

奈米創新科技種子教師研習營

四大主題 兩天課程

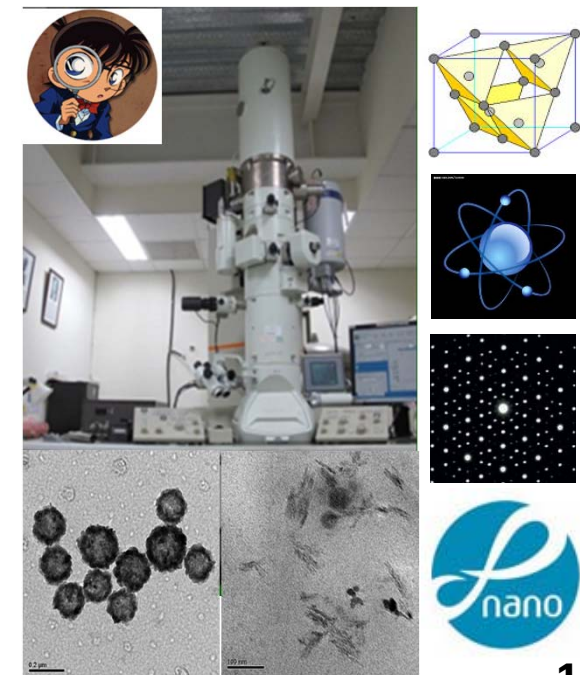
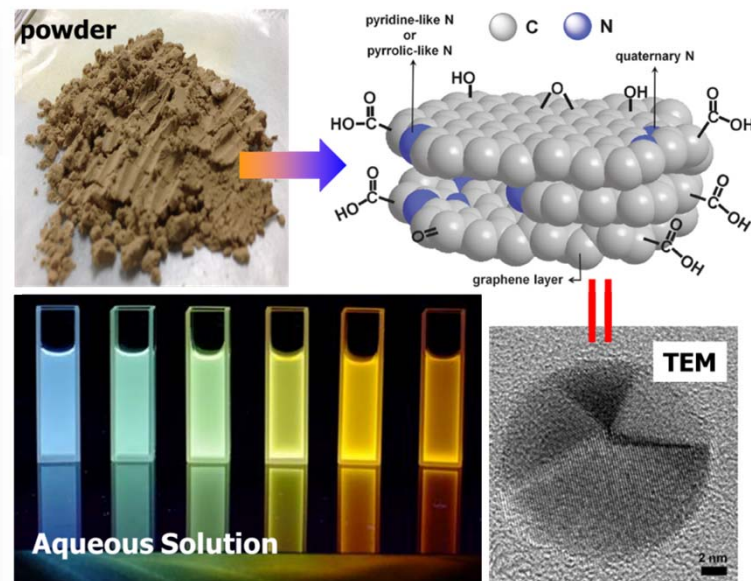
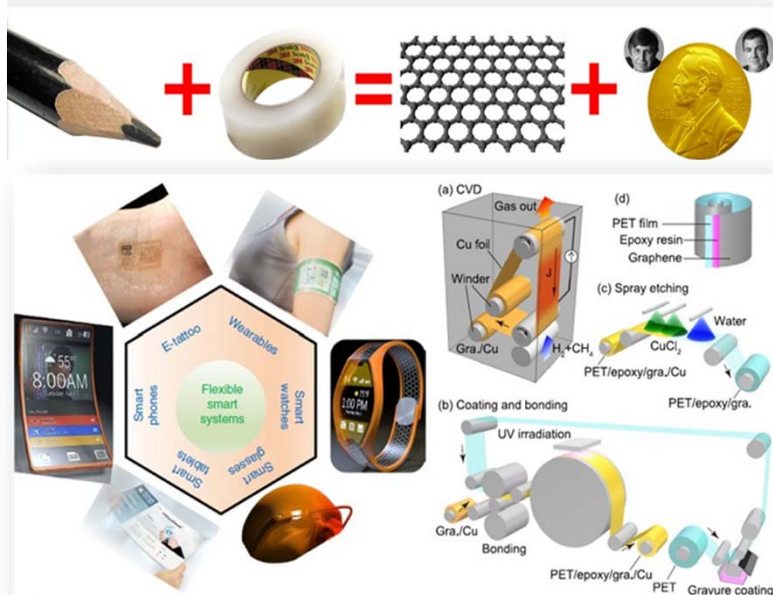
奈米微影製程 光與影的生產術

奈米二維材料 石墨烯及二維材料入門

奈米檢測技術 石墨烯量子點及光學檢測

林光儀 技術長

奈米產品安全 電顯下的奇妙世界

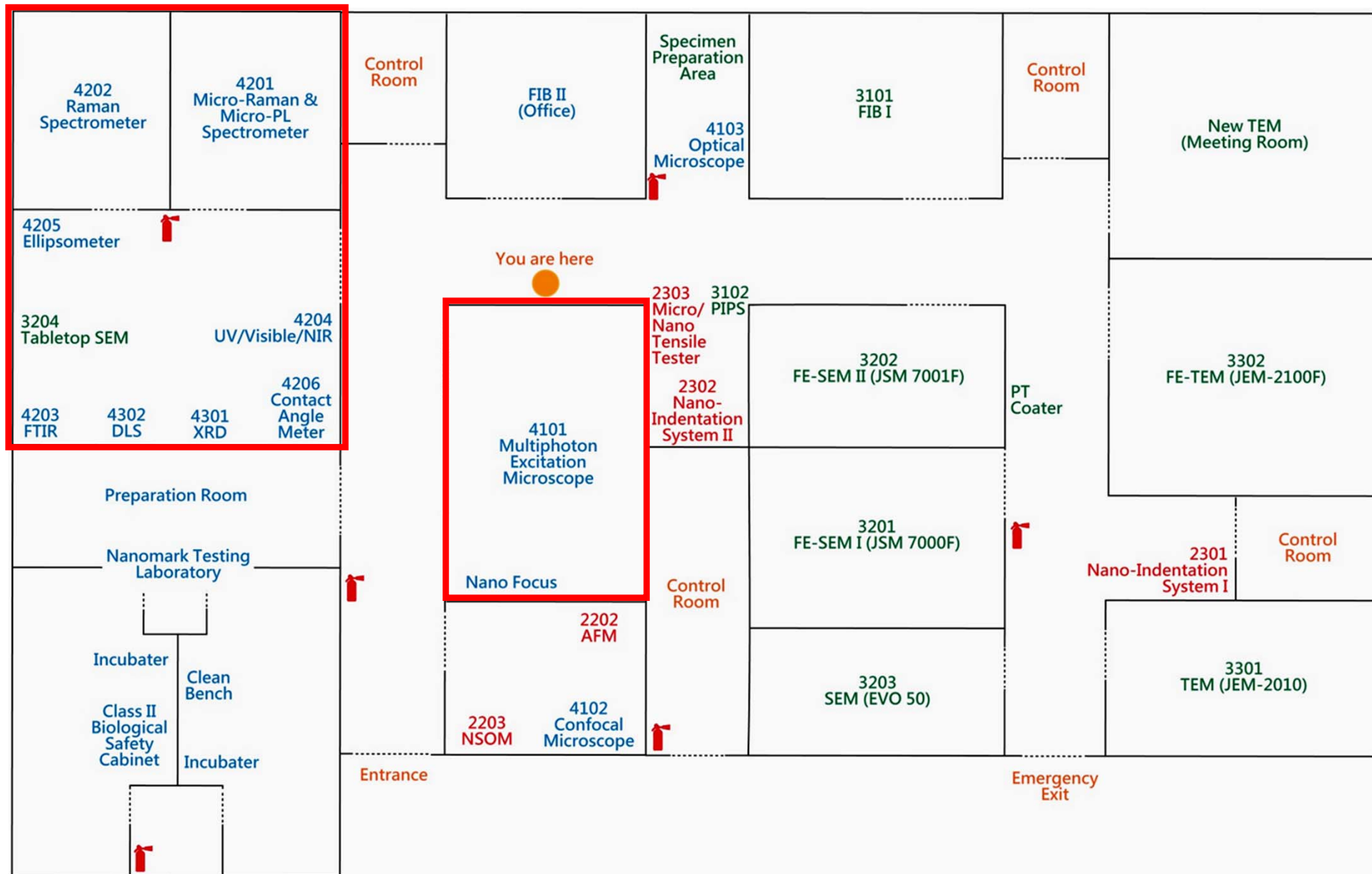




奈米創新科技種子教師研習營

第二天(1月29日)			
時 間	主 題	主講人	地點
09:00-10:20	石墨烯量子點與光學檢測介紹 (含教具展演)	林光儀 技術長	科技大樓4樓 9064會議室
10:20-10:30	Coffee Break		
10:30-11:50	電顯下的奇妙世界(含教具展演)	顏秀芳 技術長	
11:50-13:20	午 餐		
13:20-14:50	光學檢測技術實作	生醫暨非破壞性分析 團隊	儀設大樓B1奈米檢測 與分析實驗室
14:50-15:10	休 息		
15:10-16:30	電顯實作觀摩(波、晶格、繞射)	奈米材料分析技術團隊	
16:30-17:00	綜合座談	全體	儀設大樓B1會議室
17:00	賦 歸		

奈米檢測與分析實驗室



生醫暨非破壞性分析團隊機台



Laser: 514, 633, 785 nm

Observing vibrational, rotational, and other low-frequency modes in a system. Mapping included.

Micro-Raman Spectrometer



Laser: 325, 532, 633 nm

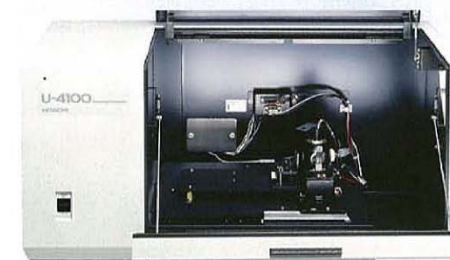
Observing light emission from matter, indication of population of the states.

Low temperature: 77K

Micro-Raman, PL Spectrometer



Spectroscopic Ellipsometry



UV-Visible-NIR Spectrometer

Fourier-Transform Infrared



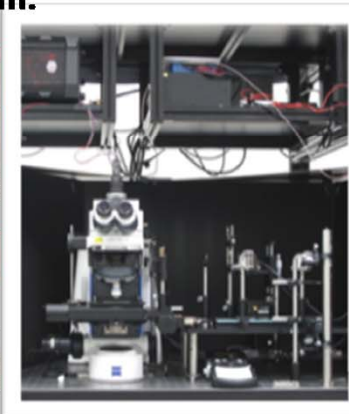
X-Ray Diffractometer



Nondestructive Analysis

Ultrafast Laser and Multiphoton Excitation Scanning Microscope

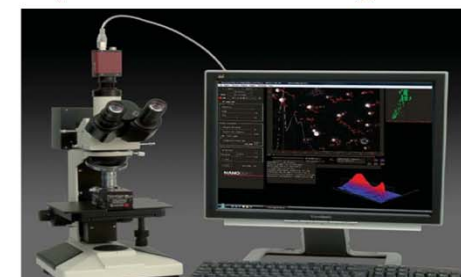
Molecular & Medical Imaging, Microprocessing. Pumping wavelength from 680 to 1600 nm.



Dynamic Light Scattering



Nanoparticle Tracking Analysis





高中必修科目「基礎物理、化學」課綱相關重點



基礎物理一教材綱要中的第二主題「物質的組成」與第八主題「量子現象」，因增添了以往教材綱要所沒有的新內容，教科書可適當增列延伸閱讀資料（例如國內外相關專業網站或書籍、文章），供老師及學生參考。

高中基礎物理一 第六主題「波」

1. 波的性質(1-1說明波速、頻率、波長的關係。)
2. 光與電磁波(2-1介紹歷史上關於光的兩個主要理論：微粒說、波動說。2-3介紹光的干涉及繞射現象。)



高中必修科目「基礎物理、化學」課綱相關重點



第八主題「量子現象」

1.光子與電子以及所有微觀粒子都具有波粒二象性(1-1簡介光電效應，說明光具有粒子性。引入 $E=h\nu$ 公式。1-3說明原子外圍的電子只能具有特定的能量，稱之為能階。1-4指出在微觀(原子)尺度下，量子現象相當重要，牛頓運動定律並不適用。)

2.原子光譜(2-2說明電子可以經由吸收或發射特定能量(頻率)之光子由一個能階躍遷到另一個能階，從而引入原子光譜之概念。)

高中基礎化學、高中選修化學

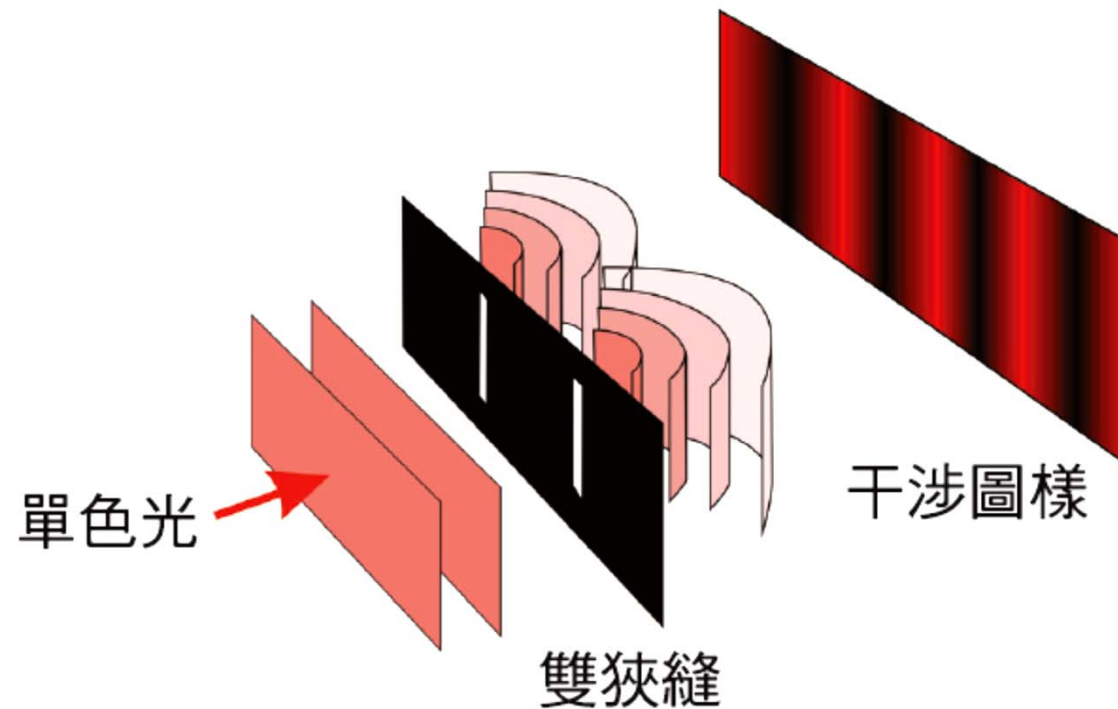
物質基本組成(一、物質的組成 2.原子與分子、4.溶液)

含碳元素的物質(三、有機化合物 5.官能基與常見的有機化合物)

化學應用(八、化學的應用與發展 3.先進材料-奈米尺度)

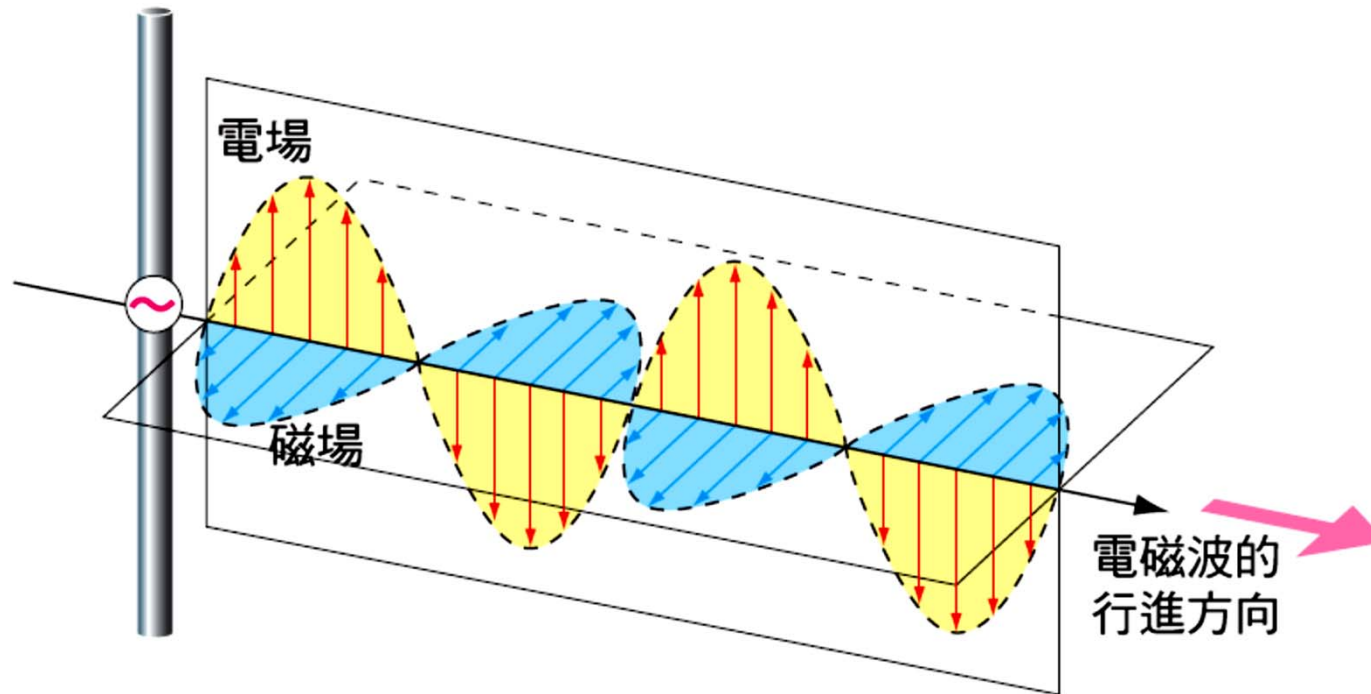
光的波動現象

單一頻率的雷射光通過雙狹縫，狹縫會形成兩個光源，兩光源會在狹縫後方的光屏重疊干涉，產生許多亮暗相間的條紋。



光的波動現象

電磁波的電場、磁場、傳播的方向三者相互垂直。



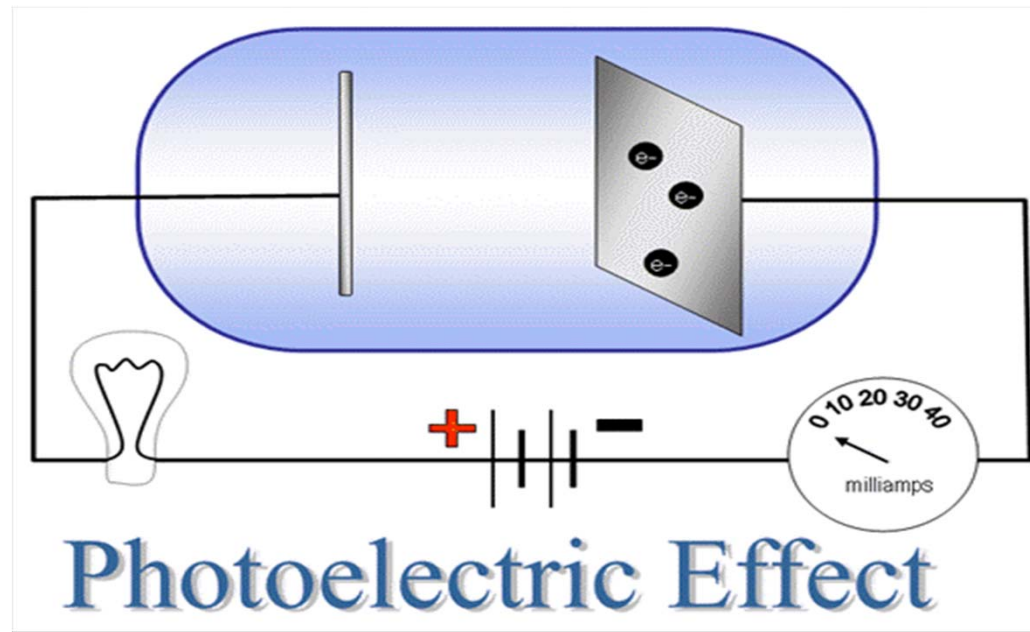
波速、頻率、波長的關係

$$V = f \times \lambda \quad (V : \text{波速}、f : \text{頻率}、\lambda : \text{波長})$$

光的量子現象-光電效應

赫茲做電磁波的實驗時，發現紫外線照射在通電金屬板的負極，將使負極放出帶負電粒子，並被證實是電子。

此效應稱**光電效應**；而釋放出的電子稱光電子。





愛因斯坦的詮釋

愛因斯坦採普朗克能量量子化的看法
認為光也具有量子化的特性，稱為「光量子」
(light quantum)，之後稱光子 (photon)。

光子的能量： $E=h\nu$

h 普朗克常數 $= 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

ν 光波頻率 Hz

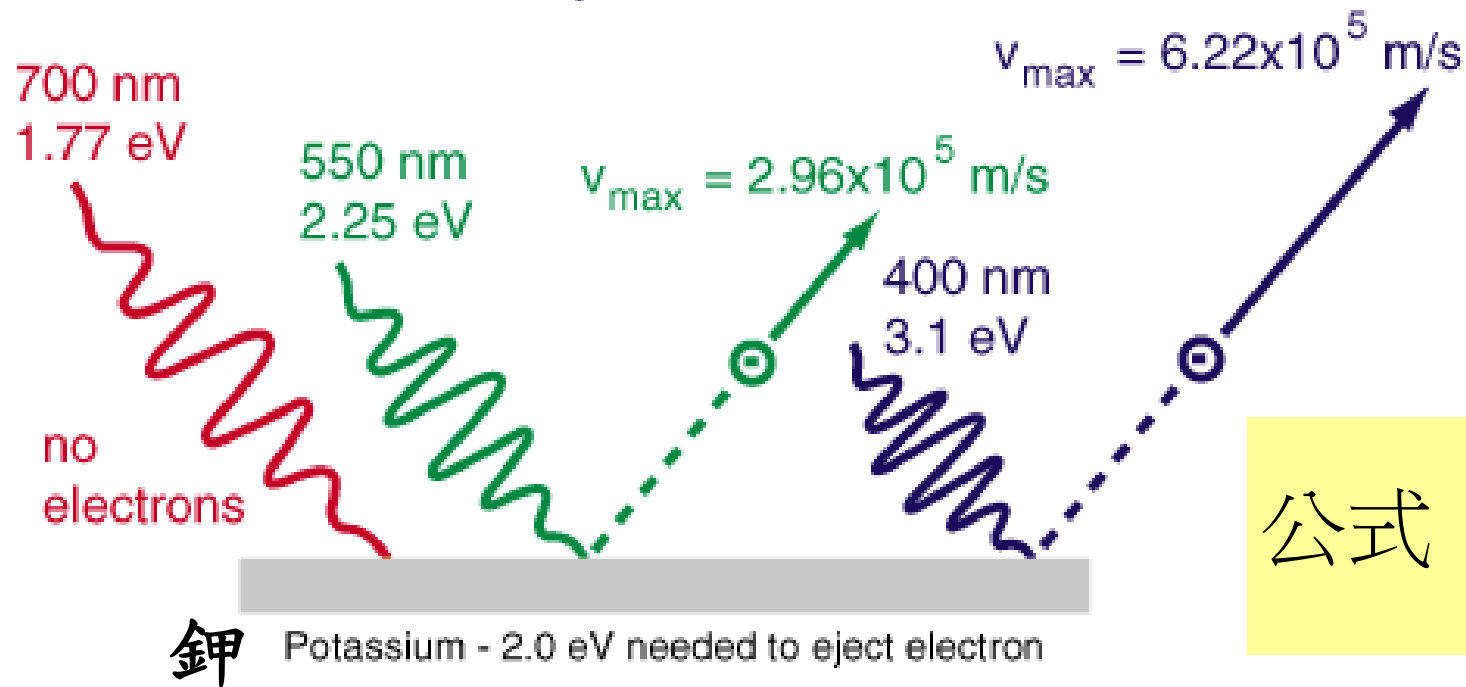
eV (電子伏特) 表示原子尺度的物質能量

$$1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$$

光的量子現象-光電效應

一個光子的能量 $h\nu$ 若夠大，就可使電子克服金屬的束縛而脫離，發生光電效應，故和光的強度無關。

$$E_{\text{photon}} = h\nu$$



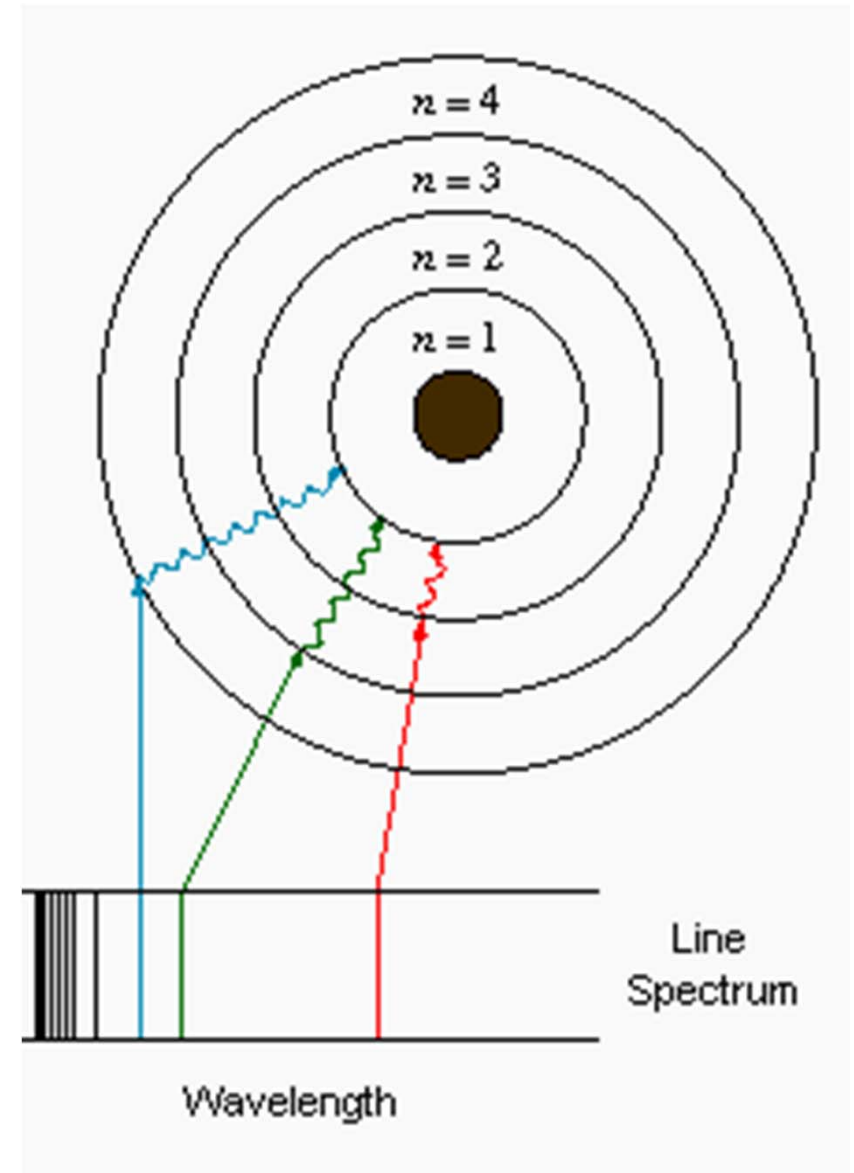
Photoelectric effect

波耳 氫原子能階

氫原子的電子，只在離原子核一定距離的軌道上作圓周運動，在此軌道上的電子具有力學能，此時的電子，不放出也不吸收能量。

電子由一軌道躍遷到另一軌道時，會放出或吸收的電磁波，其頻率由兩軌道的能量差決定

$$\Delta E = h\nu$$

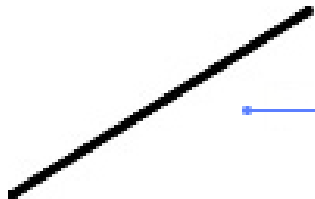


奈米材料

0D (零維)

- 外型為一粒的樣子，
如：分子團、量子點…等

1D (一維)

- 
- 外型為長條狀的樣子，
如：奈米線、奈米碳管…等

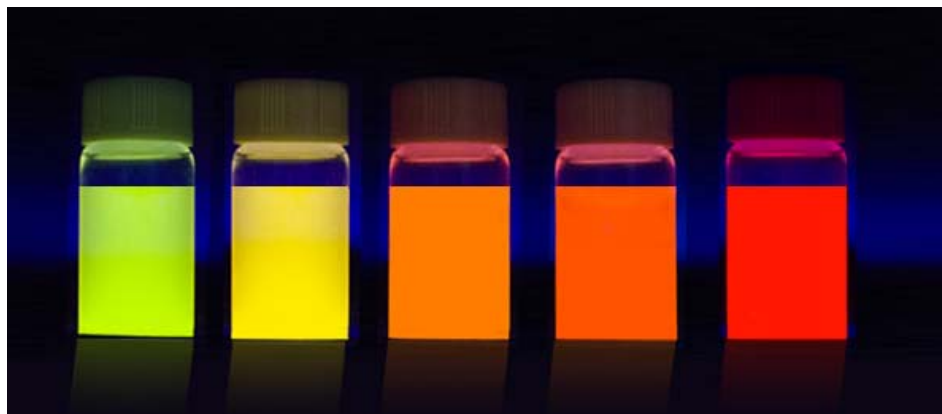
2D (二維)

- 
- 外型像是一片薄板，
如：奈米薄膜、超晶格、
量子井…等

奈米材料專指奈米大小的微小材料，表示其材料尺寸的長、寬、或高**至少有一個**在奈米等級（**1~100 nm** 之間）。

如果長寬高都沒有任何超過奈米等級，稱為「**零維**」奈米材料。如果有其中一邊大於奈米等級，為「**一維**」奈米材料。如果有兩邊超過奈米級，則為「**二維**」材料。

無機半導體類量子點

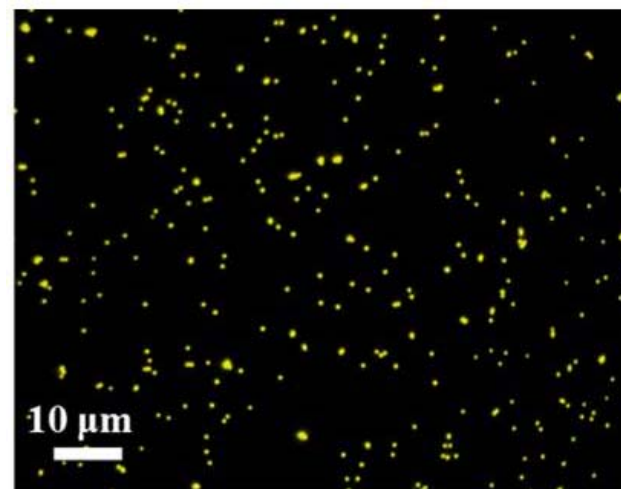


水溶性**CdTe**量子點（氨基）



不同大小的**CdSe**量子點暴露在紫外光下會發出不同顏色的螢光（油溶性）

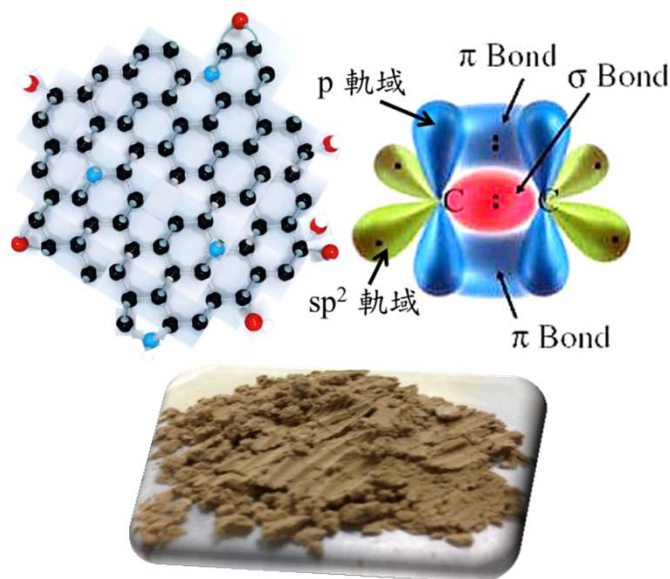
半導體金屬奈米顆粒、稀土元素和有機螢光材料等。然而，**大多數螢光材料皆由鉛、鎘或汞等金屬、重金屬組成**，或缺乏穩定性和生物相容性而不適用於生物系統。



石墨烯量子點(Graphene Quantum Dots)

與前瞻光學檢測

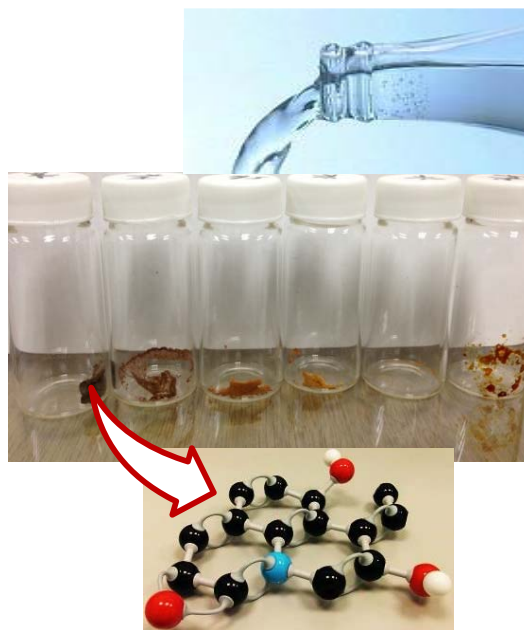
(氧化)石墨烯量子點
(GODs)之結構與其粉末



奈米材料：一個維度 $< 100\text{nm}$
GQDs：“零維”奈米材料，
尺寸約 10nm 以下

將微米尺度之氧化石墨烯
經化學裁切法分割成奈米
大小

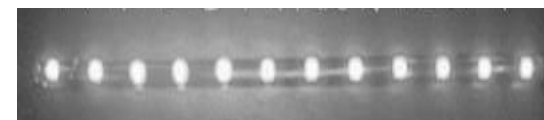
不同尺寸之量子點
加入水形成水溶液



石墨烯基面上接上許
多含氧官能基與氮摻
雜，易溶於水

含碳元素的物質(有機
化合物：烷、烯、苯
，官能基—醇、醚)

受紫光激發後
所發出之螢光



小尺寸 $\longleftrightarrow$ 大尺寸

高中「物理、化學」課綱重點
最新科技進展做為延伸閱讀資料
第八主題「量子現象」

同一種材料，但只要尺寸不
同，發出的光波長也不同！

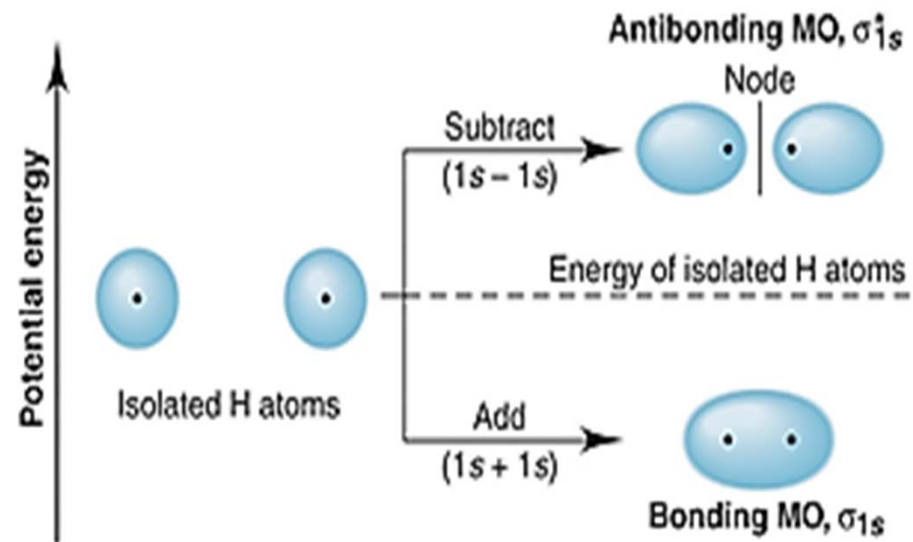
分子軌域

➤ 兩原子鍵結形成分子軌域時(能階相近的原子軌域方能形成分子軌域)，會同時產生鍵結軌域與反鍵結軌域。

(1) 鍵結軌域 (基本符號如 σ 、 π 鍵等)：鍵結軌域中的電子使兩原子核拉在一起，大部分電子位於核間軸的附近，被兩原子核共同吸引。

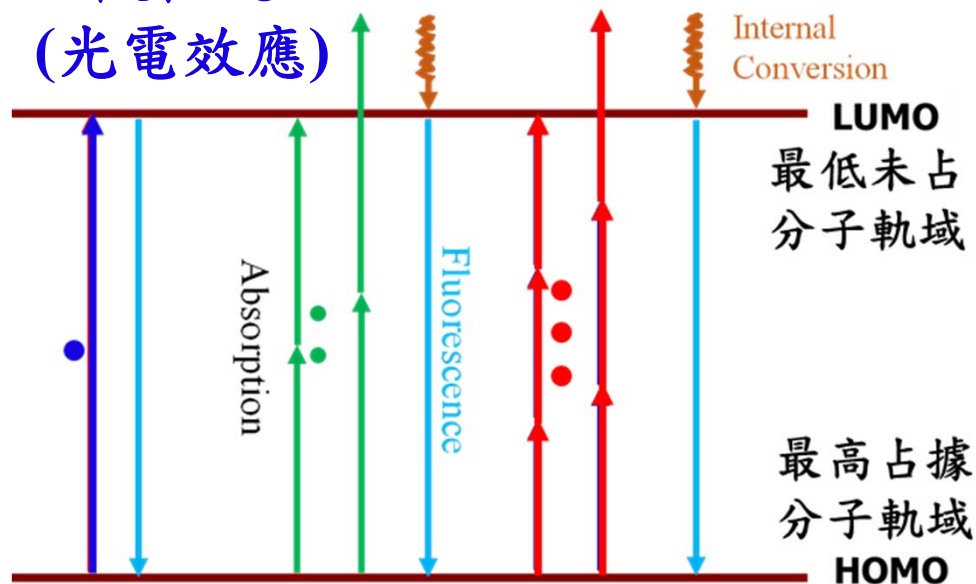
(2) 反鍵結軌域 (基本符號如 σ^* 、 π^* 鍵等)：反鍵結軌域中的電子使兩原子核相互排斥，兩核間有一波節面(node)之電子密度為零，兩帶正電的原子核相互排斥，減弱一個鍵結。

➤ 形成鍵結軌域時其能階之能量必減低，而反鍵結軌域減弱一個鍵結故其能階之能量提高；因此，能階高低次序：反鍵結軌域 > 原子軌域 > 鍵結軌域。



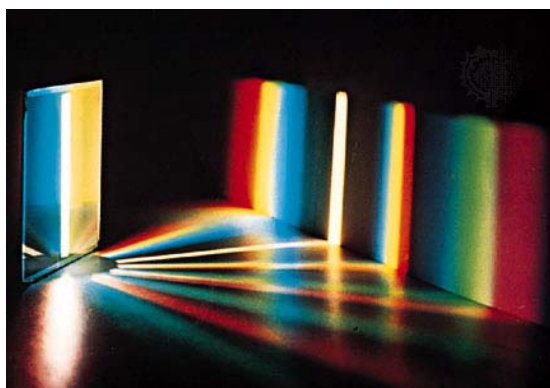
石墨烯量子點與前瞻光學檢測

微粒說
(光電效應)



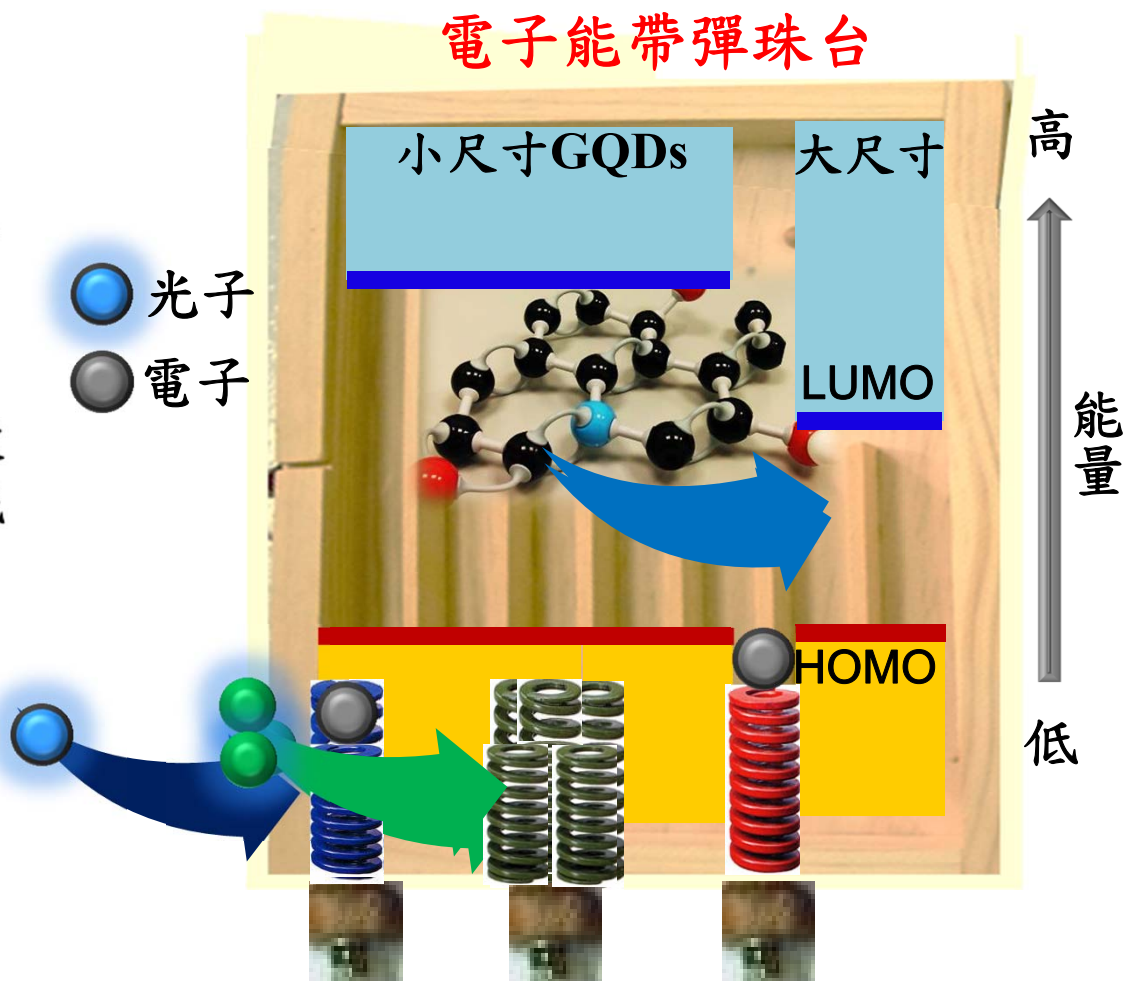
GODs的電子能帶示意圖

量子化是奈米世界中一個普遍的現象：能量是不連續的。



波動說
(繞射)

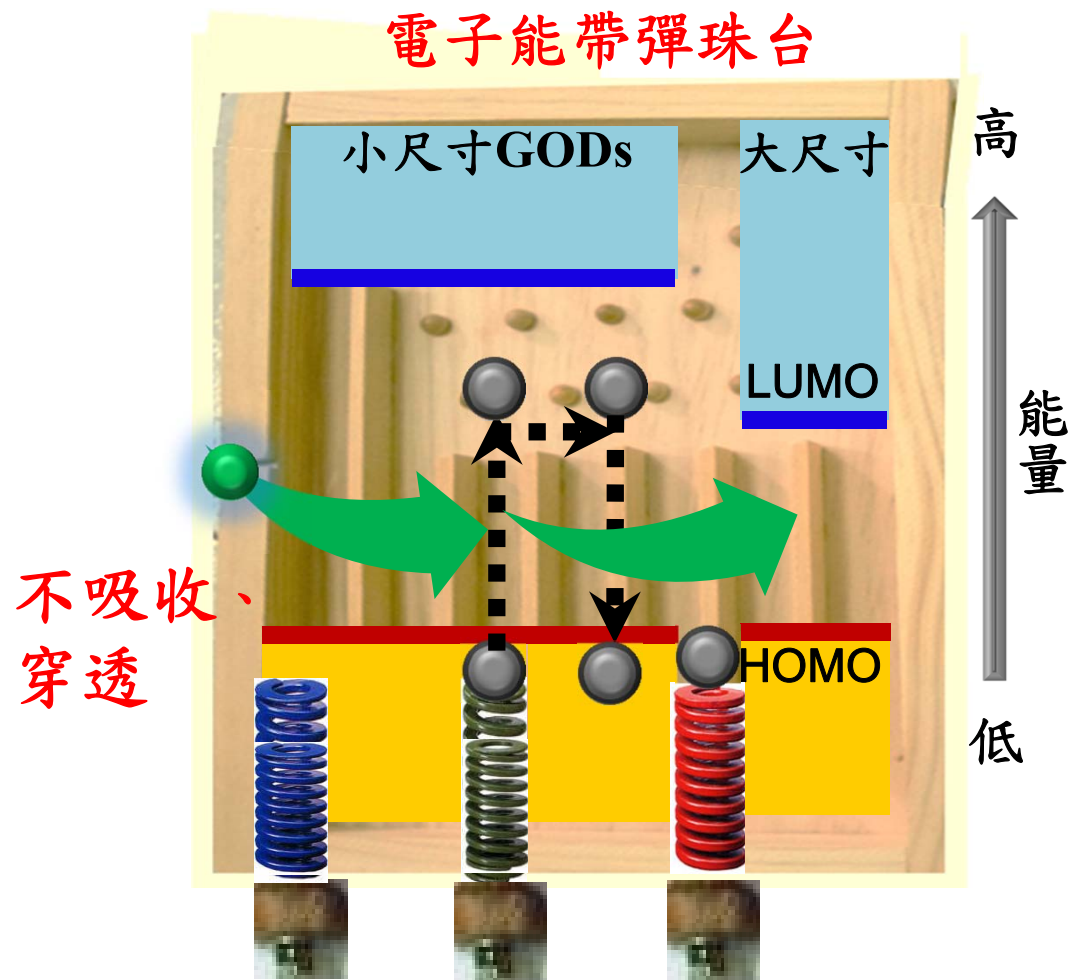
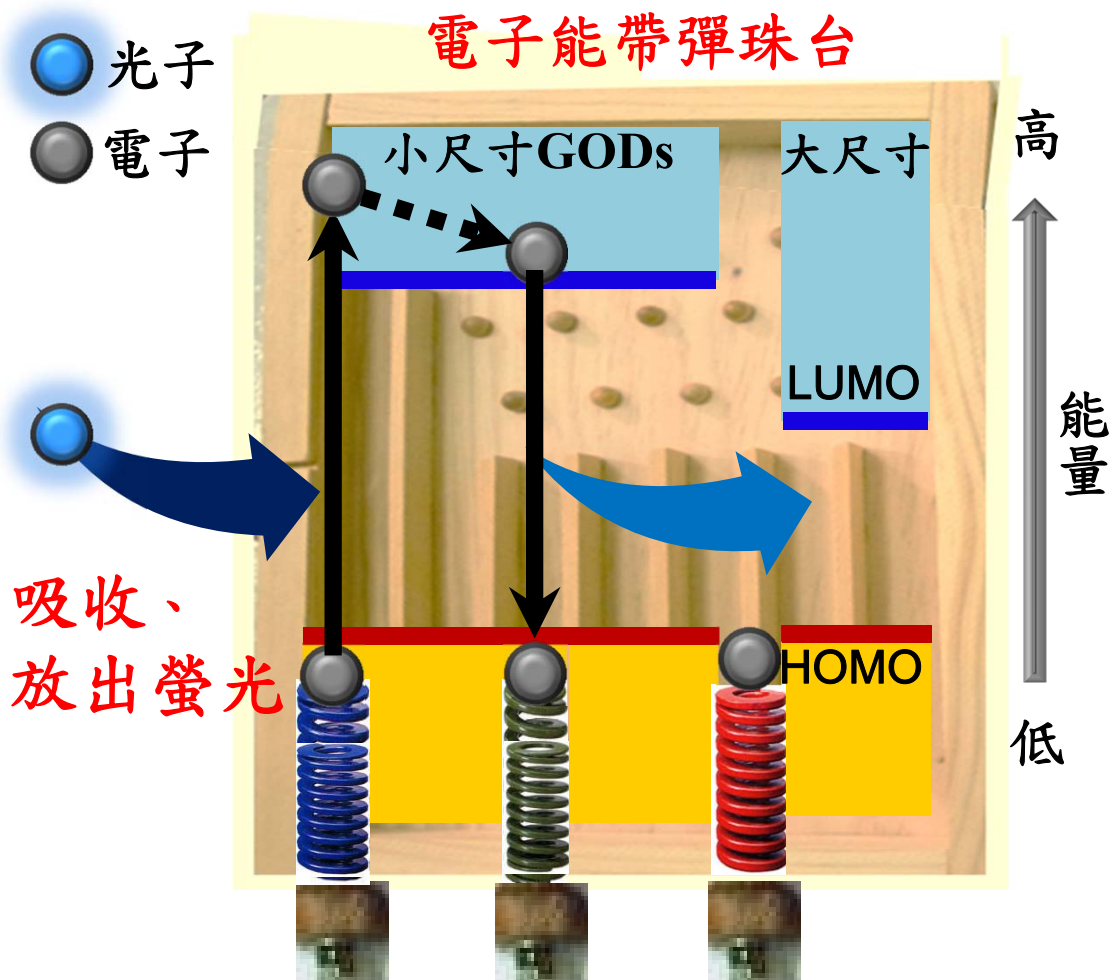
繞射光柵



$$E = h\nu$$

電子可以經由吸收或發射特定能量(頻率)之光子由一個能階躍遷到另一個能階

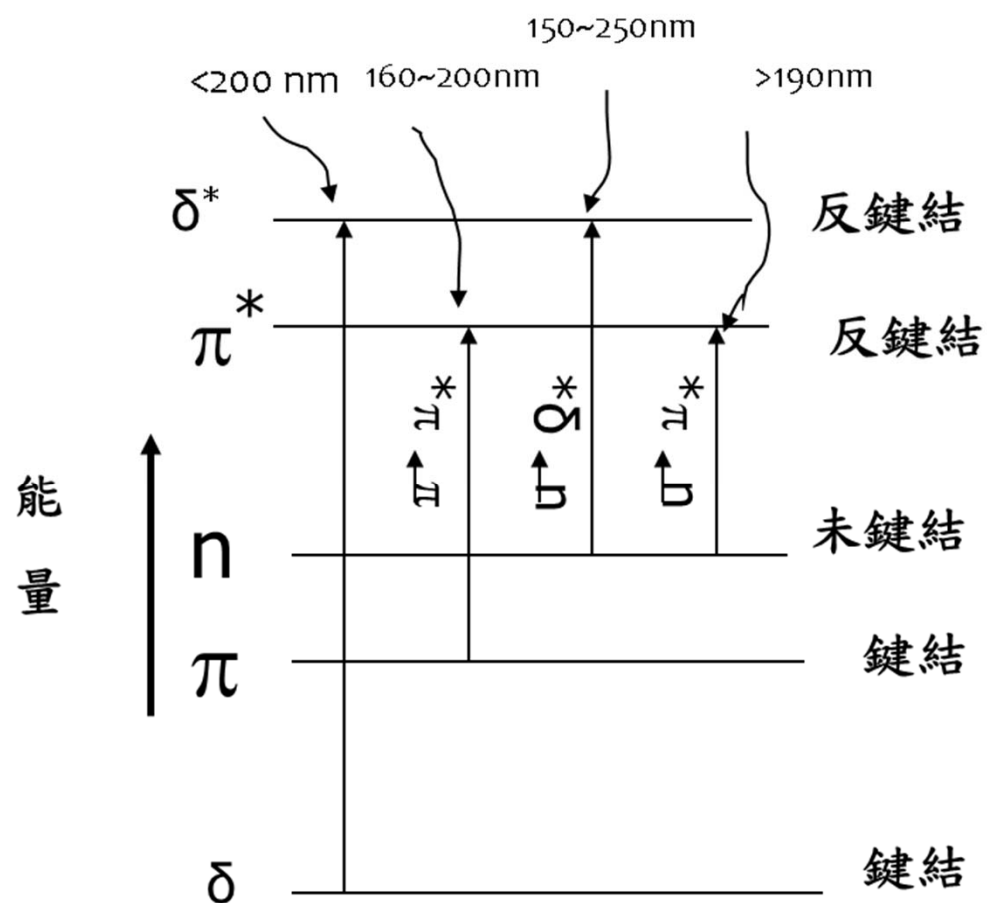
石墨烯量子點與前瞻光學檢測



電子可以經由吸收或發射特定能量(頻率)之光子由一個能階躍遷到另一個能階

$$E = h\nu$$

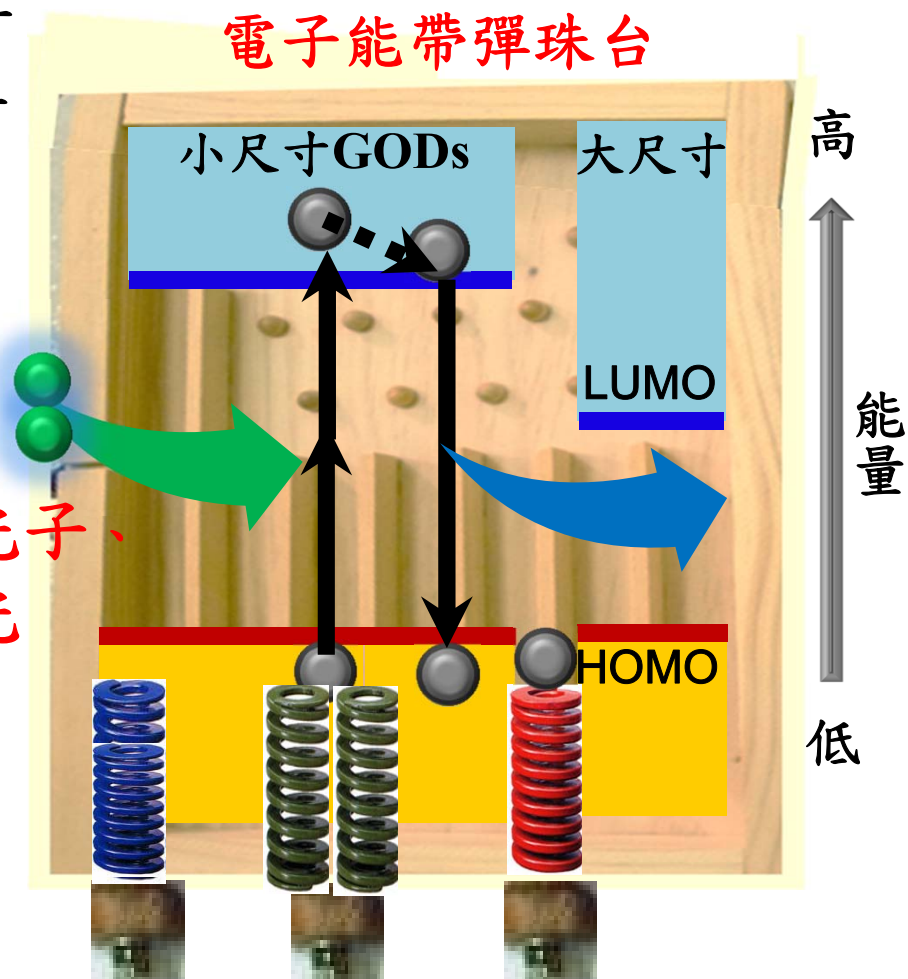
石墨烯量子點與前瞻光學檢測



電子分子能階圖

● 光子
● 電子

吸收雙光子、
放出螢光



$$E = h\nu$$

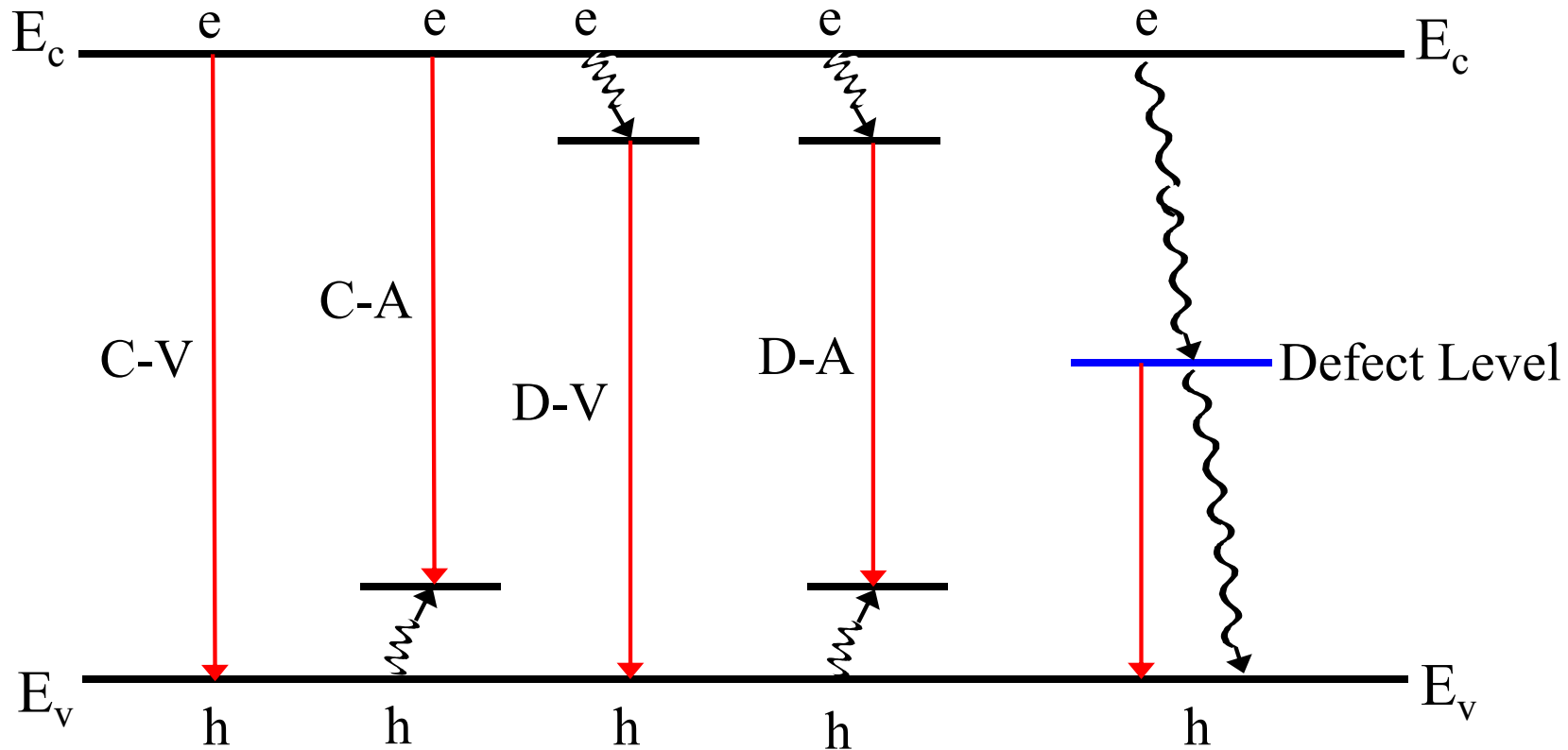
電子可以經由吸收或發射特定能量(頻率)之光子由一個能階躍遷到另一個能階

螢光過程包含三個步驟：

- ◆ **Excitation(激發)** : Electron-hole pairs have to be excited by an external source of energy (laser pump, photoluminescence).
- ◆ **Thermalization(熱平衡)** : The excited e-h pairs relax towards quasi-thermal equilibrium distributions.
- ◆ **Recombination(復合)** : The thermalized e-h pairs recombine radiatively to produce the emission (dependent on the luminescence paths).

In order to enhance the luminescence, the measurement is usually made in **low temperature** and with **a high power pumping light**.

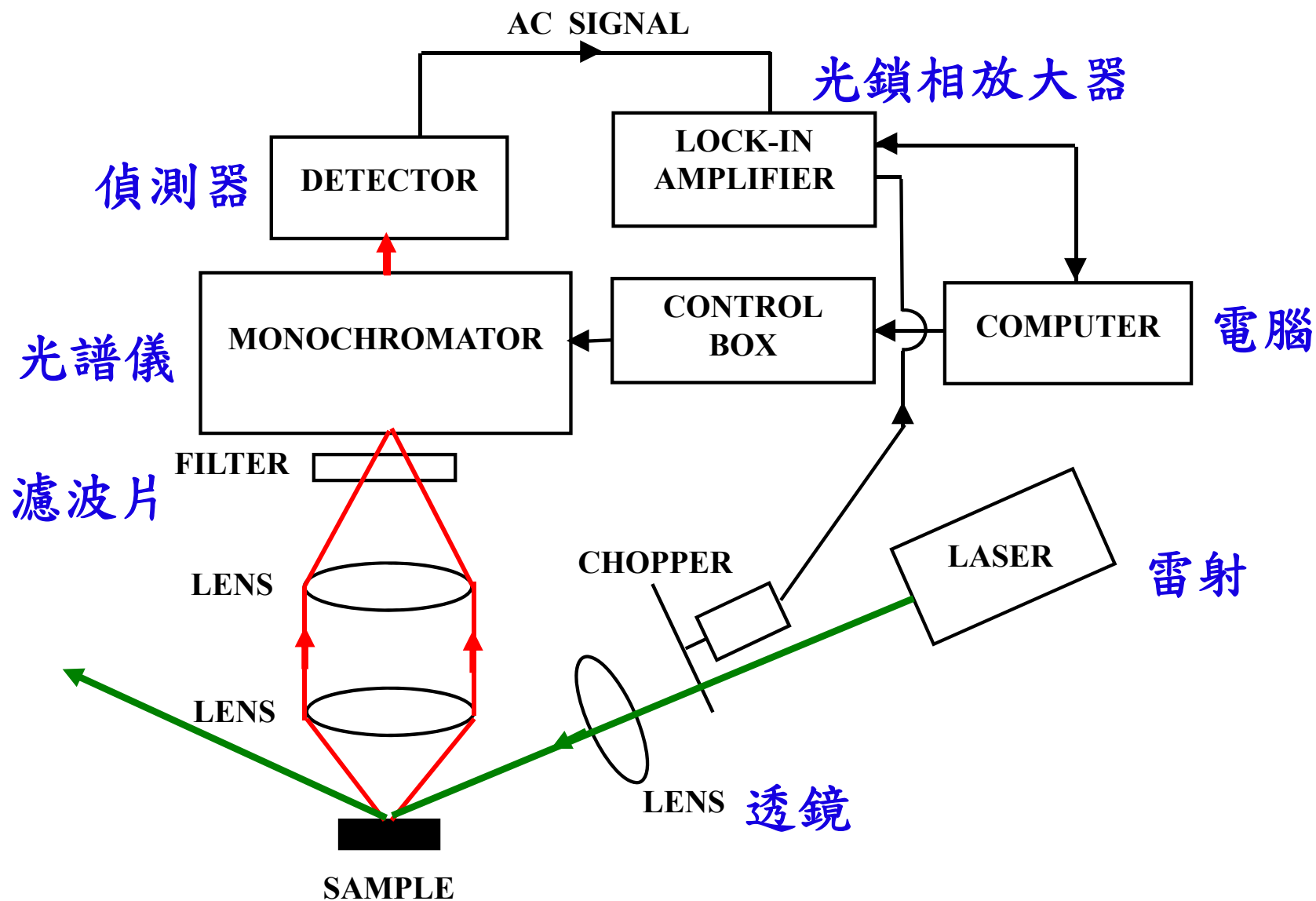
能帶結構中不同的電子電洞復合過程



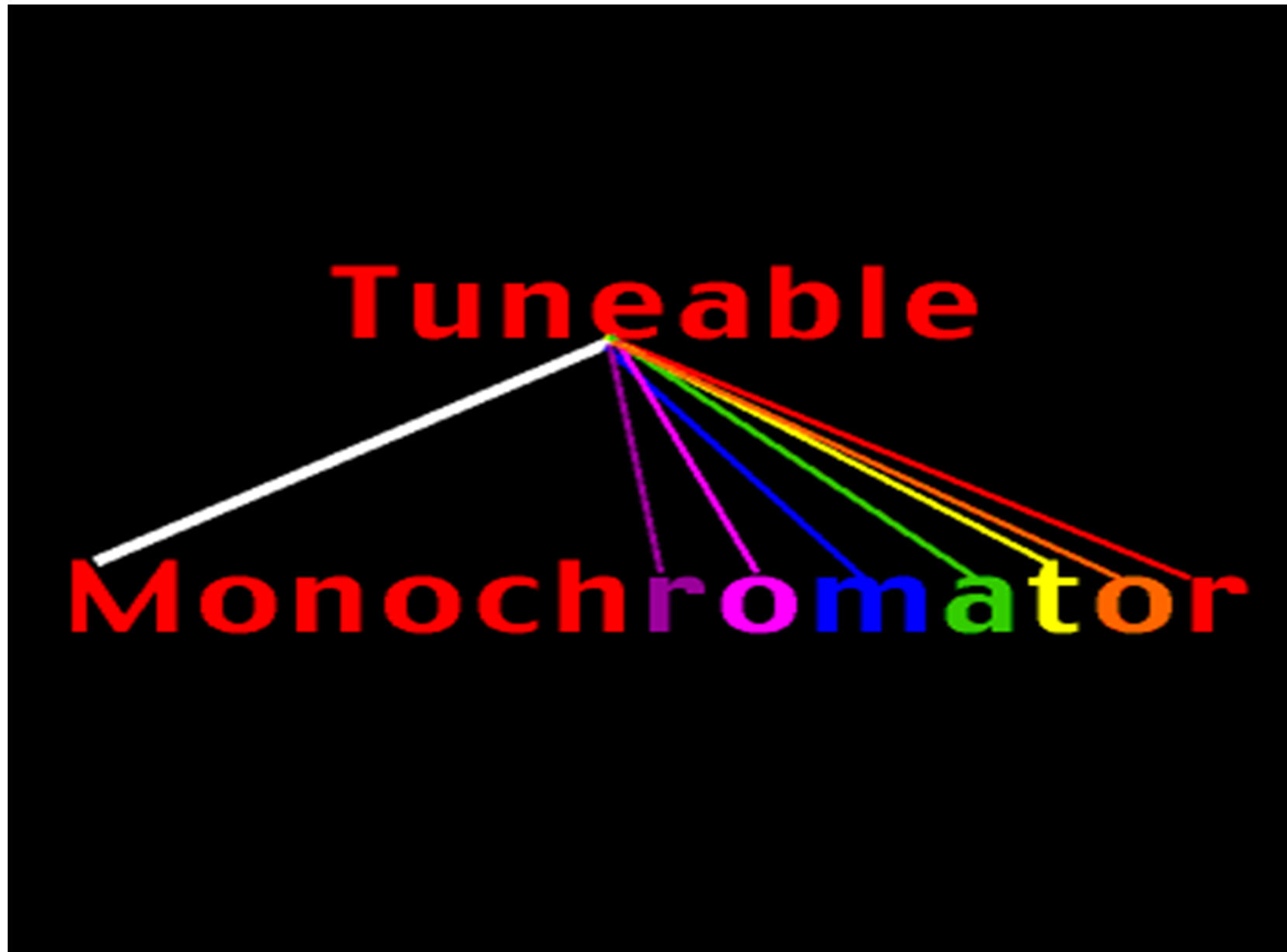
→ : 輻射復合過程(photon process).

→ : 非輻射復合過程(phonon聲子process).

光激發螢光光譜儀的儀器設置圖



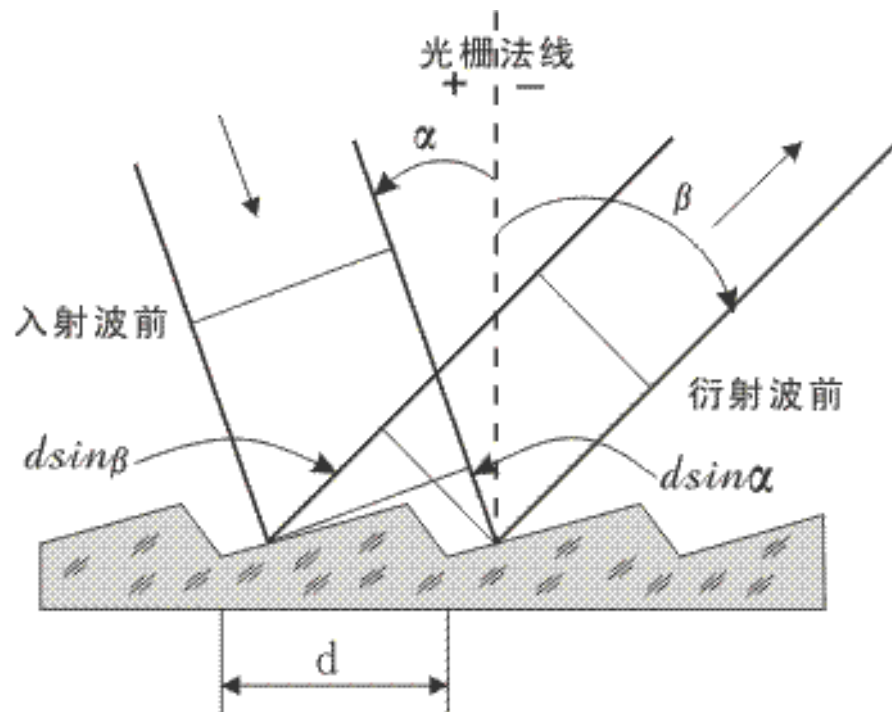
分光光譜儀



反射式繞射光柵分光

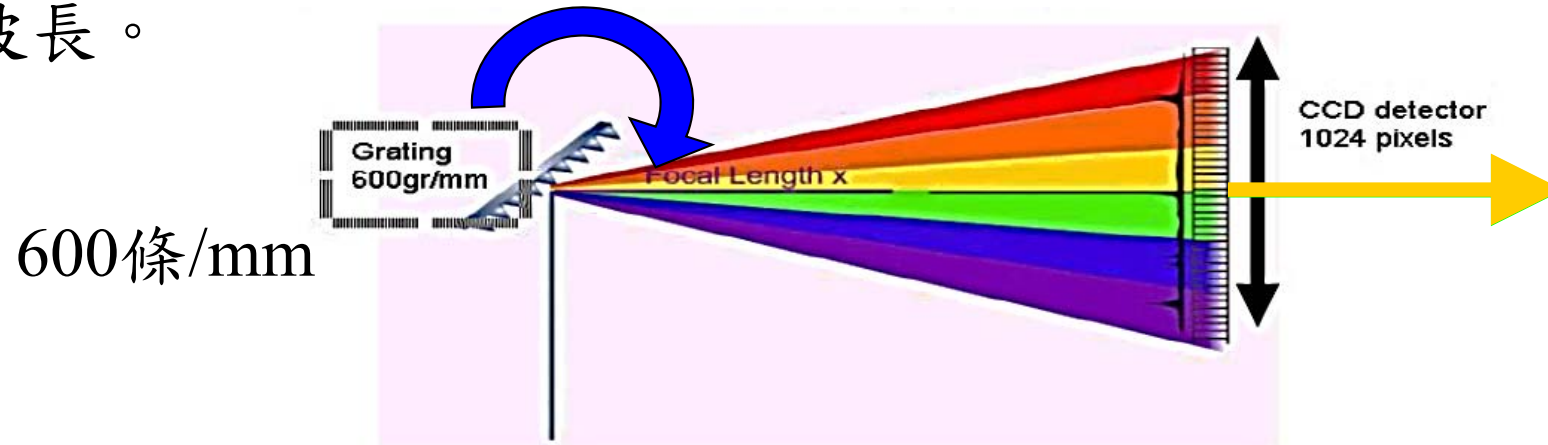
反射式繞射光柵是在基板上週期地刻劃很多微細的刻槽，一系列平行刻槽的間隔與波長相當，光柵表面塗上一層高反射率金屬膜。光柵溝槽表面反射的輻射相互作用產生繞射和干涉。**對某波長，在大多數方向消失，只在一定的有限方向出現。**如圖所示，光柵刻槽垂直輻射入射平面，輻射與光柵法線入射角為 α ，繞射角為 β ，繞射級數為 m ， d 為刻槽間距，在下述條件下得到干涉的極大值：

$$m\lambda = d (\sin\alpha + \sin\beta)$$

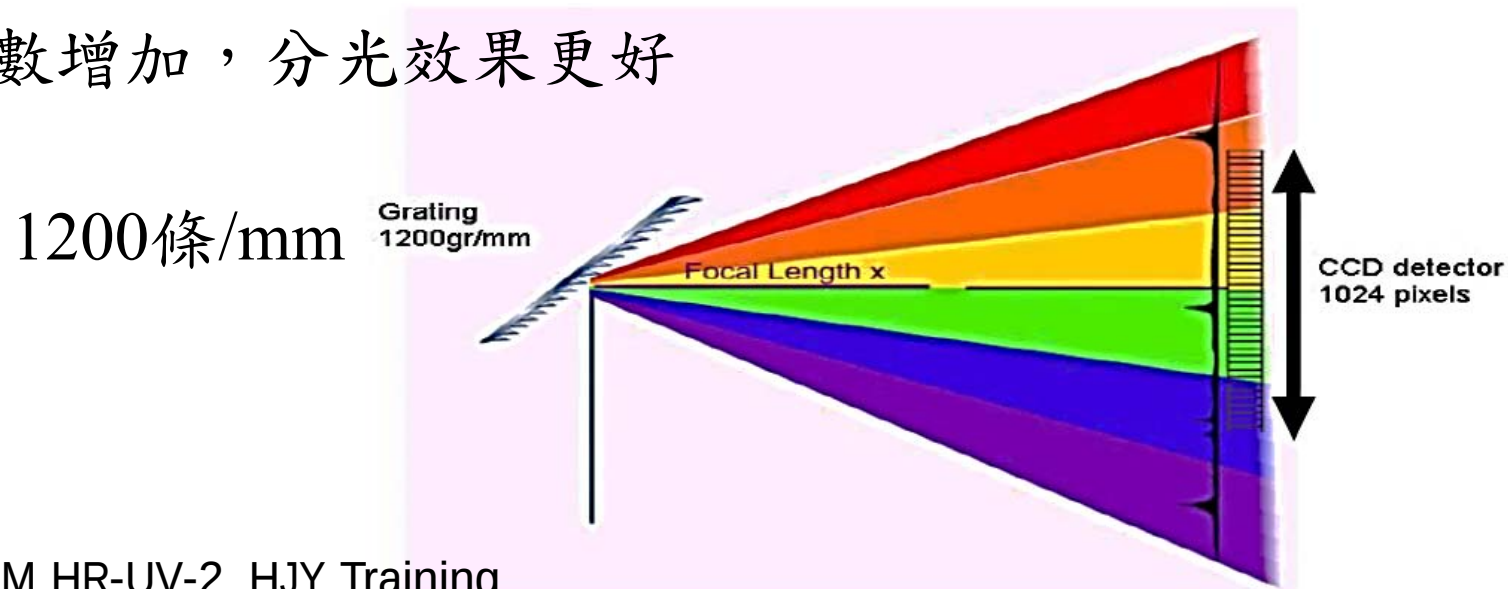


反射式繞射光柵分光

輻射方向固定，旋轉光柵，改變 α ，則在 $\alpha+\beta$ 不變的方向得到不同的波長。

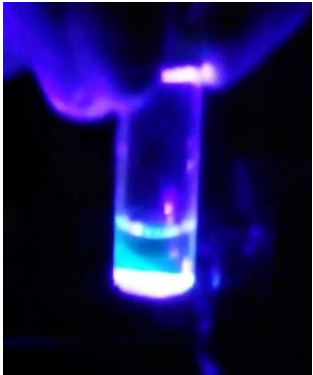


條數增加，分光效果更好



石墨烯量子點光激發螢光光譜圖

2 nm



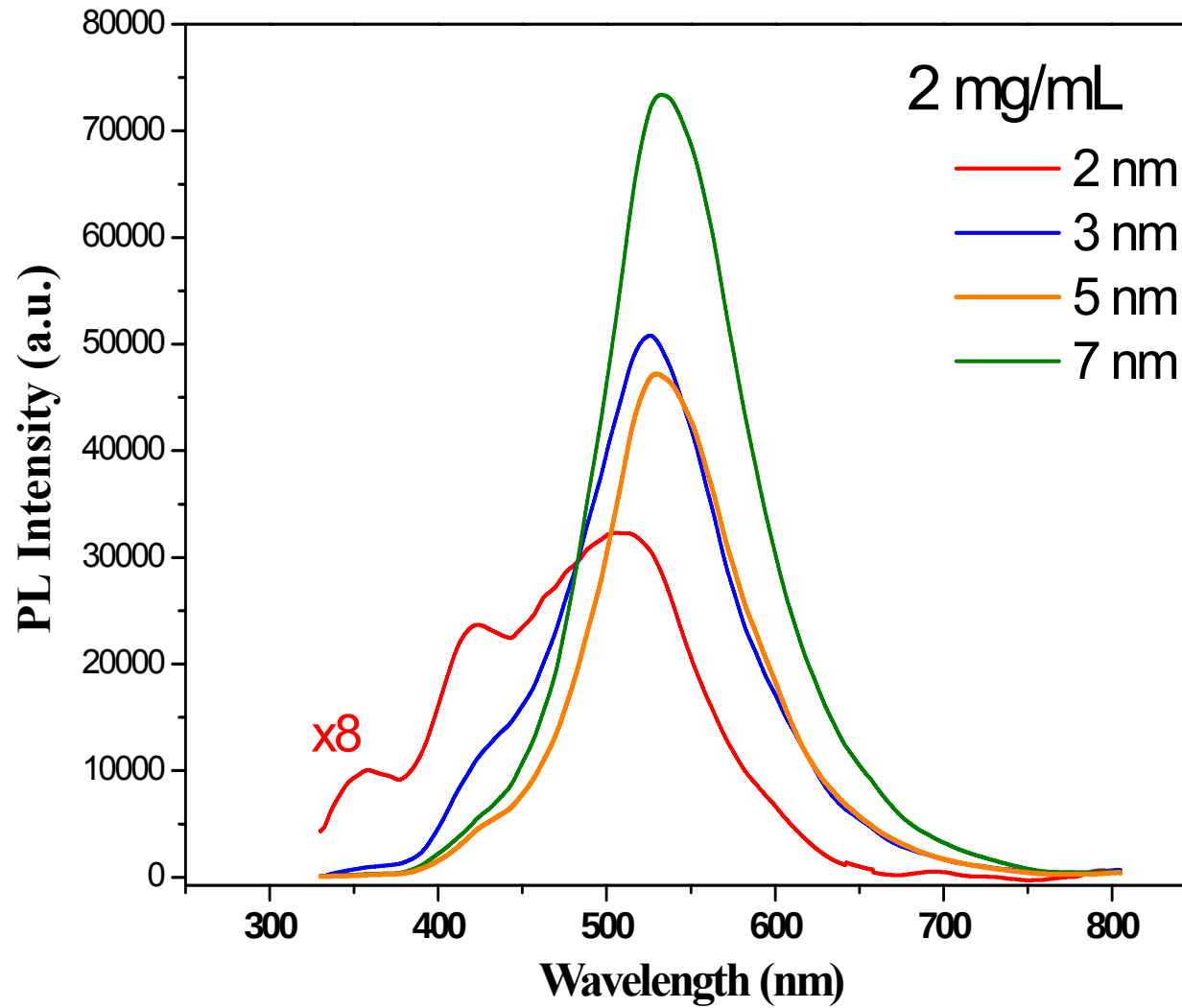
5 nm



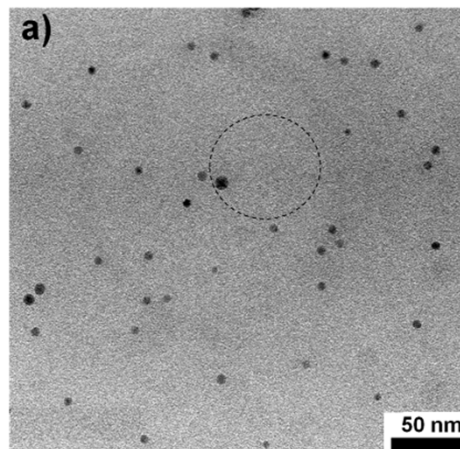
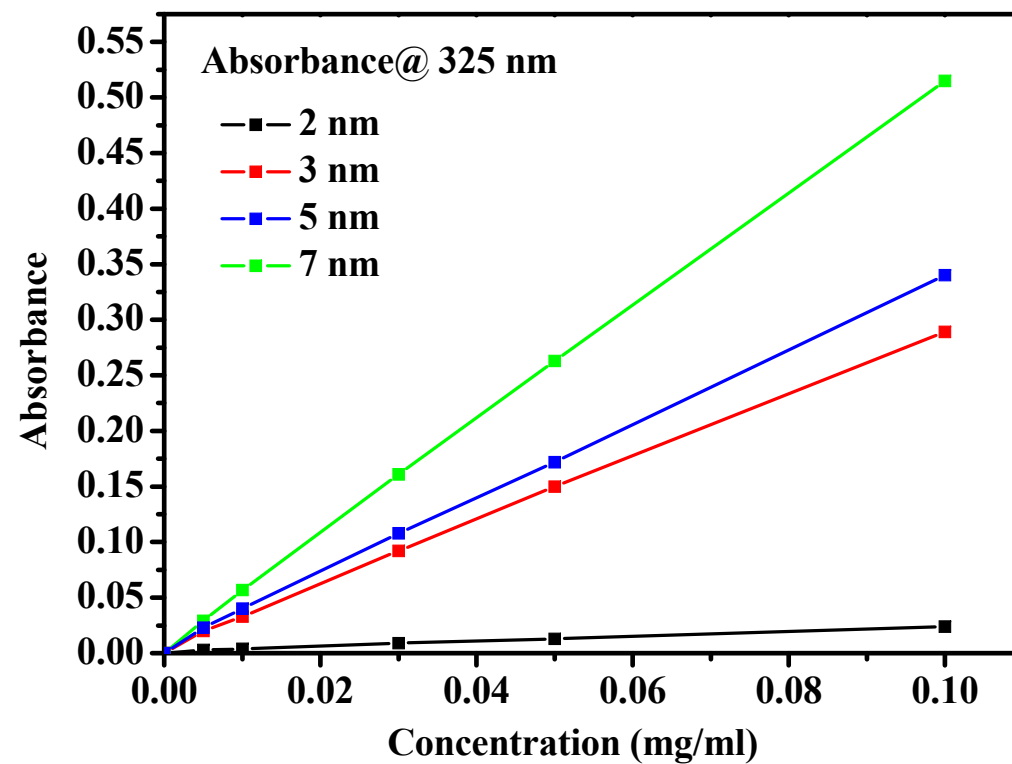
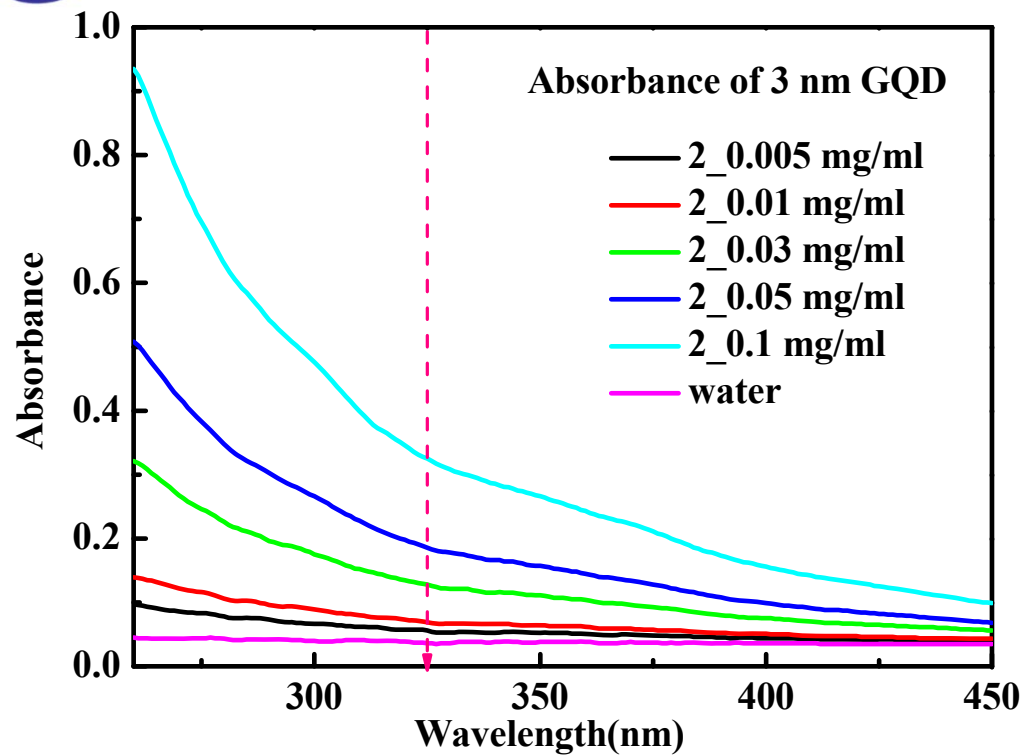
3 nm



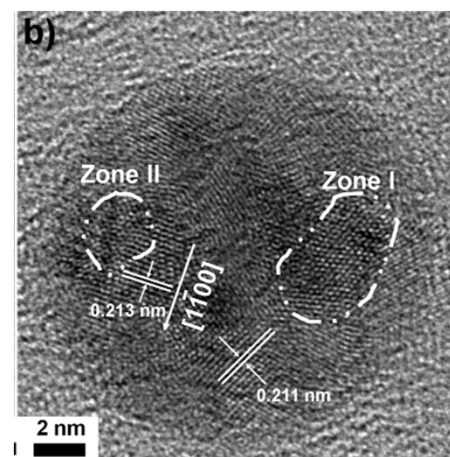
7 nm



石墨烯量子點 吸收光譜



大範圍的
GOQDs
TEM影像



高解析的
GOQDs
TEM影像

一. 材料

1. 紫光雷射筆(405 nm)1支
2. 樣本瓶3~4瓶
3. 純水
4. 不同尺寸氧化石墨烯量子點3~4種
5. 黑色紙箱1件
6. 凸透鏡2個
7. 雷射筆固定架1支
8. 凸透鏡固定架2支





教具製備



二. 實驗步驟

1. 將6 mg氧化石墨烯量子點溶於約3 mL純水於樣本瓶中
2. 將黑色紙箱挖孔讓雷射通過，並開一觀察視窗
3. 固定紫光雷射筆(箱外)
4. 調整兩凸透鏡距離，使光線均勻通過樣本瓶(箱內)
5. 盡量減低外在光線的影響
6. 觀察不同尺寸氧化石墨烯量子點水溶液所發出之螢光

備註：

1. 紫光雷射筆功率5 mW以下即可
2. 要注意雷射光方向，避免眼睛直視

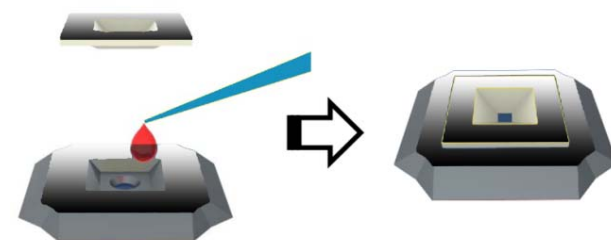
液態奈米影像競賽展

NanoTech inspire your Life!

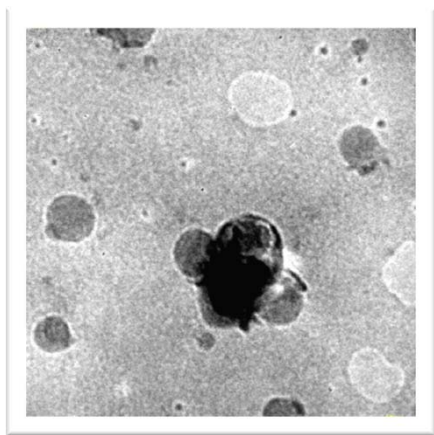
萬象森羅藏奈米，十方世界攝毫端
奈米科技生活化！



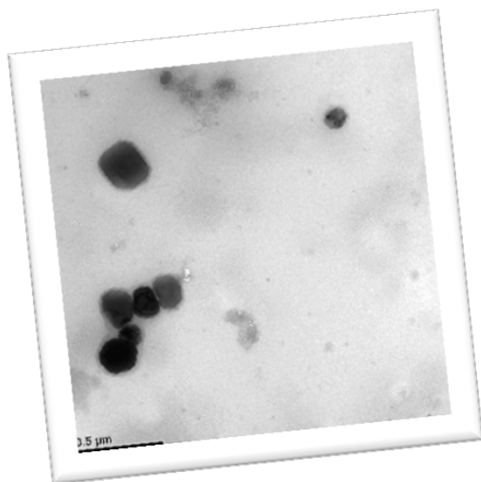
- ✓ 液態電子顯微影像
- ✓ 多光子顯微影像
- ✓ 原子力顯微影像



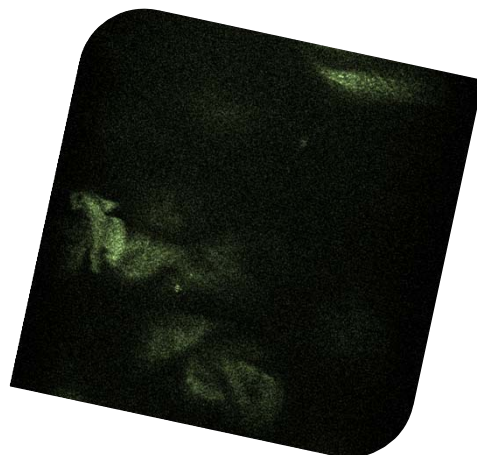
微奈米中心開發之電鏡石墨烯液態承載樣品槽



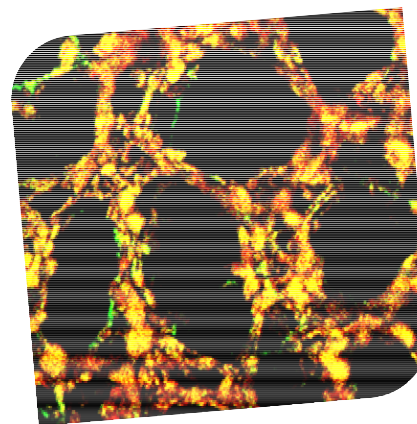
血液中之奈米銀



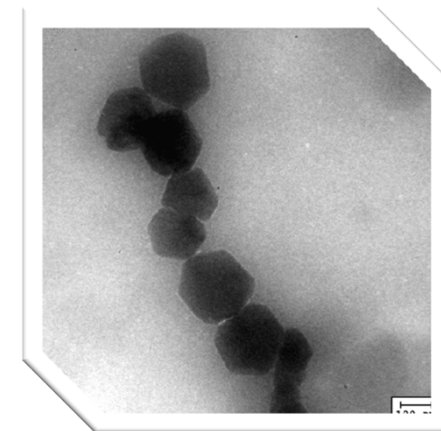
碳酸鈣於牛奶中



皮膚之多光子切片



肺組織的倍頻影像



眼膠中的微脂粒 30