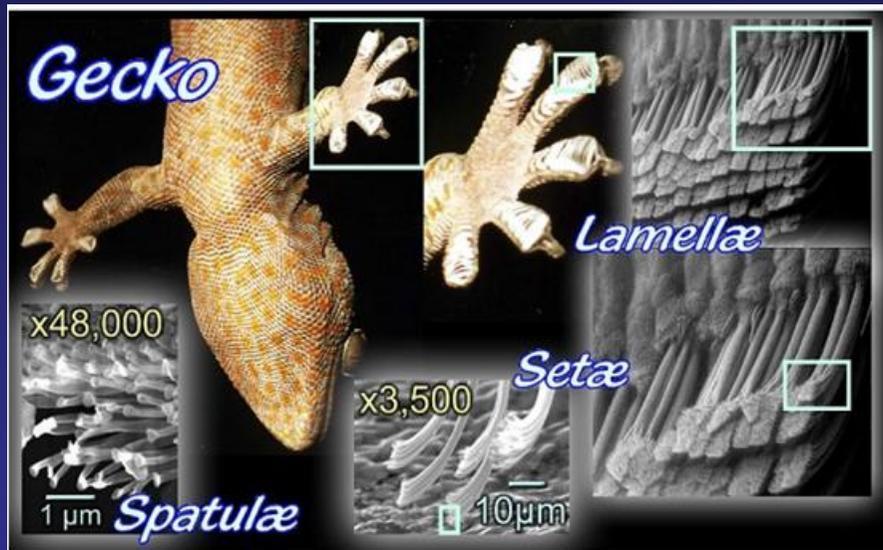


# 自潔



# 奈米特性與自然界的應用

## 壁虎的奈米吸盤(Gecko Setae)

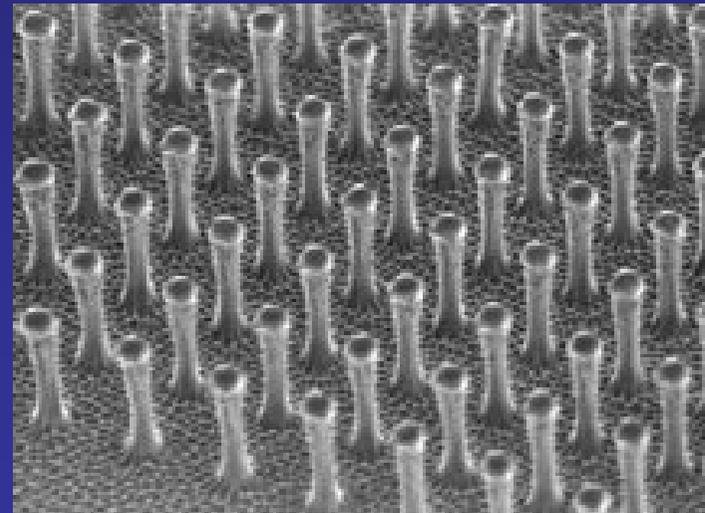


From:<http://animal.discovery.com/news/briefs/200208/geckoglue.html>

# 看我壁虎功的厲害

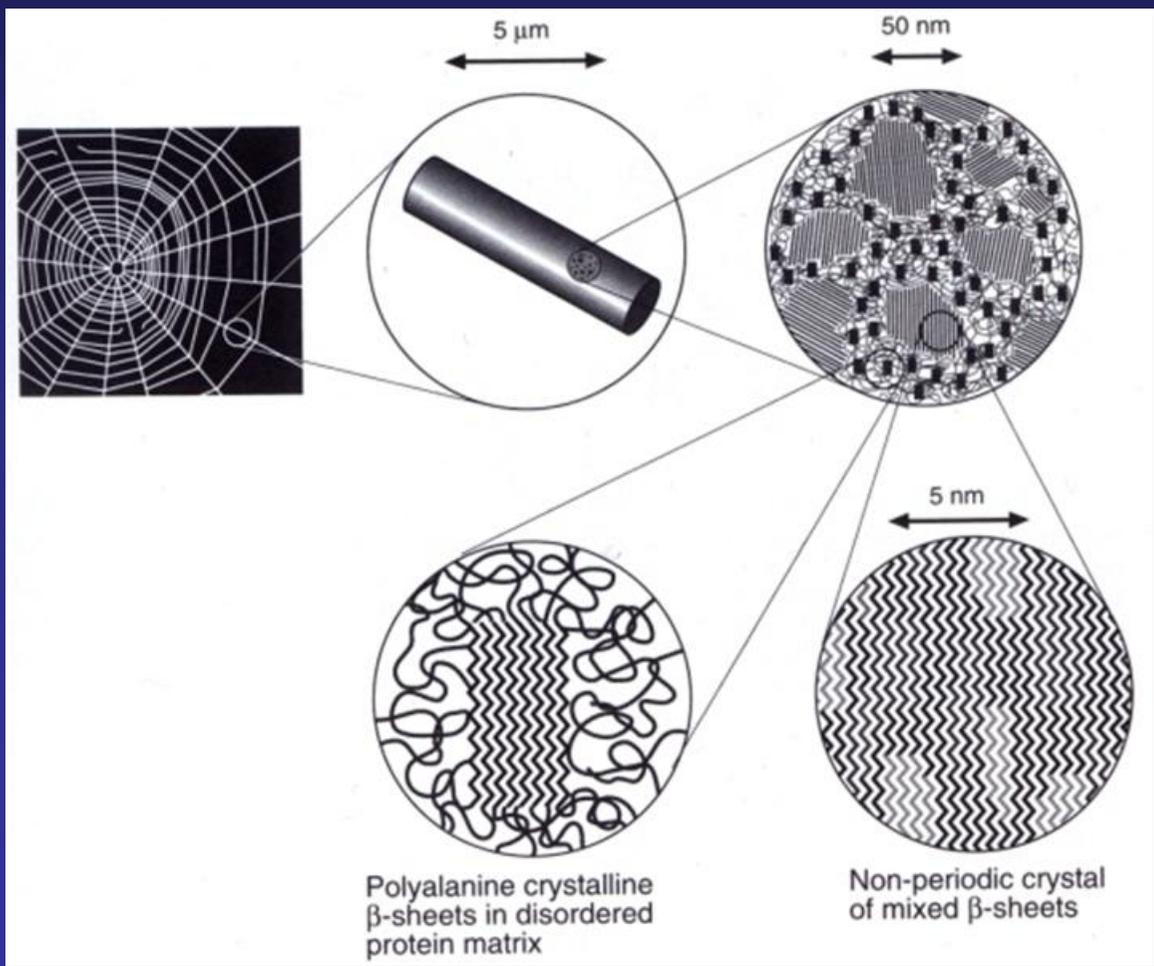


- 壁虎的腳底約有650萬根細毛，每根細毛大小為5奈米，末又有數百個類似吸盤的東西(tips)，看到上面布滿了許多奈米吸盤，他的尺寸大小是長度40奈米，每根細毛可支撐20mg的重量，壁虎主要就是靠這些吸盤吸附在牆壁上。因此壁虎可以自由行走於天花板並且無用久失效的問題。
- 壁虎腳底大量的細毛與物體表面分子之間產生了「凡得瓦力」。每平方吋可支撐200磅的重量。



# 奈米特性與自然界的應用

## 世界上最強的纖維—蜘蛛絲 (Spider webs and silk fibers)



From: [http://www.phys.ntnu.no/complex/nanotechnology\\_e.php3](http://www.phys.ntnu.no/complex/nanotechnology_e.php3)

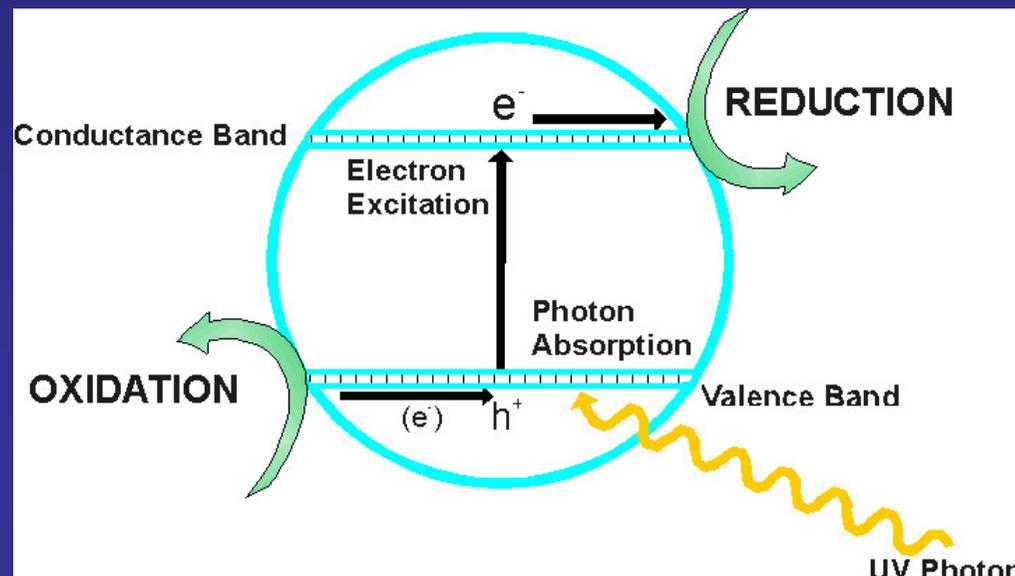
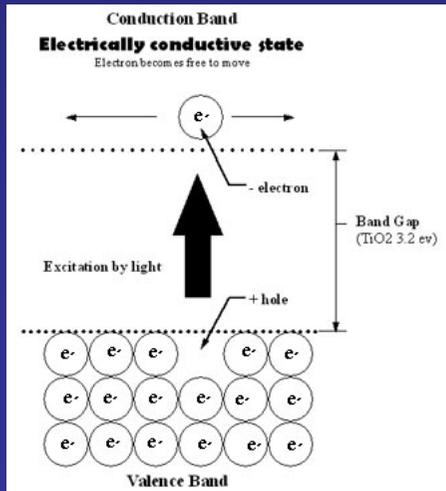
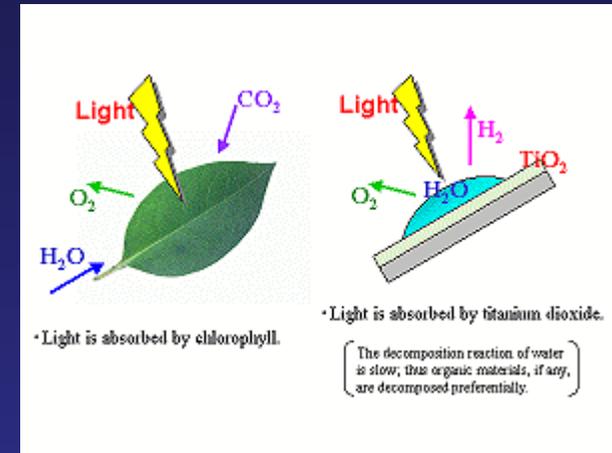
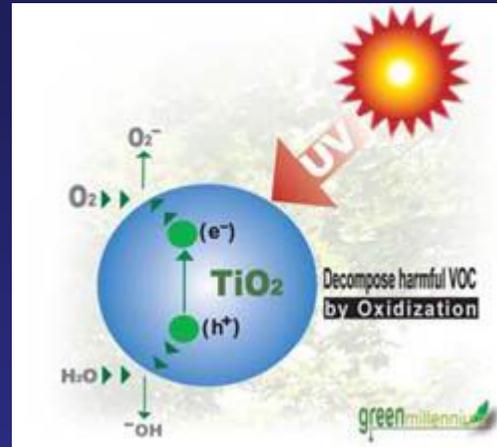
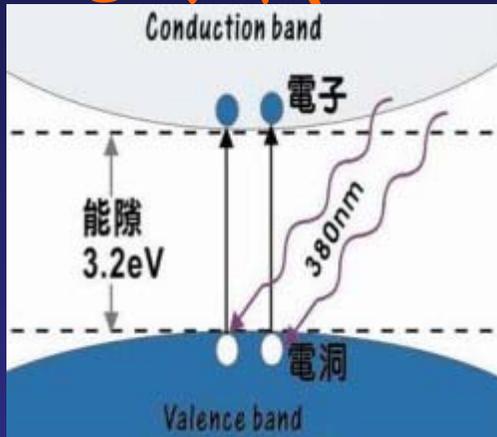
# 蜘蛛絲



- 美國科學家Lynn Jelinski，曾經以D-NMR(氘-核磁共振儀)來分析蜘蛛絲，發現蜘蛛絲蛋白丙胺酸內，存在著胺基酸規則排列與不規則兩大區域。另外，蜘蛛吐出來的絲常常是粗細不定的。其實固體狀的蜘蛛絲內呈不規則糾結狀的甘胺酸蛋白分子鏈，是其具有彈性的原因。而另一種規則的2nm左右的丙胺酸結晶性蛋白分子鏈，以及50nm左右的非週期性規則排列分子鏈，則可能是其強度的來源。實驗證明吐絲越快，施力越強，其皺摺狀分子鏈形成的結晶構造也就越多，其強度也會增大。
- 日前，德國科學家利用紫外雷射脈衝均勻地縮減黑寡婦蜘蛛絲的直徑，順利將3~5  $\mu\text{m}$ 直徑的蜘蛛絲縮減到100nm左右且強度不會降低，並將其纏繞在極細的導電金屬絲上製成強度極高的導線。並設計用電鍍方法直接把導電金屬鍍在蜘蛛絲上，從而可製成長度約1m的奈米導線。

# 奈米材料在建築上的運用

## 光觸媒(Photocatalysis)

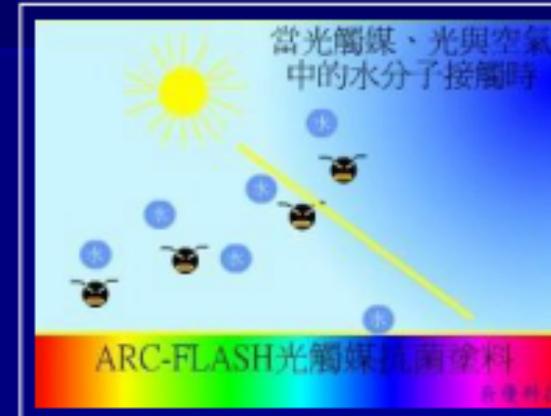


From: <http://www.novapure.com/DesktopDefault.aspx?tabid=71>

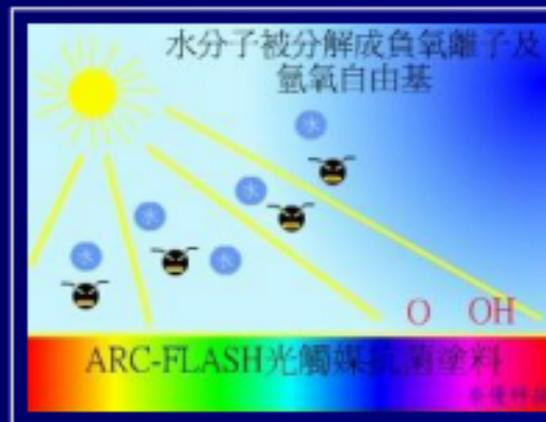
# 奈米材料在建築上的運用

光觸媒

## 光觸媒的運用



## 當光觸媒, 光和空氣的水分子接觸時



## 水分子被分解成負氧離子及氫氧自由基



## 殺菌、脫臭、自淨、防霉



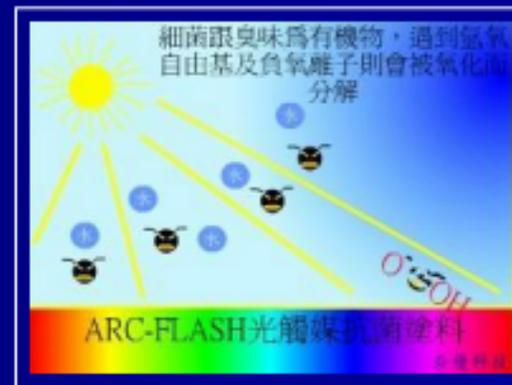
負氧及氫氧自由基具有強氧化能力



細菌跟臭味為有機物，遇到氫氧自由基及負離子會被氧化分離



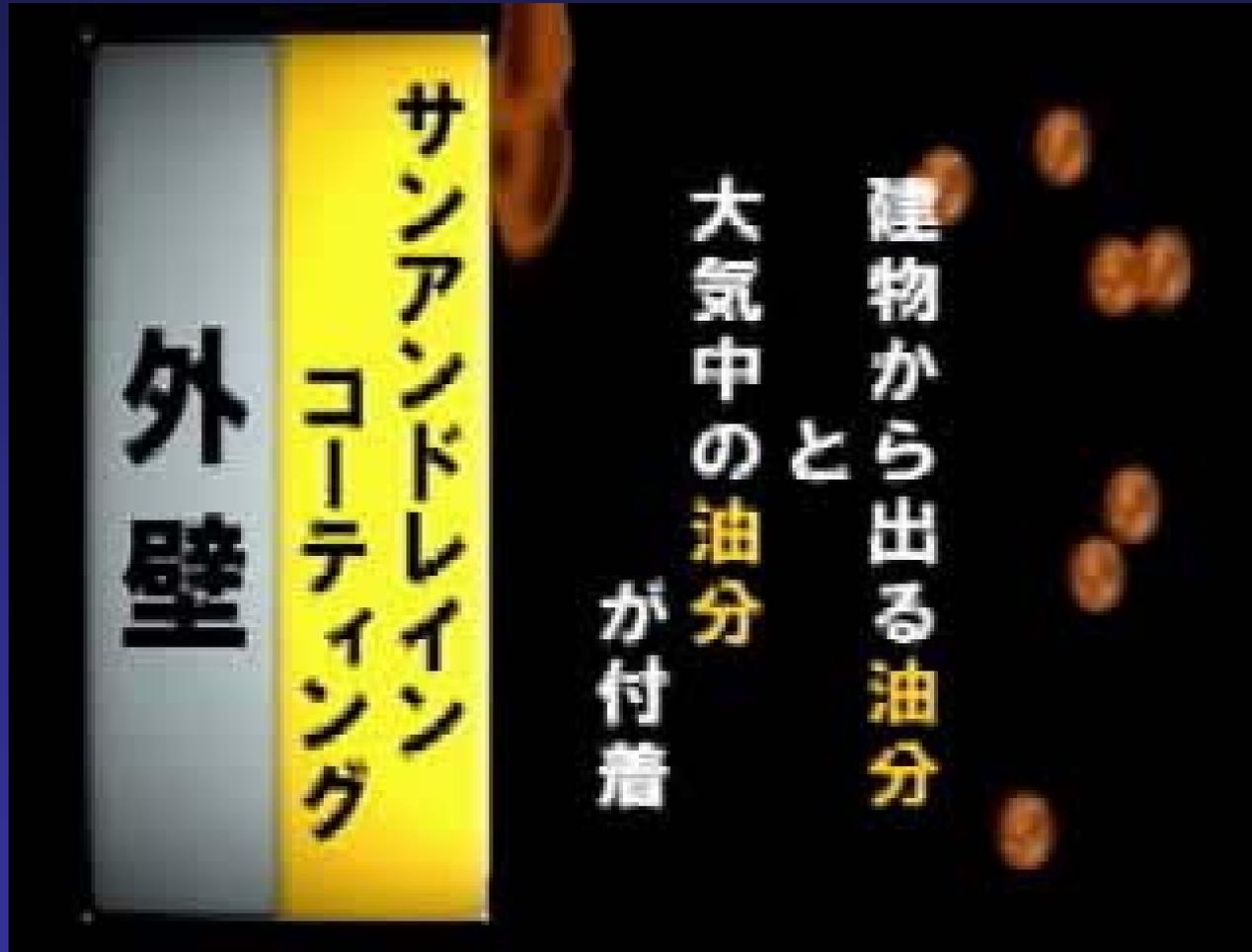
如此便完成一個氧化還原反映，然後不斷地重複分離空氣中的細菌及臭味



# 奈米材料在建築上的運用

光觸媒

光觸媒的運用



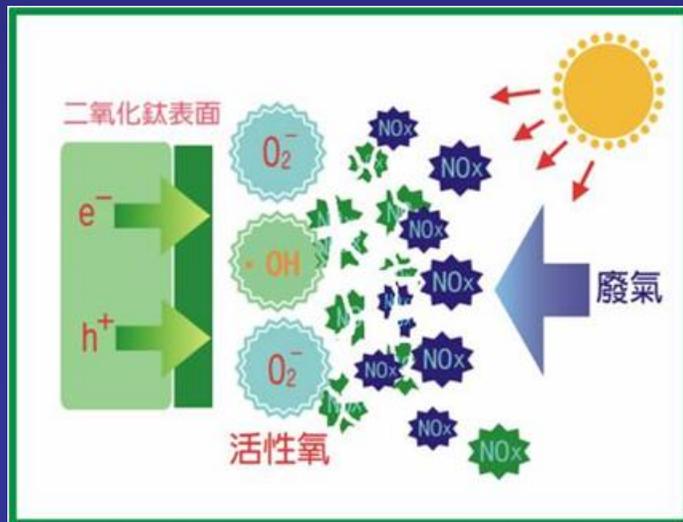
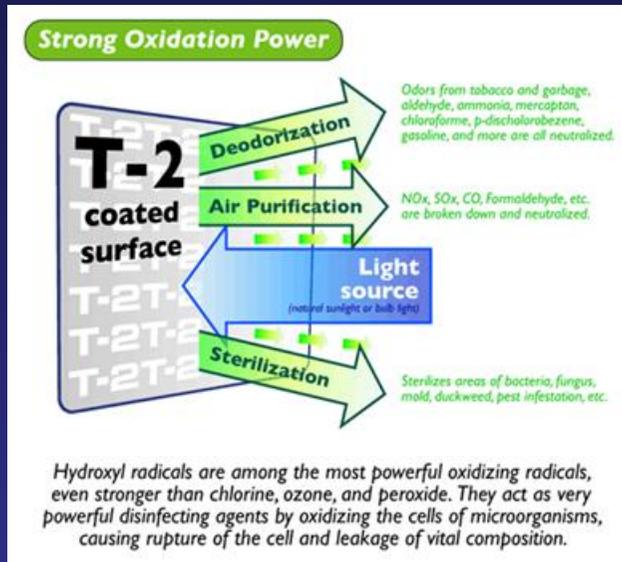
From: <http://www.ejkjapan.co.jp>

中華科技大學建築工程與環境設計研究所  
智慧化健康居住空間專題演講

# 奈米材料在建築上的運用

光觸媒

## 光觸媒的分解污染物機制

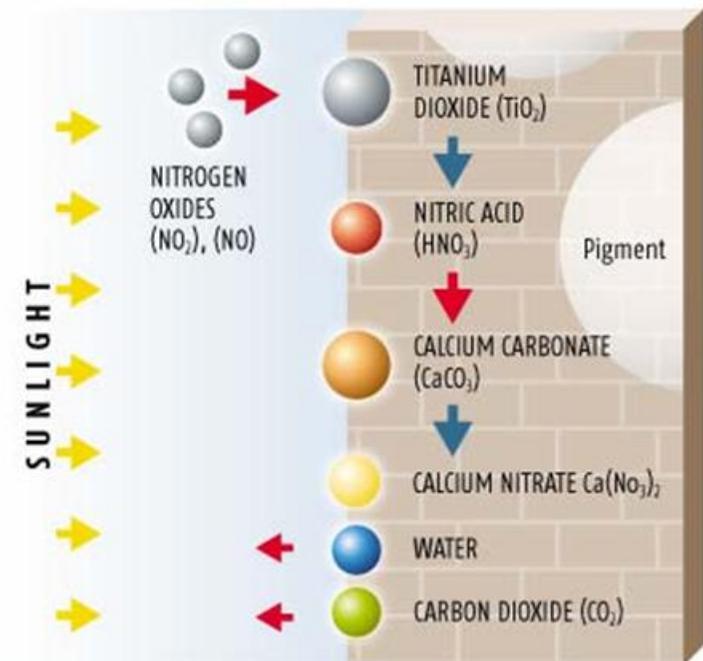


### PAINT REACTION

Capturing energy from sunlight to neutralise pollution

Titanium dioxide particles absorb energy from UV in sunlight. Nitrogen oxides adsorbed onto the particles are converted to nitric acid

The acid then reacts with calcium carbonate, locking the NO<sub>x</sub> gases up in calcium nitrate, releasing CO<sub>2</sub> and water

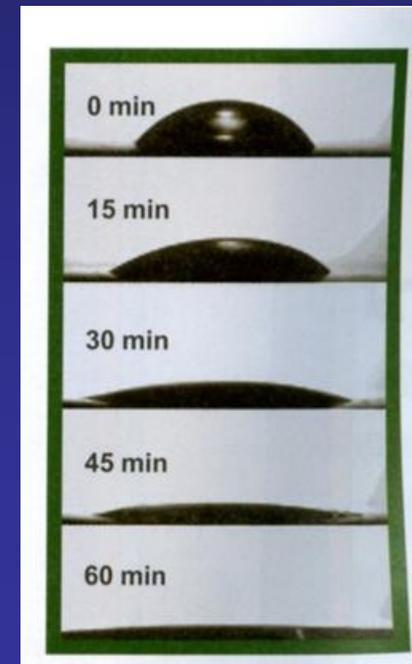
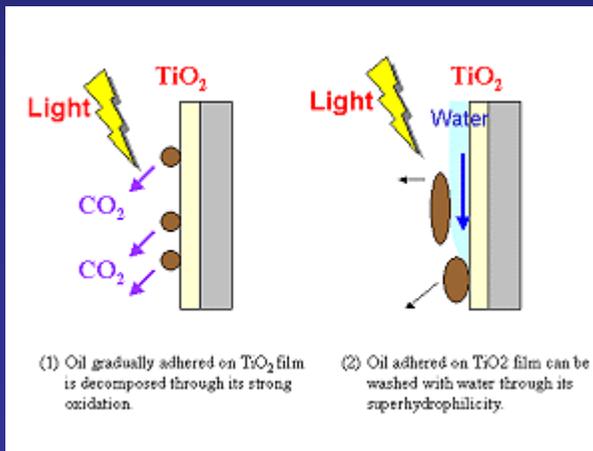
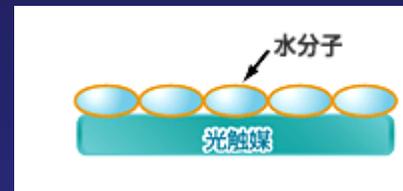
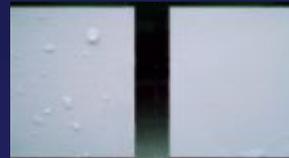
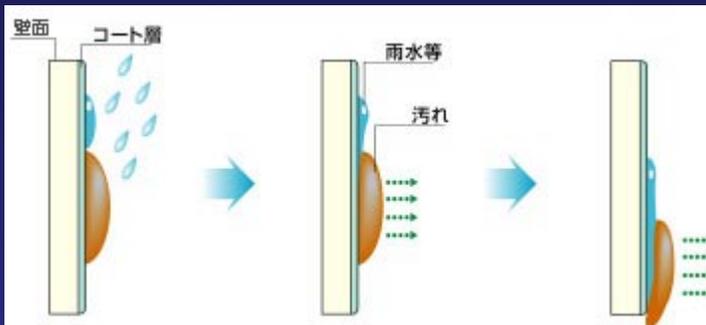


From: <http://er1.org/docs/sample%20solutions/Products/photocatalytic%20paint.jpg>

# 奈米材料在建築上的運用

## 光觸媒

### 光觸媒的自靜機制

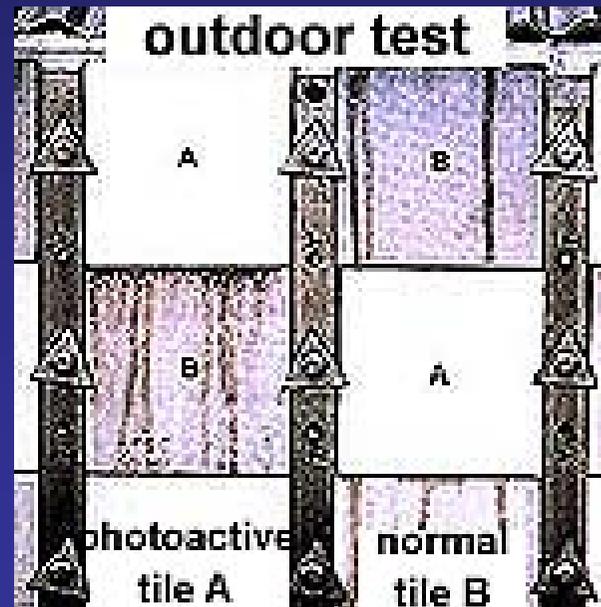


From: <http://www.nanonet.go.jp/english/mailmag/2005/044a.html>

# 奈米材料在建築上的運用

## 光觸媒

### 光觸媒的自靜機制



「このドーム、いつも天井が白くて明るい。汚れないのかしら?」

「あります!」  
TOTO

はい、それとても汚れにくくなっています。TOTOの光触媒技術(ハイドロテク)を応用して開発された「光触媒テント」なら、太陽光を受けるだけで表面の汚れも浮かせ、雨が洗い流します。汚れが付かなくなるので、清掃の手間やコストを大幅に削減できるのです。しかも、空気中の有害物質NOxやSOxを分解する空気清浄効果まで発揮します。光触媒技術のライセンス展開は、テントだけでなくさまざまな企業で採用され、ビルの外壁や高速道路の防音壁など、21世紀のクリーン技術としてビジネスチャンスを広げています。

\*光触媒\*の働きにより、自然の力できれいになるセルフクリーニング効果を発揮。

①太陽光が汚れを浮かす。      ②雨が洗い流す。

(こんなところにも、TOTOの光触媒技術。)  
さまざまな企業が、ご採用。

光触媒技術(ハイドロテク)に関するお問い合わせ先  
東京府川崎市中原区上野木 4-1-1  
TOTO株式会社 環境技術センター  
TEL 0467-54-3572 受付時間: 9:00~17:00

光触媒技術の採用先(お問い合わせ先)に関するお問い合わせ先  
〒105-8501 東京都港区新橋 2-1-1  
TOTO株式会社 環境技術センター  
TEL 0570-01-1010 FAX 0570-01-2111  
受付時間: 9:00~18:00 土曜・日曜・お盆・年末年始は休業

光触媒技術の採用先  
〒112-8501 東京都文京区湯島 1-1-1  
TOTO株式会社 環境技術センター  
TEL 0120-446-719  
受付時間: 24時間受付(受付時間: 9:00~17:00)

www.com-et.com

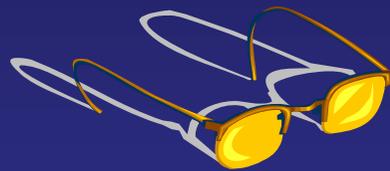
# 奈米材料在建築上的運用

## 光觸媒

### 為什麼光觸媒大部分是二氧化鈦TiO<sub>2</sub>?

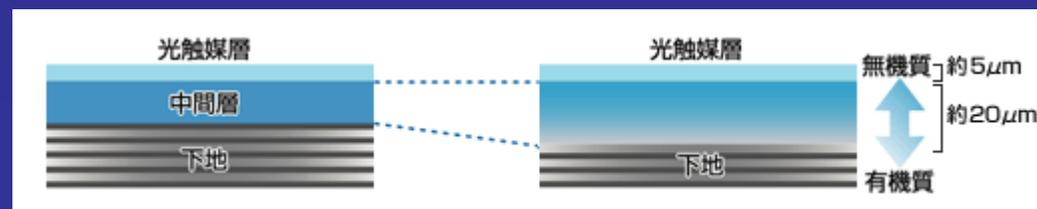
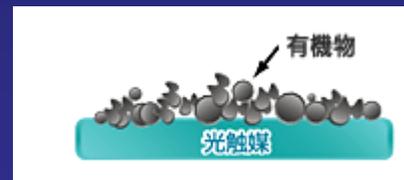
TiO<sub>2</sub>、ZnO、Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、WO<sub>3</sub>、SnO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、KTaO<sub>3</sub>、Ni-K<sub>4</sub>Nb<sub>6</sub>O<sub>17</sub>、CdS、ZnS、CdSe、GaP、CdTe、MoSe<sub>2</sub>、WSe<sub>2</sub>

- 價格
- 毒性
- 穩定性



### 光觸媒可能的缺點

- 分解有機化合物與含碳物質
- 光觸媒脫落
- 奈米粉塵



# 奈米材料在建築上的運用

## 奈米塗料



## 塗料工作性需求

乾燥收縮、起泡、垂流

## 塗料功能性需求

隱蔽、增加亮度

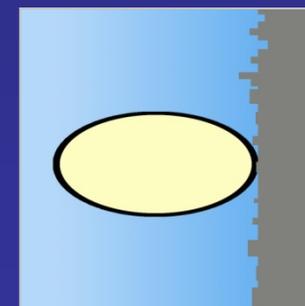
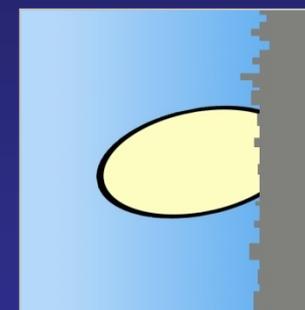
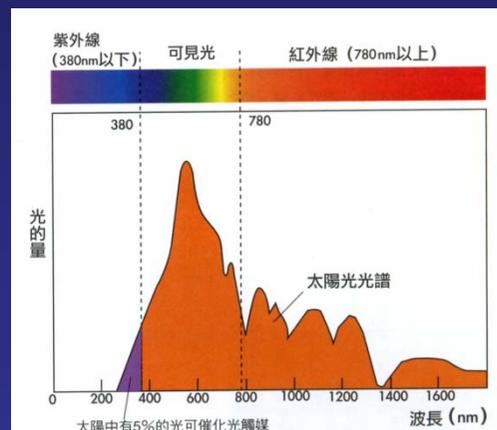
綠建材

機能需求

隔熱性

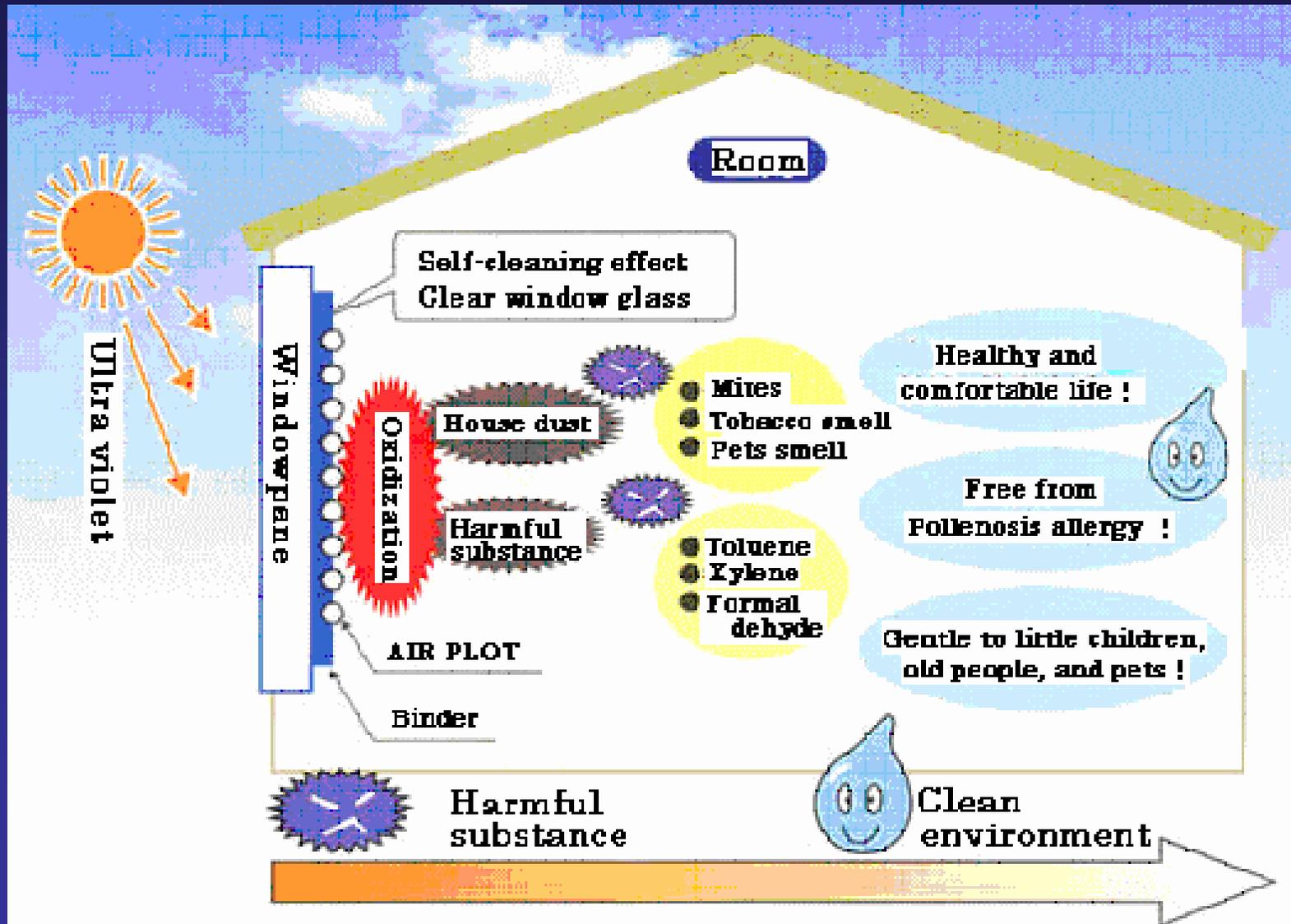
抗紫外光與紅外光

自潔性



# 奈米材料在建築上的運用

## 奈米塗料



# 奈米材料在建築上的運用

## 奈米陶瓷

### 奈米衛浴

- 抗污性
- 抗沖刷
- 抗酸鹼



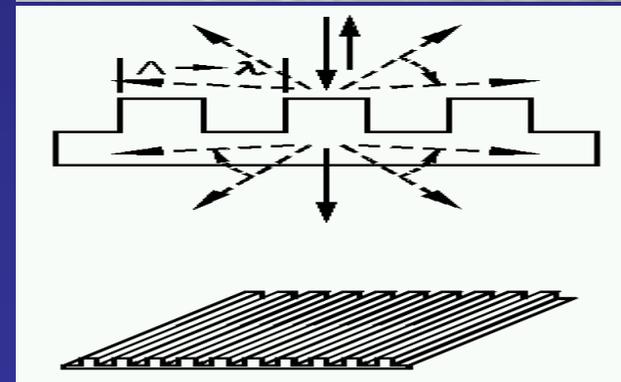
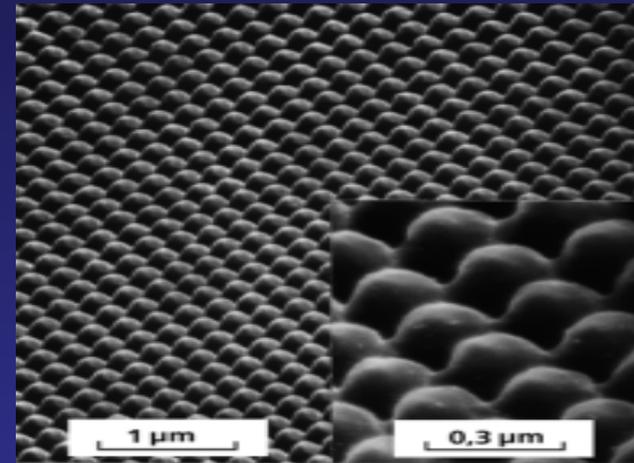
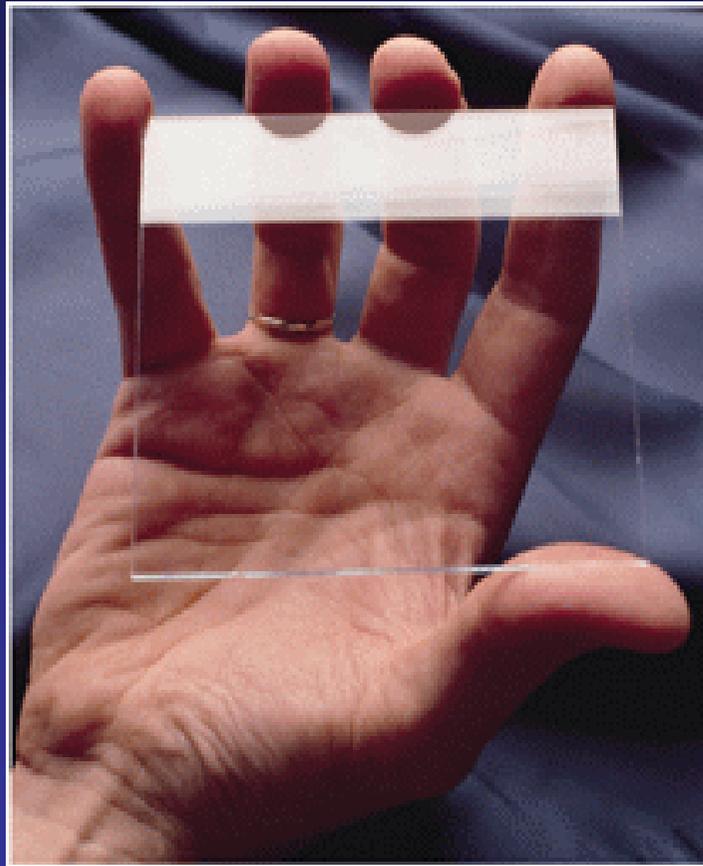
### 奈米面磚

- 自潔性
- 抗光性
- 抗酸鹼
- 抗磨性
- 耐火性



# 奈米材料在建築上的運用

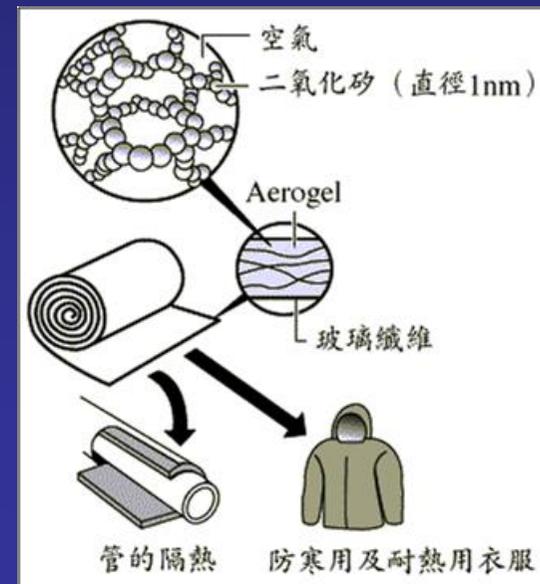
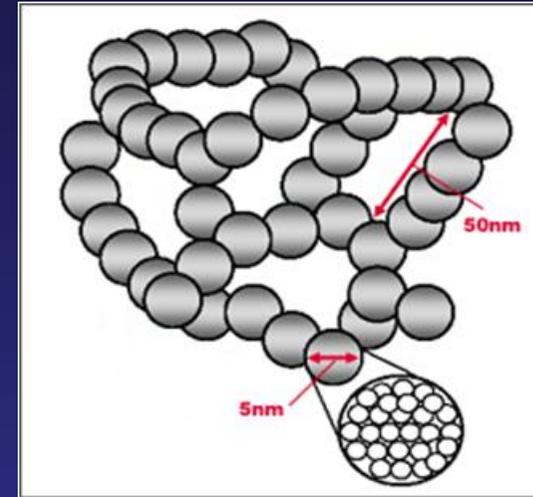
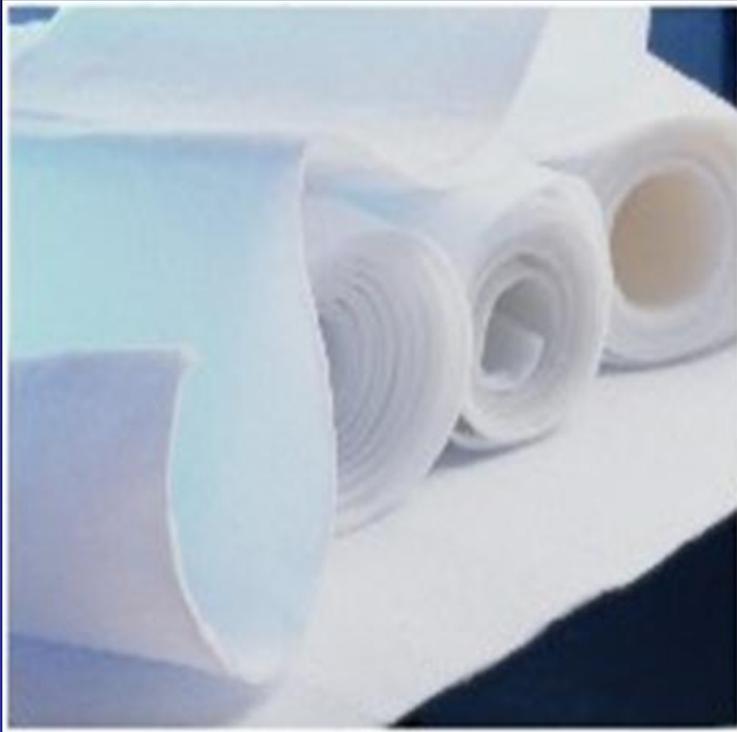
## 奈米材料在玻璃上運用



From: Dr. Liu, W. C., The Application of Nano-Technology, ABRI

# 奈米材料在建築上的運用

## 奈米織布

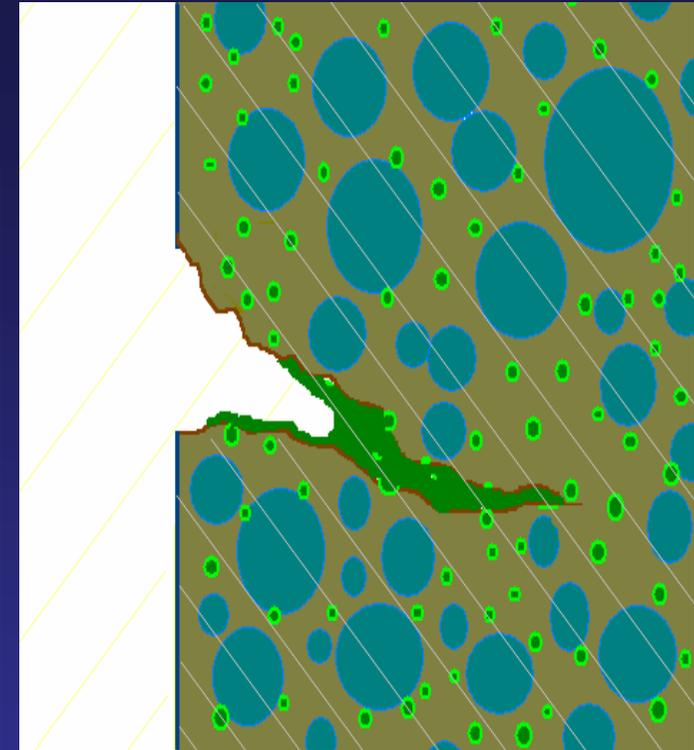
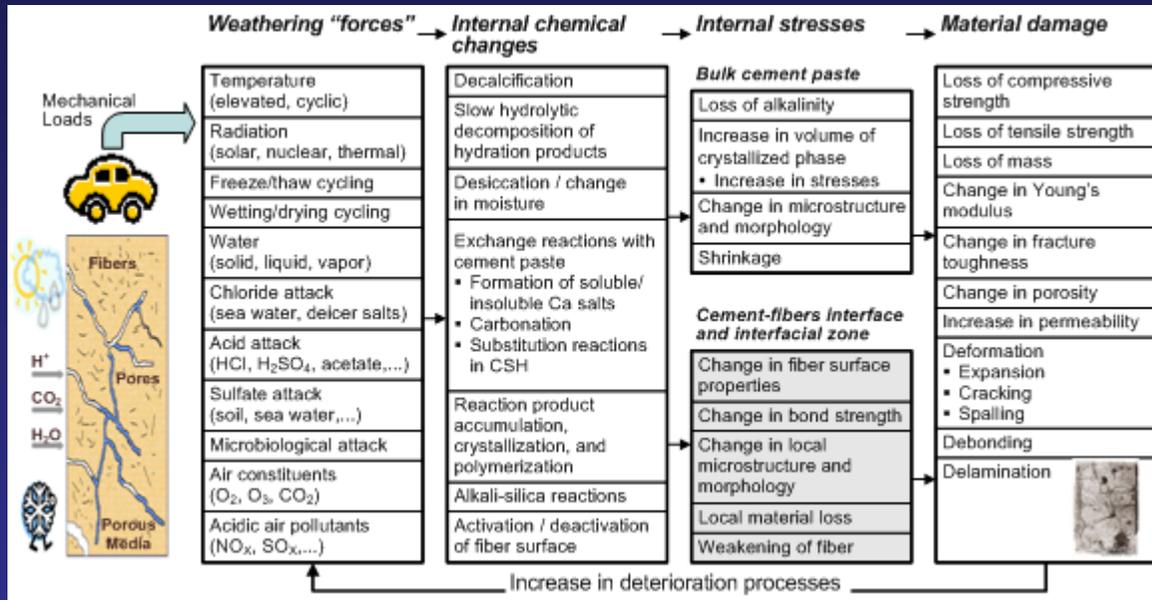


From: Dr. Liu, W. C., The Application of Nano-Technology, ABRI

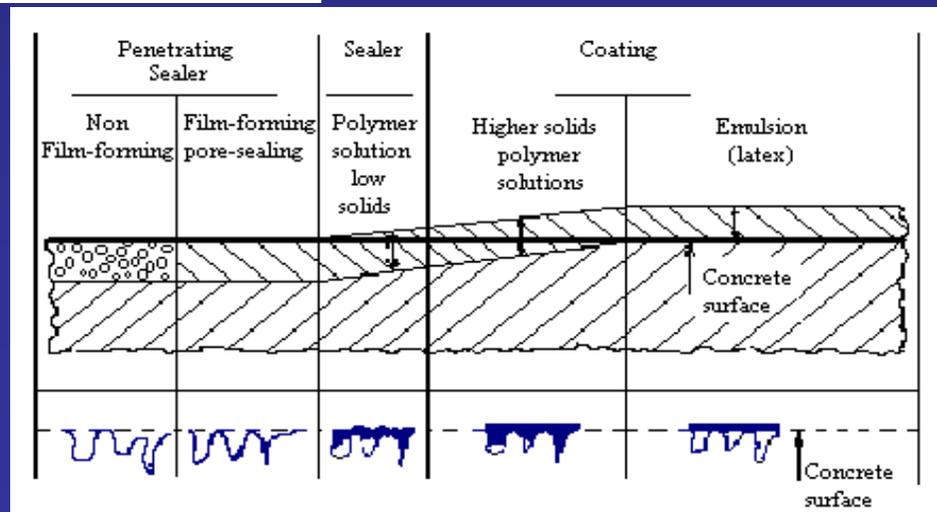


# 奈米材料在建築上的運用

## 奈米防水與修補材料



From: <http://people.vanderbilt.edu/~florence.sanchez/>



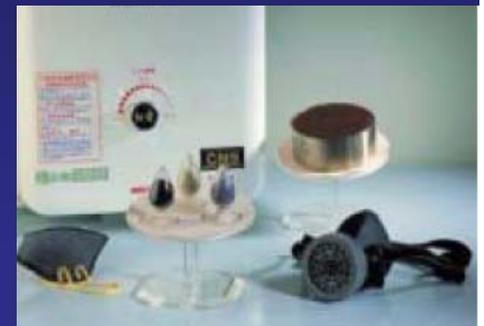
# 奈米材料在建築上的運用

## 奈米金屬與合金

金屬基材中含有奈米粒子或奈米結構組成之金屬材料，若為含有兩種以上成分者稱為奈米合金

### 奈米金

可作為選擇性氫反應催化劑，迅速地把一氧化碳氧化成二氧化碳、將氮氧化物還原  
(奈米金遇到蛋白質---變紅色)



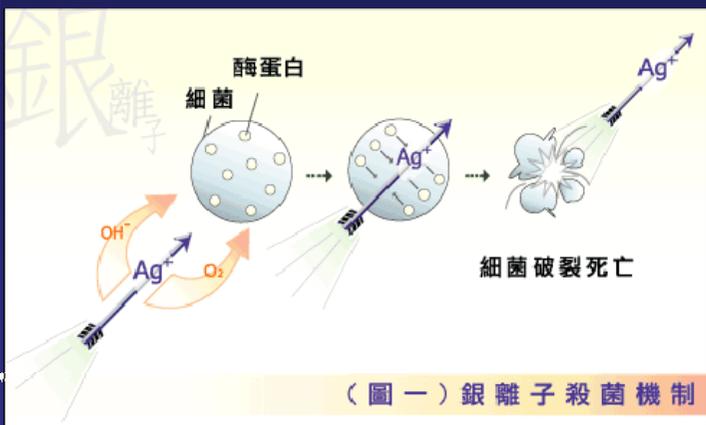
### 奈米銀

高活性銀離子能吸引細菌體內西每蛋白上的硫氫基，迅速地結合在一起，並使含硫氫基之酵素失去活性，使細菌死亡

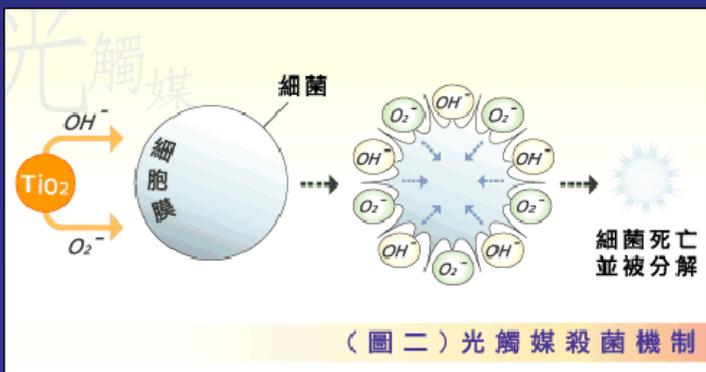


# 奈米材料在建築上的運用

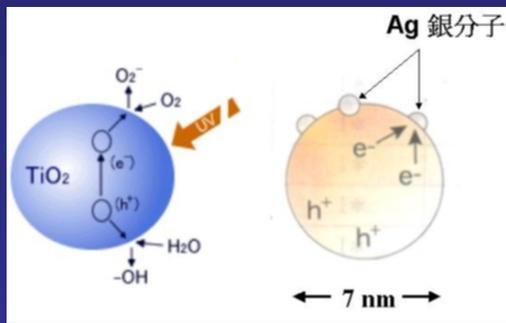
## 奈米銀與二氧化鈦



(圖一) 銀離子殺菌機制

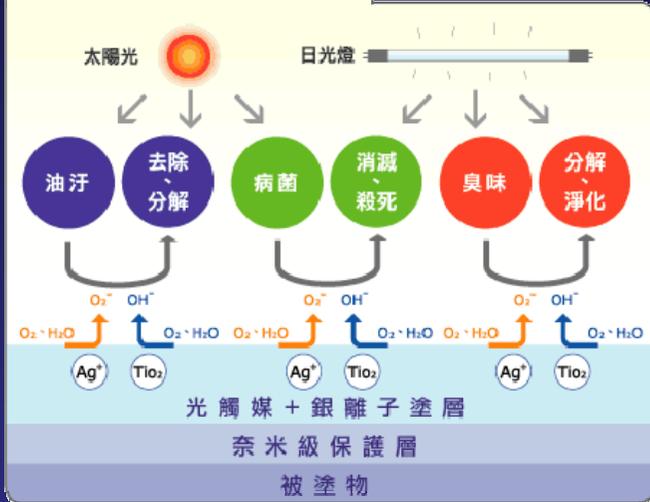


(圖二) 光觸媒殺菌機制



## 奈米金屬

### (一) 白天或燈光下



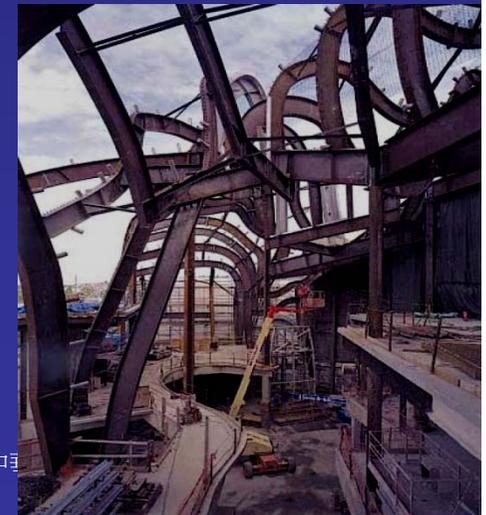
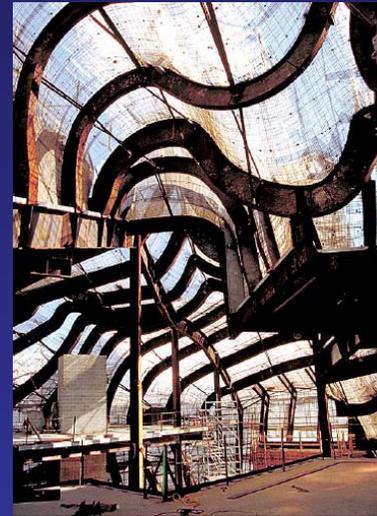
### (二) 夜間或黑暗處



# 奈米材料在建築上的運用

奈米合金

## 奈米合金於結構上的運用



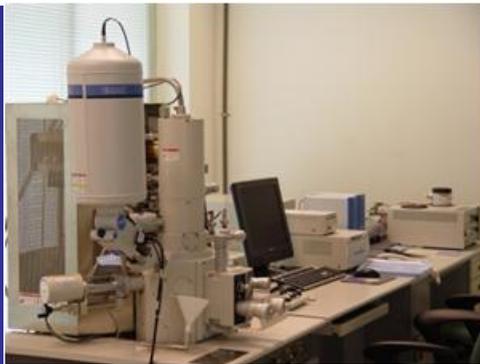
Experience Music Project, Seattle, US

# 奈米材料檢測技術

Richard Feynman於1959年在加州理工學院發表了一個目前非常有名的演說，名為“在底層有很大的空間”。他以利用原子或分子製造材料及裝置會產生令人興奮之新發現的願景來激勵他的聽眾，並指出：要實現這樣的願景，需要小型化的儀器設備去操作及測量這些微小的結構。

粒徑分析儀	分析原理	分析範圍						
		1	10	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup> 奈米
光學顯微鏡	可見光反射及穿透							
掃描式電子顯微鏡	二次電子束							
穿透式電子顯微鏡	穿透電子束							
X光繞射儀	X光晶體繞射							
沉降式粒徑分析儀	粒子沉降終端速度							
雷射光繞射粒徑分析儀	繞射雷射光							
雷射光散射粒徑分析儀	散射雷射光							

摘自：呂宗教授，圖解奈米科技與光觸媒，商周出版社



# 奈米標章

## 奈米產品驗證體系

經濟部工業局奈米技術產業化推動計畫

工業技術研究院



目前可認證之  
奈米建材

奈米級抗污塗料

奈米級抗污衛生陶瓷器材

奈米級抗污陶瓷面磚

# 奈米標章

## 奈米級抗污塗料認證標準

項目	特性	要求水準
奈米性	奈米光觸媒成份粒徑	< 100 nm
分解功能	對有機污染物氧化分解功能	5小時亞甲基藍試劑分解率 > 70 %
親水功能	(1) 乾燥塗膜之親水化時間	接觸角10度的親水化時間 $\leq$ 12 hrs (經強度為1.0 mW/cm <sup>2</sup> 之360 nm紫外線照射48小時前處理)
	(2) 乾燥塗膜之暗處維持的接觸角	48 hrs之暗處維持 $\leq$ 20度的接觸角 (360 nm紫外線強度為1.0 mW/cm <sup>2</sup> )
塗料特性	塗料原本應有特性	依應用別之既有規範3.2.2說明

# 奈米標章

## 奈米級抗污衛生陶瓷器材認證標準

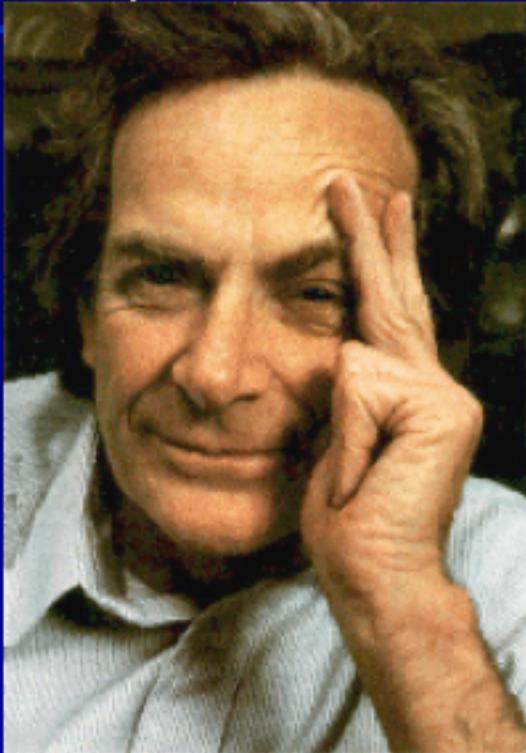
項目	特性	要求水準
奈米性	奈米級抗污陶瓷器表面之粒徑、分佈、成份及結構	需符合奈米性之要求
功能性	(1)接觸角測試	大於100° 以上
	(2)污染殘留試驗	污染殘留比例小於1 %
	(3)濃稠污物污染試驗	污染殘留比例小於5 %
耐久性	耐刷洗試驗	耐刷洗1000次後，仍需符合上述之功能性
產品特性	奈米級抗污陶瓷器其功能特性，需優於或符合原傳統產品之特性規範標準，如CNS、JIS...	

# 奈米標章

## 奈米級抗污陶瓷面磚認證標準

項目	特性		要求標準
奈米性			陶瓷面磚之表面材料粒徑、分佈、成份及結構須符合奈米性之要求
功能性	分解污物	接觸角試驗	經紫外燈照射8小時後須小於30度
		色差試驗	經紫外燈照射24小時後色差值須大於10
	不沾污物	接觸角試驗	須大於100度
		紅墨水污染試驗	污染殘留比例須小於1%
耐久性	分解污物	耐鹽份試驗	浸泡鹽水96小時後之色差功能須達原功能之95%以上
		耐鹼性試驗	浸泡鹼性溶液24小時後之色差功能須達原功能之95%以上
		耐酸性試驗	浸泡酸性溶液24小時後之色差功能須達原功能之95%以上
	不沾污物	耐鹽份試驗	浸泡鹽水96小時後之抗污染殘留功能須達原功能之95%以上
		耐鹼性試驗	浸泡鹼性溶液24小時後之抗污染殘留功能須達原功能之95%以上
		耐酸性試驗	浸泡酸性溶液24小時後之抗污染殘留功能須達原功能之95%以上

# 費曼的預言



## ■ 費曼的幻想：

我們可以用普通大小的儀器來製造較小的儀器，而較小的儀器又可以製造更小的儀器，就這樣一步步縮小尺度，最後人類終將可以依照自己的意志來排列、重組原子。如此將可對人類科技與生活創造出新的奇蹟。

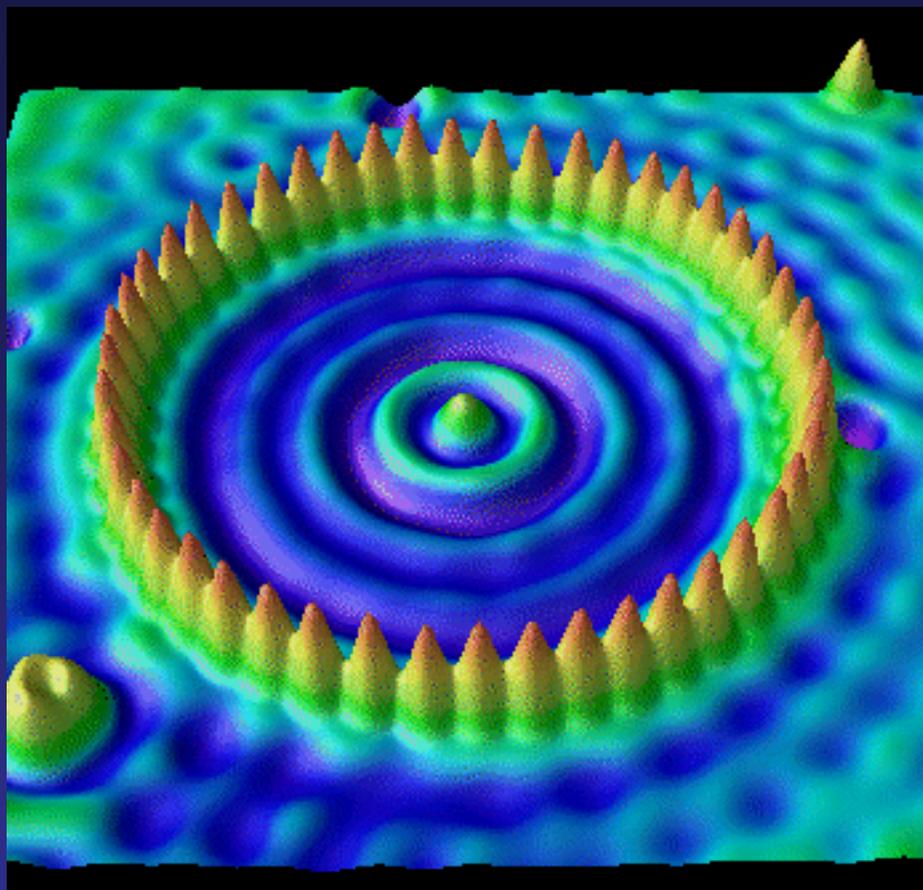
## ■ 「在極小（奈米）的領域裡有極大（發揮）的空間。」

There's plenty of room at the bottom (1959)

# 結語

## 奈米材料運用於建築工程未來的展望

- 奈米建材與綠建築的契合
- 由奈米建材營造健康室內環境
- 以奈米建材提升結構體耐震與耐久性質



敬請指教