

自然界中的奈米現象及日常應用

什麼是奈米科技？工業革命
與奈米科技

自然界中的奈米現象
荷花效應及其應用
蜜蜂 牙齒 寶劍

奈米科技之日常應用
食 衣 住 行 育 樂 醫 藥
奈米光觸媒



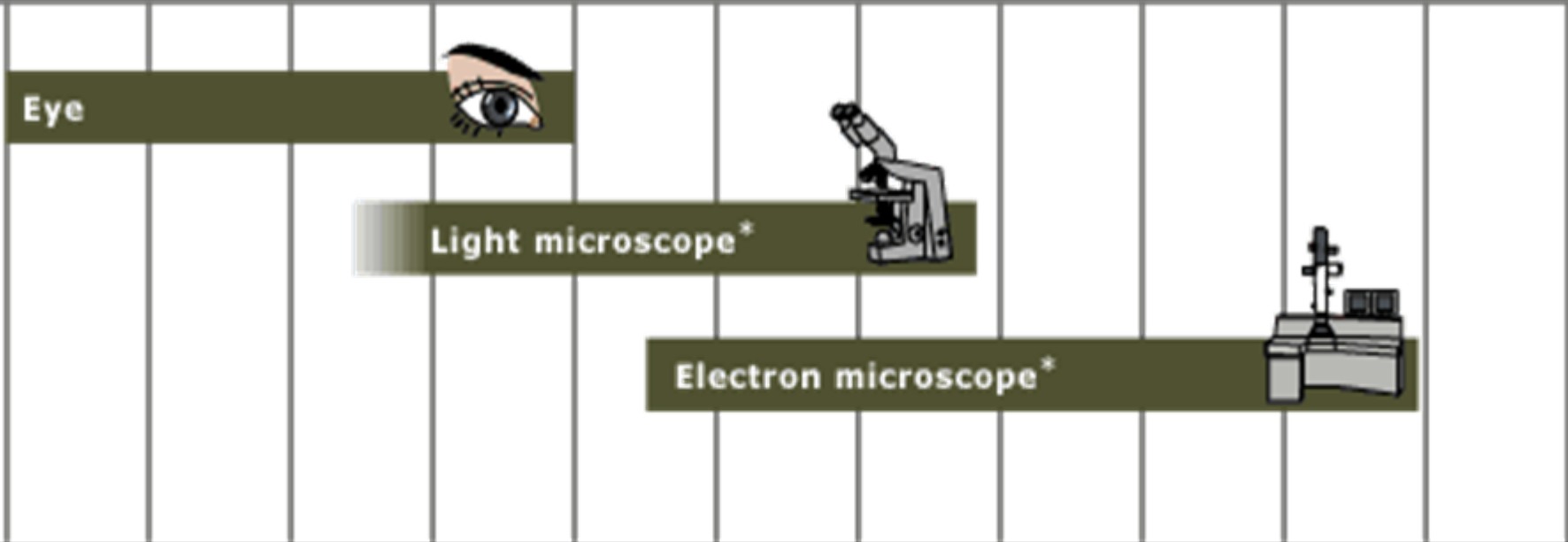
馮榮豐 教授 機械與自動化工程系 及
光電工程研究所 合聘教授

一奈米多長？

米		m
分米	dm	$10^{-1}m$
釐米	cm	$10^{-2}m$
毫米	mm	$10^{-3}m$
絲米	dmm	$10^{-4}m$
忽米	cmm	$10^{-5}m$
微米	μm (micro-metre)	$10^{-6}m$
奈米	nm (nano-metre)	$10^{-9}m$
皮米	pm (pico-metre)	$10^{-12}m$
飛米	fm (femto-metre)	$10^{-15}m$

Peta-	15	quadrillion
Tera-	12	trillion
Giga-	9	billion
Mega-	6	million
Kilo-	3	thousand
	0	
Milli-	-3	thousandth
Micr-	-6	millionth
Nano-	-9	billionth
Pico-	-12	trillionth

1 m	1 dm	1 cm	1 mm	100 μm	10 μm	1 μm	100 nm	10 nm	1 nm	1 Å	0,1 Å
1 m	10 ⁻¹ m	10 ⁻² m	10 ⁻³ m	10 ⁻⁴ m	10 ⁻⁵ m	10 ⁻⁶ m	10 ⁻⁷ m	10 ⁻⁸ m	10 ⁻⁹ m	10 ⁻¹⁰ m	10 ⁻¹¹ m



奈米科技

由於傳統物理多半解釋物質整體的行為，屬於巨觀行為，而量子物理解釋原子、分子與電子的行為，屬於微觀行為。奈米尺寸剛好介於普通尺寸與原子尺寸之間，故用以解釋奈米材料或奈米科技的新物理理論，稱之為介觀(Mesoscope)物理。

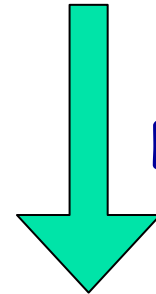
奈

巨觀物理

大

Top
Down

100 nm



介觀物理

奈米科技

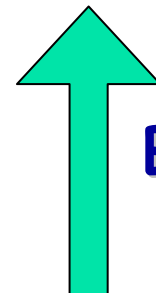
1 nm



微觀物理
原子、分子

小

Bottom
Up



工業革命與奈米科技

- ❑ 工業革命(1840年)實際性質上是技術的革命，它表現以機器替代人力，以大規模的機器製造生產，於是工廠替代以手工生產的方式，不但大大降低了生產成本，更提高了勞動效率。十八世紀初到十九世紀中，被稱之為**第一次工業革命**，是以蒸汽機為主要標誌。
- ❑ 由於熱力學與電磁學的物理理論發展完備，十九世紀末期的工業革命，主要以內燃機與發電機代替蒸汽機，稱為**第二次工業革命**。
- ❑ 進入二十世紀中後期，人類開始使用電子計算機(Calculator)，第一台電子計算機是由美國賓州大學於1945研製成功，又稱電腦(Computer)，文明演變的速度更加猛烈，自此為**第三波的工業革命**。
- ❑ 而奈米科技這就是二十一世紀的工業革命，也是**第四波工業革命**。全球視奈米科技為下一波產業技術革命，為製造工業下一階段的核心領域，也將會重劃未來全世界高科技競爭的版圖，更可能替人類生活帶來不可避免之衝擊。





自然界中的 奈米現象

荷花、蜜蜂、龍蝦、鴿子、海龜、蝴蝶、
候鳥、細菌、牙齒

最早發現蓮葉上奈米級顆粒的德國人

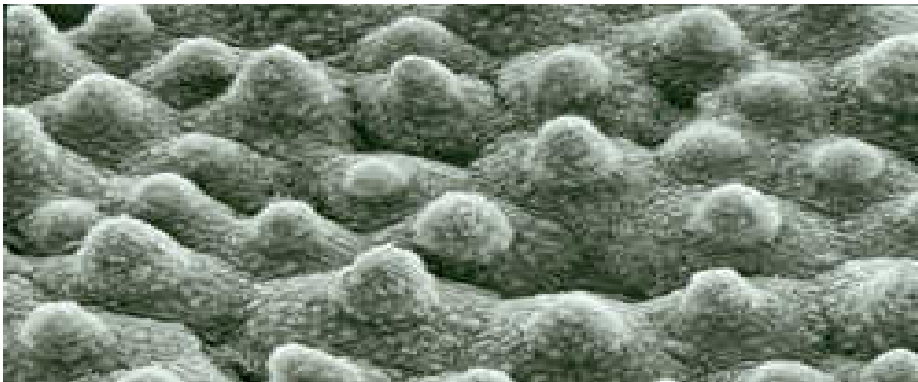


Prof. Dr. Wilhelm Barthlott

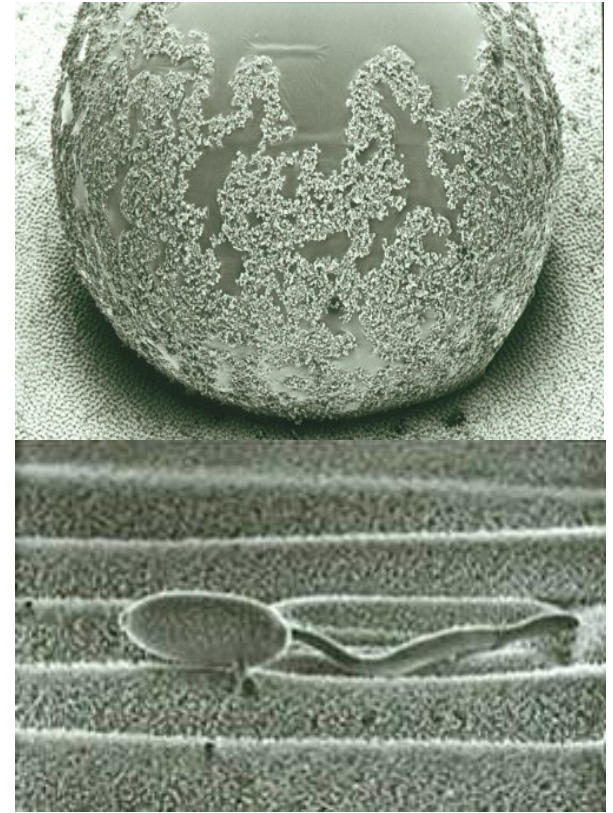
- 蓮花效應 (Lotus effect)：在蓮花的葉子表面上，有自然的微小奈米級顆粒，大小約為1奈米的懼水性臘晶體，使水珠粒子不易與表面接觸，讓污泥不容易沾附表面。而這種特性更讓蓮葉具有「自我潔淨」的功能。
- 蓮花效應正好提供我們一個方法，來解決維持物體表面乾淨度的問題，正所謂『以天地為師，以自然為友』。

蓮花效應 (Lotus Effect)

在亞洲蓮花葉子上的一顆水滴，當它在滾落的過程中，吸附灰塵的粒子。從圖中，清晰可見蓮葉上的乳突體。這些乳突體大約都有5至10微米的高度，而且本身都會有一種蠟晶體的細微奈米結構，約一奈米的大小。



蓮花的表面由於有大約1奈米的懼水性蠟晶體，因此，任何污物都很難附著在上面。



再微小的東西如植物的芽胞、細菌等等，同樣也無法沾附其上。

螃蟹

- 印象中『橫行』霸道的螃蟹，在他們第一對觸角裡也有幾顆用於定向的磁性奈米顆粒，就像幾個小小的指南針。其實螃蟹的老祖先也曾堂堂正正的前進後退，行走自如，只是億萬年來，由於地球磁場發生多次劇烈倒轉，使的螃蟹體內小磁針粒發生嚴重的混亂完全失去原先的定向作用，最後使他們失去了前後移動的能力，變成必須『橫行』天下，真是可憐的下場啊！

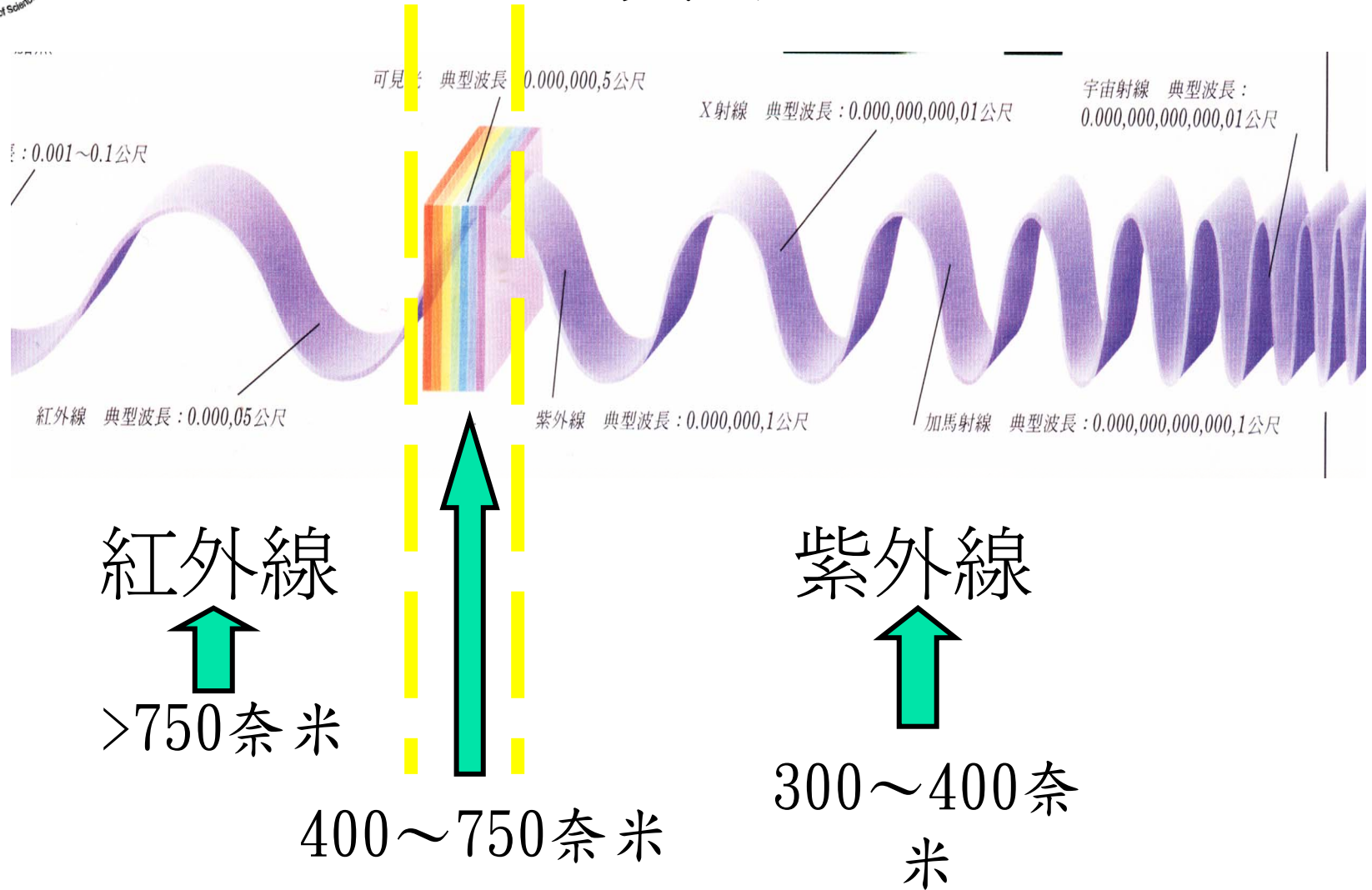
是真的嗎？
我好想直著
走比較酷！



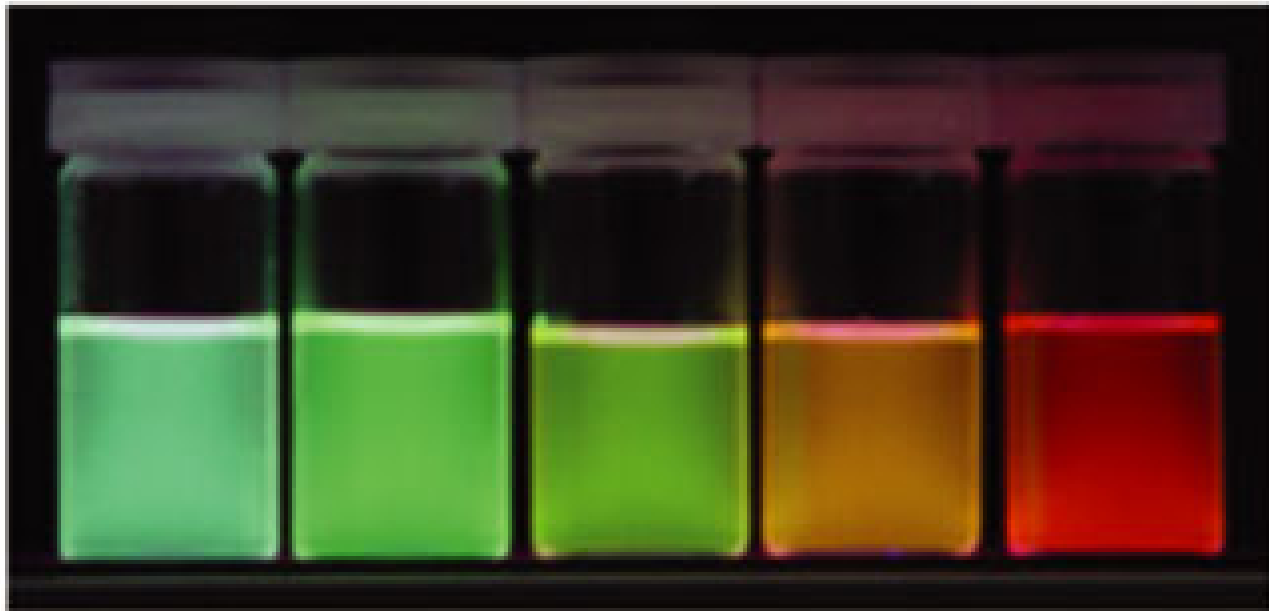
其他還有像是龍蝦、鴿子、海龜、蝴蝶、候鳥、細菌等等也是運用相同的原理。



可見光與不可見光



硒化鎘在不同粒徑下的顏色



平均粒徑 (nm)

2.4

2.8

3.4

3.8

4.2

蝴蝶

在生物界中，也不乏光子晶體的蹤影。以花間飛舞的蝴蝶為例，其翅膀上的斑斕色彩，其實是鱗粉上排列整齊的次微米結構，選擇性反射日光的結果。

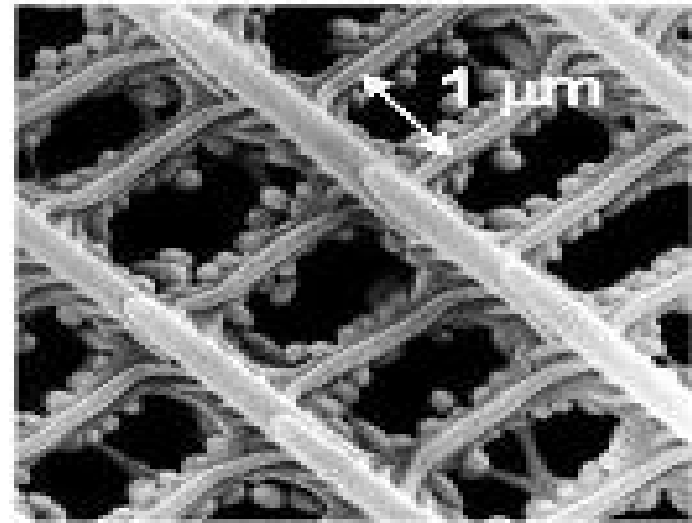
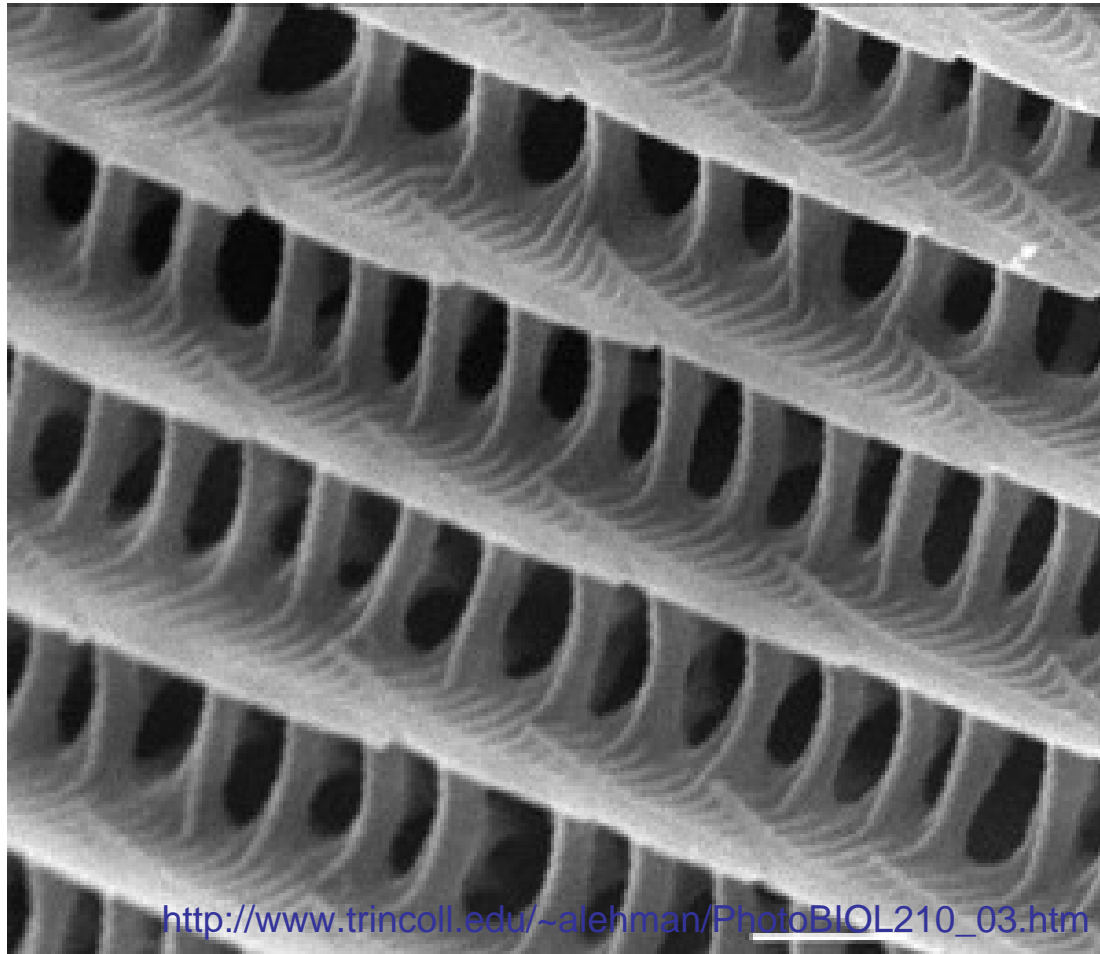
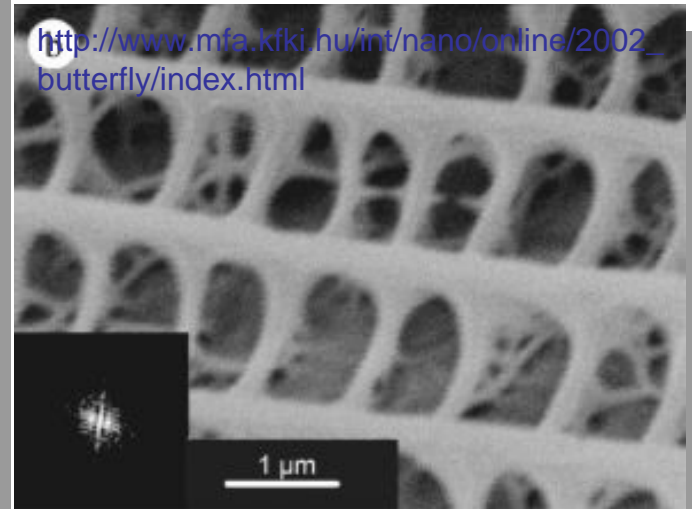


圖1.2 翅膀鱗粉具有光子晶體結構的蝴蝶

蝴蝶翅膀的神奇奈米結構



蝴蝶種類繁多，但蝴蝶翅膀的紋理基本上都是同一配置：順著翅膀上的粉狀鱗片有一條條脊狀突起，其下方形成奈米空洞，這是這種構造產生光子晶體的效果



電子顯微鏡下的蝴蝶翅膀

蛋白石



- 光子晶體雖然是一個新名詞，但自然界中早已存在擁有這種性質的物質，盛產於澳洲的寶石蛋白石即為一例。蛋白石是由二氧化矽奈米球(nano-sphere)沉積形成的礦物，其色彩繽紛的外觀與色素無關，而是因為它幾何結構上的週期性，使它具有光子能帶構，隨著能隙位置不同，反射光的顏色也跟著變化；換言之，是光能隙在玩變彩把戲。

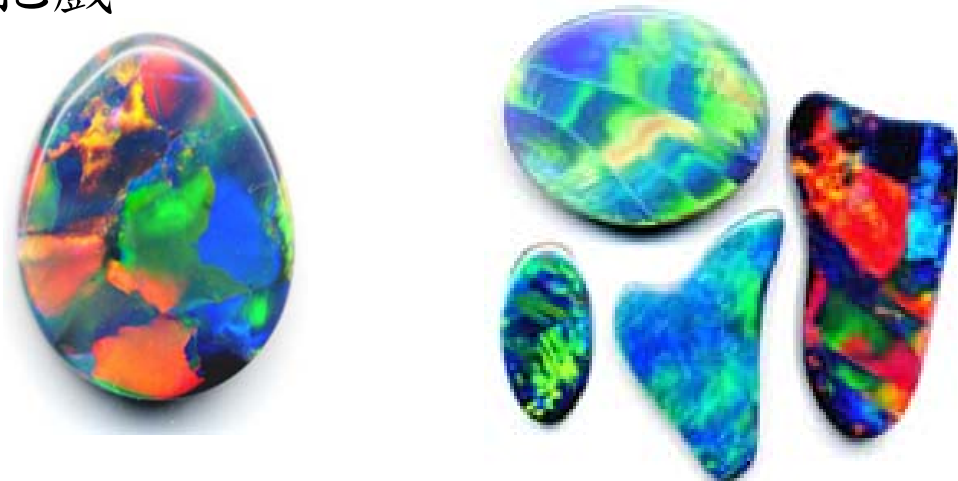
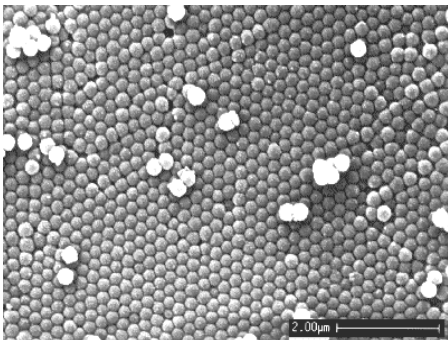


圖1.1 蛋白石是礦物界的光子晶體

(取自 <http://www.lostseaopals.com.au/opals/index.asp>)

生物的光學配備可啟發 新式防偽裝置

Grant gets a makeover

The U.S. government continues its changes to U.S. currency – intended to thwart counterfeiting – with a new look for the \$50 bill. The new bills go into circulation today.

Security thread: a plastic strip embedded in the paper with "USA 50" written on it; glows yellow under ultraviolet light

Watermark: a faint second image of Ulysses S. Grant is seen when the bill is held up to light

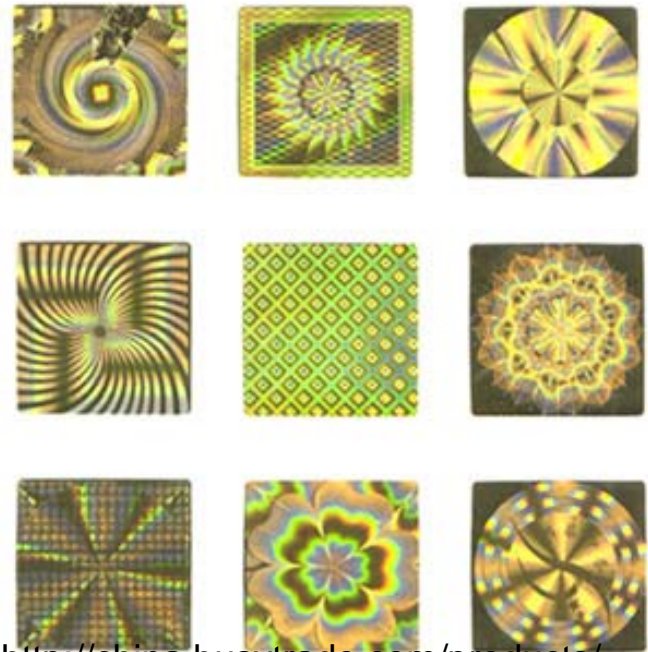


Microprinting: yellow "50s" scattered around the back of the note

Color: Subtle background colors, reds and blues, added

Color-shifting ink: the "50" changes from green to copper when the note is tilted

我們採用仿生光學技術用作防偽裝置已有一段時間了，像是信用卡上的全像片，鈔票上虹彩色澤；然而這些都遠稱不上精密。



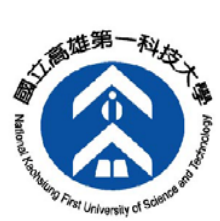
模仿貓眼的反光路釘



貓咪的眼睛有一層特殊的反光色素層，會把視網膜沒有吸收的光線反射出來，照亮昏暗處，使夜行性的貓咪得到特有的亮光。



而有名的車燈反光路釘「貓眼」，即是模仿貓咪而發明出來的產物。



奈米科技 與生活

造成奈米奇異特性的一些效應使得熔點、磁性、熱阻、電學位能、光學性能、化學活性、表面能和催化性皆改變

不同尺度下之主要作用力

尺寸大小	主要作用力
cm	重力、摩擦力、爆炸力
mm	重力、摩擦力、爆炸力、靜電力
μm	凡得瓦力、布朗運動、靜電力
nm	凡得瓦力、布朗運動、靜電力、量子力學

奈米效應

- ◆ 量子限域效應
- ◆ 表面效應
- ◆ 尺寸效應
- ◆ 穿隧效應
- ◆ 異質界面效應
- ◆ 透明效應

奈米技術的應用——對生活的影響

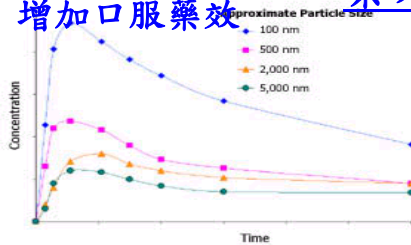
食

- ◆ 食品添加劑
 - 天然色素: 胡蘿蔔素、玫瑰花瓣
 - 天然纖維: 蘆薈
- ◆ 食品/飲料包裝 (低吸溼/透氣特性)
 - 葵花子包裝袋 (PE/Nano Clay)
 - 罐頭軟包裝 (Nylon/Nanoclay)
 - 果汁瓶 (PE/(Nylon/Nanoclay)/PET)
 - 啤酒瓶 ((Nylon/Nanoclay), PET/Nanoclay)
- ◆ 食品/飲料包裝 (抗紫外線)
 - 奈米 TiO_2/aPET (Novaclear®)
- ◆ 健康食品 (Nano-Size, 增加吸收, 奈米破碎吸收)
- ◆ 奈米中草藥 (奈米止瀉劑、各種中草藥)
- ◆ 生酒催化 (去除醛類、甲醇類、奈米對撞機、奈米化處理)

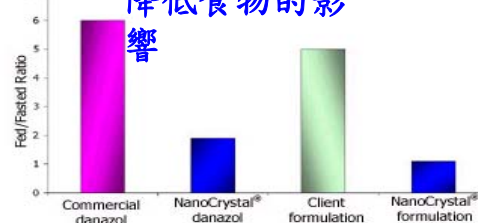


奈米醫藥特性

增加口服藥效



降低食物的影響

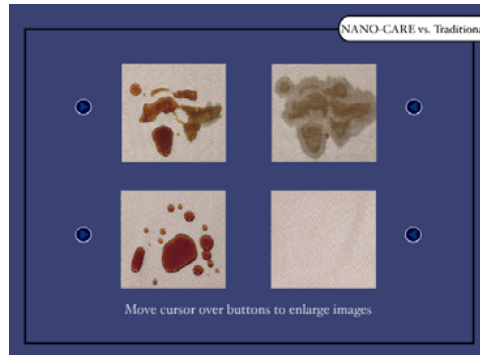


奈米技術的應用——對生活的影響

衣

- ◆防污卡其布
(牛仔褲、工作服等 Nano-Care)
- ◆防污布料 (瑞士)
- ◆機能性布料
(抗 UV、吸收遠紅外線、尼龍/機能性黏土)
- ◆保溫潛水衣
(尼龍/機能性黏土)

奈米顏料印染織物



How it works:
Molecular structures are attached to the tiny cotton fibers. These structures allow the liquid to bead up on the fabric so it can be quickly wiped off. The following is a demonstration comparing a coffee spill on regular cotton fabric to a spill on cotton fabric enhanced with NANO-CARE.

遠紅外線奈米尼龍纖維和外套



奈米尼龍織物表面溫度上升測試

織物編號	照射前布溫	照射後布溫	表面溫度上升
奈米 nylon clay 0.5%	25.5°C	27.8°C	2.3°C
市售遠紅外線 nylon 織物	25.5°C	27.3°C	1.8°C

衣

◆防污卡其布
(牛仔褲、工作服等 Nano-Care)

◆防污布料 (瑞士)

◆機能性布料
(抗 UV、吸收遠紅外線、
尼龍/機能性黏土)

◆保溫潛水衣
(尼龍/機能性黏土)



Nike奈米運動鞋:運動鞋
若加入奈米的複合性材
料，不僅可降低重量、強
度外，有可能大幅提升其
他功能。



奈米衣服



奈米技術的應用——對生活的影響

抗污之內外牆塗料



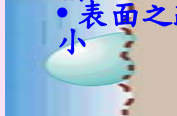
Lotus Effect

- 表面之微細結構
- 疏水特性



傳統塗料

- 不具表面微細結構
- 表面之疏水性較小



無機建材

高分子建材



住

- ◆ 自潔建材
 - 玻璃
 - 水泥
 - 石材、磁磚
- ◆ 衛浴設備 (奈米表面結構、Ag離子殺菌劑)
 - 馬桶
 - 洗手檯
- ◆ 家電產品 (光觸媒、奈米表面結構)
 - 空氣清淨機
 - 光觸媒環保健康扇
 - 洗碗機
 - 無菌防污除臭冰箱
 - 防污洗衣機
 - 吸塵器

TiO₂光觸媒應用於室內塗料

吸煙室

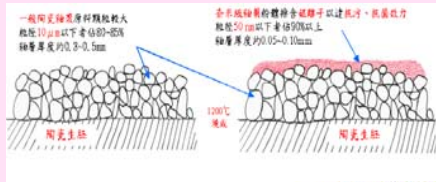
噴塗施工



能源節約

衛浴設備

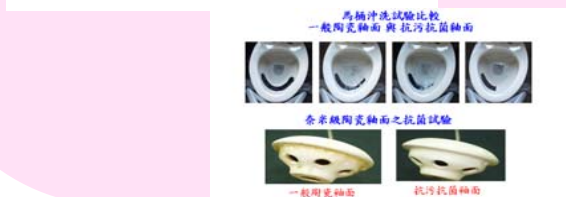
家電產品



- 空氣清淨機 → TiO₂應用
- 光觸媒環保健康扇 → TiO₂應用
- 洗碗機 → 防霉、抗菌材料應用
- 無菌防污冰箱 → 防霉、抗菌材料應用
- 防污洗衣機 → 防霉、抗菌材料應用
- 熱水器 → 絕熱材料



- 太陽能利用



- 電致色變玻璃 結合具殺菌和淨化空氣效果之燈管和電扇

- 照明燈具：高效率白光

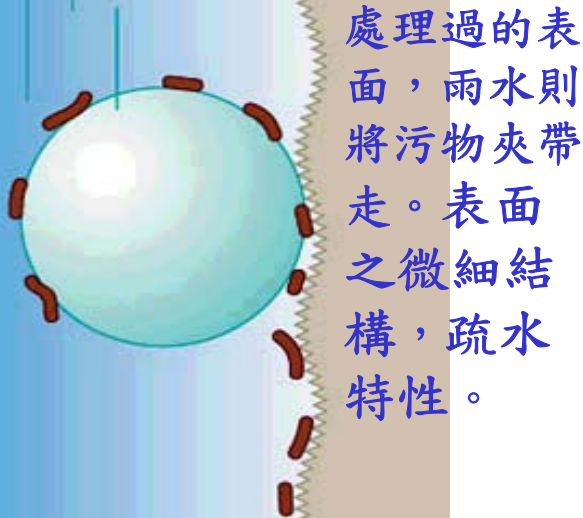
LED



仿蓮花效應塗料



塗上仿蓮花效應的油漆，將使得牆壁具有不沾染污物的優點。

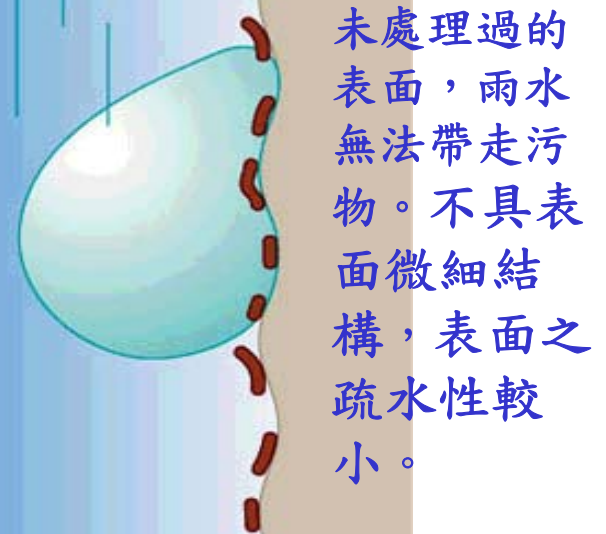


處理過的表面，雨水則將污物夾帶走。表面之微細結構，疏水特性。

傳統塗料



牆面明顯留下污物痕跡，可為細菌之培養基



未處理過的表面，雨水無法帶走污物。不具表面微細結構，表面之疏水性較小。

奈米抗菌衛浴陶瓷

• 在陶瓷表面覆蓋具有抗菌能力的奈米微細釉藥，製造出不沾污垢、抗菌的一系列衛浴設備，像**和成牌今年推出的抗菌馬桶**。

• 陶瓷表面進行奈米處理可以防污抗菌，運用奈米技術製程於衛浴設備中，如洗臉盆、馬桶等產品上層**塗上一層奈米級釉料**，除了可以產生更光滑細緻的表面，還可使髒污不易停留在設備表面上，完全達到抗污防菌的效果。



和成 HCG



奈米技術的應用——對生活的影響

行

- ◆ 汽車
 - Fuel Cell (Nanojet, 觸媒)
 - Fuel Tank (減少 HC 排放)
 - NanoPorous Filter (減少 Particle 排放)
 - 內部奈米塗裝(降低磨擦)
 - 減重
 - 車身: 鐵→Nano Composite
 - 車窗: 玻璃→PC Composite
 - 車身, 可改變顏色、形狀
Solar Roof → Solar Car Body
- ◆ 電動機車、腳踏車、高爾夫球場電動車
 - 鎳氫電池隔離膜
- ◆ 行動電話
 - Micro Fuel Cell (電極、觸媒)

直接甲醇燃料電池



能源轉
換



減重



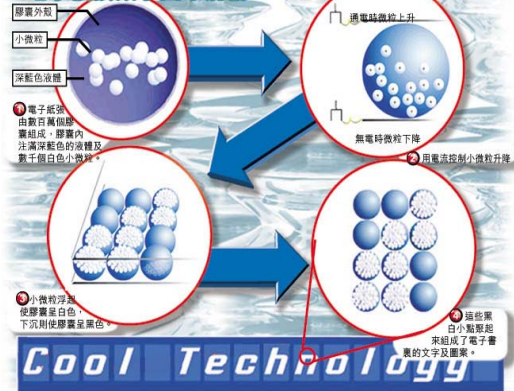
奈米技術的應用——對生活的影響

育

- ◆ 電子書
- ◆ 電腦
 - Micro Fuel Cell (電極、觸媒)
 - 電池 (電極、隔離膜)
- ◆ 資訊儲存
 - 光碟片
 - Super RENS



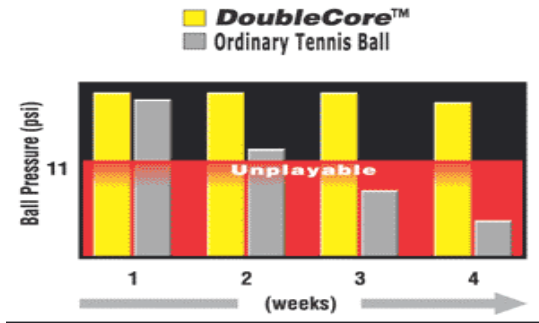
電子紙張顯示圖像解構



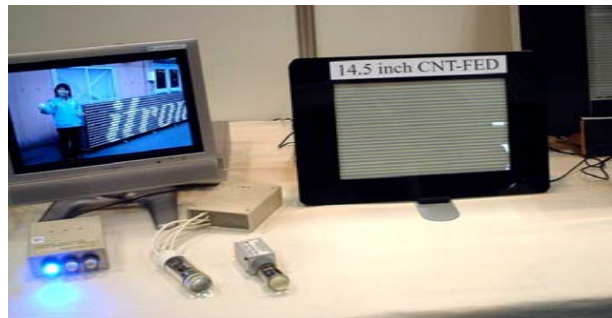
奈米技術的應用——對生活的影響

樂

- ◆ 電視
 - CNT-FED
 - 整合型可撓式 TFT-LCD
 - 類玻璃基板、塑膠基板
 - 多功能光學膜
 - 影音光碟片
- ◆ 運動器材
 - 充氣球鞋
 - 透明鞋底
 - 網球 (阻氣)
 - 球拍 (剛性強)
 - 排球 (不沾水、不沾污)
 - 滑雪桿



CNT 應用到 FED (14吋及40吋)

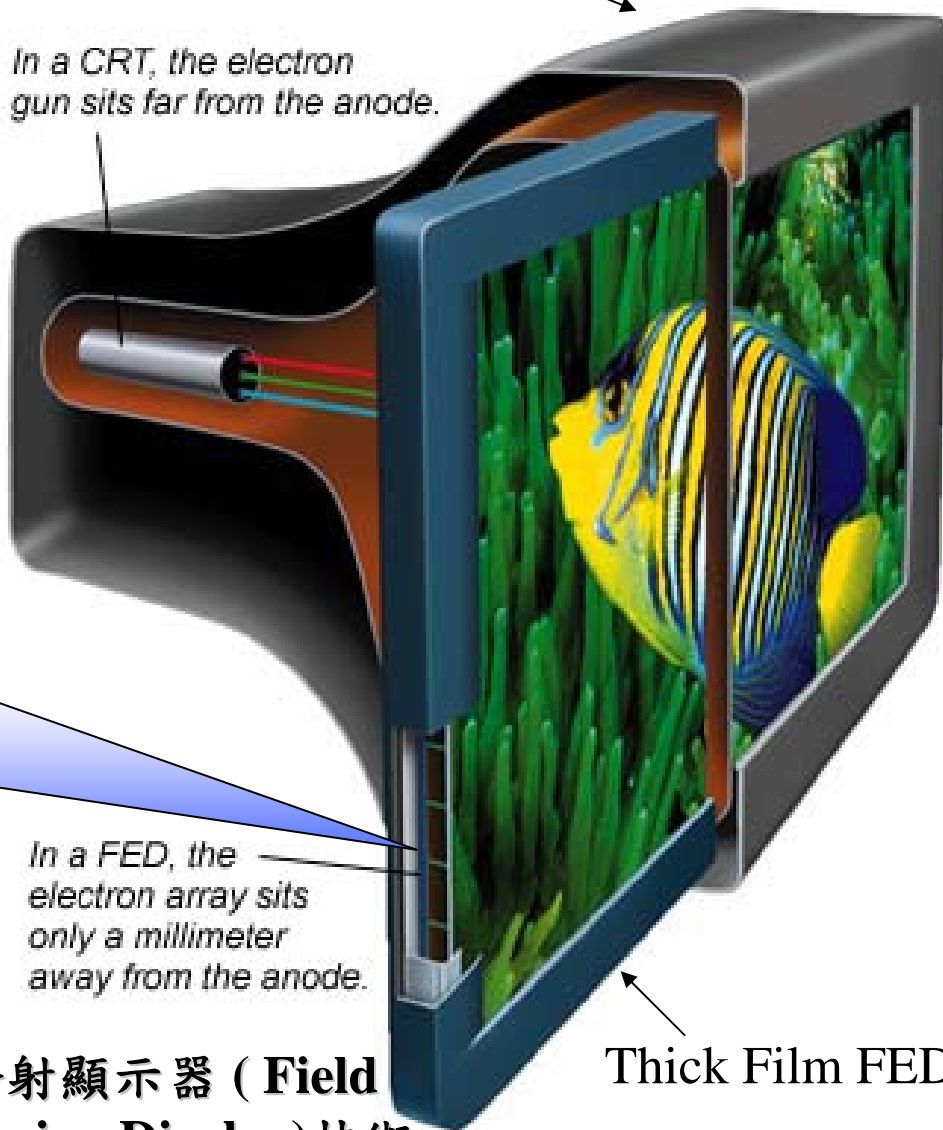


奈米電視 CNT-FED

奈米碳管可用於電視、個人電腦顯示器，可製造出省電、厚度僅數公釐的大畫面顯示器。

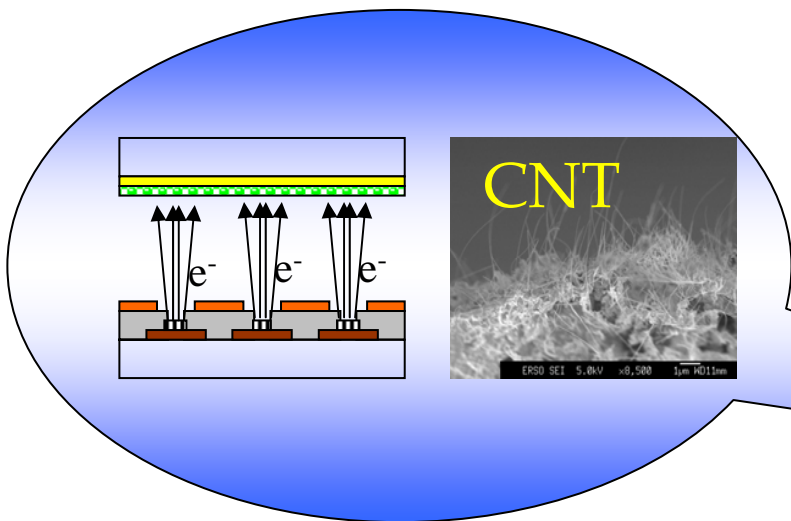
CRT (映像管)

In a CRT, the electron gun sits far from the anode.

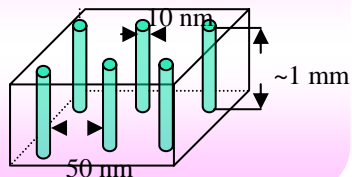


In a FED, the electron array sits only a millimeter away from the anode.

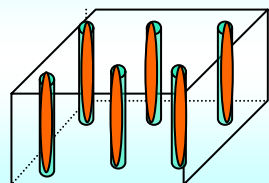
Thick Film FED 28



奈米模具製造



形成奈米線

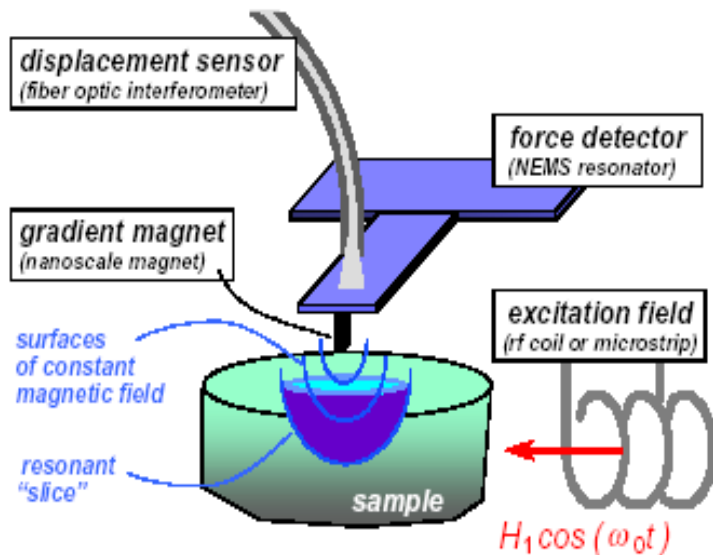


場發射顯示器 (Field Emission Display) 技術

醫藥(2)

● 增加檢驗的靈敏度

磁振造影 (MRI) 顯影劑因為螢光染料在奈米顆粒時，較原來不易受到背景值干擾，也不易衰退變淡。



一個奈米磁鐵提供電場讓核子共振，在一個原子的大小範圍內，這磁場與自旋的核子作用後會產生”反饋力”。在與單一原子核作用下最多產生 $10E-18$ 牛頓，足以使懸樑臂震動。

MRI的解析度為1 mm。MRFM的解析度可以達到1 μ m。

奈米保養品(1)



● 奈米防曬油

奈米科技早已經應用在防曬品上，奈米講求的極微細化，可以強化保養品的吸收效果，也進一步應用在美白、保濕和除皺等產品上。

● 奈米金活露



■ 奈米金與其他惰性奈米金屬氧化物，對紫外線(UV)有極佳的遮蔽效果。

■ 紫外線中主要會落在皮膚上有兩種波長：

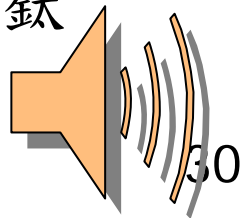
1. UVA(波長320nm~400nm)：波長較長，照射後會產生斑點、曬傷。

2. UVB(波長290nm~320nm)：波長較短，照射後會出現灼熱、水痘。

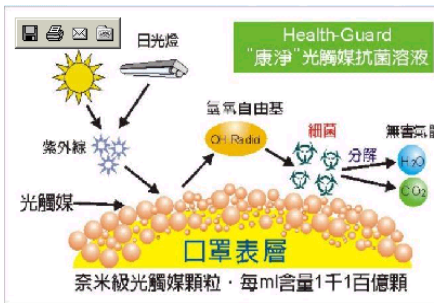
■ 奈米金對紫外線遮蔽的使用較市售中所使用的二氧化鈦(TiO₂)更適合女性細緻的肌膚。

■ http://www.newnano.com.tw/index4/data03/nanonews/data01_samp.htm

全新奈米公司



奈米光觸媒之五大功能



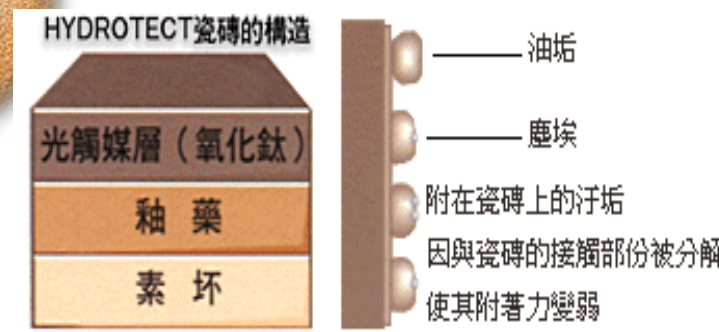
<http://www.hmbios.com/hgintr o.htm>

TiO₂光觸媒之強力分解力，比用於水處理之氯氣、過氧化氫、臭氧等還要強幾乎可分解任何物質、而且極為安全。



在日常生活環境中最主要之臭氣源為存在著氨氣 (Ammonia)、硫化氫、甲基硫醇、乙醛等。

二手煙害 TiO₂光觸媒之強力分解力可以有效分解香煙燃燒中致癌成分物質如硫化氫、二氧化硫等。

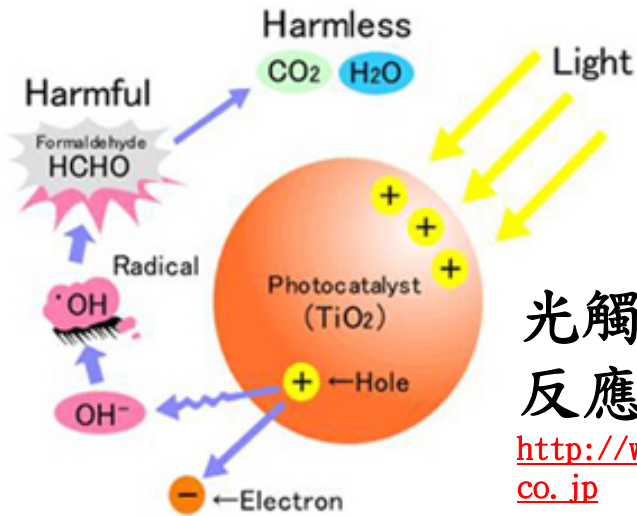


這個原理應用在路邊的照明設備上，能長期保持燈罩的潔淨，提高照明效率。

奈米光觸媒反應原理

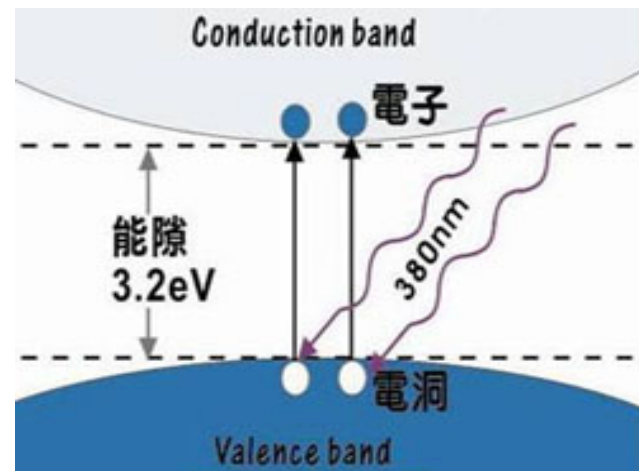
藉由紫外光或太陽光的照射，使觸媒表面的電子吸收足夠能量而脫離，而在電子脫離的位置便形成帶正電的電洞，電洞會將附近水分子游離出的氫氧基(OH⁻)氧化，使其成為活性極大的氫氧自由基(OH radical)，氫氧自由基一旦遇上有機物質，便會將電子奪回，有機物分子因鍵結的潰散而分崩離析。

一般的污染物或病原體多半是碳水化合物，分解後大部份會變成無害的水及二氧化碳，因此可達到除污及滅菌的目標。



光觸媒之催化反應機制圖

<http://www.photocatalyst.co.jp>



二氧化鈦電子受激躍遷示意圖

結語 1/2



- 資訊科技、奈米科技、生物科技已被公認為是二十一世紀科技的主要發展及應用方向。其中奈米科技涉及物質的基本面，其進展將會牽動全方位科技層面的再造，其影響將遍及各個產業。
- 上述三種科技發展主軸彼此之間的整合如：奈米資訊、生物奈米等極有可能發展出創時代的新產品，甚至是新產業。
- 基於奈米科技特有的研發需求，世界各地普遍地組成物理、化學、生物、材料、工程等技術橫向整合的跨單位甚至跨國團隊；而其發展更被公認為需上游的基礎研究、中游的應用研究、以及下游的產業運用技術縱向的整合，除此之外還需靈活的創新想法以設計出成功的應用產品及新穎的製造方式與設備，如此才能充份發揮產業效益。

結語 2/2



- 奈米科技的發展，對我們在生活的影響，將遠超過二十世紀矽晶時代。因為奈米科技的發展，所涵蓋的範圍，是全面性的跨領域知識的整合。
- 奈米科技的發展剛起步，在全世界同時前進奈米科技的機會點上，我們希望能即時切入，特別是在「高科技本土化」的教育工作上。對於初學者，本土化的教材，能有效縮短與先進國家科技的距離。
- 對於有興趣投入奈米科技領域的人，都是值得鼓舞的；因為(1)能跟隨著科技的進展一起邁進。(2)它充滿著挑戰，滿足人類對大自然的好奇心。(3)回答那來自於對上天的發問，那是什麼？為什麼會那樣？

