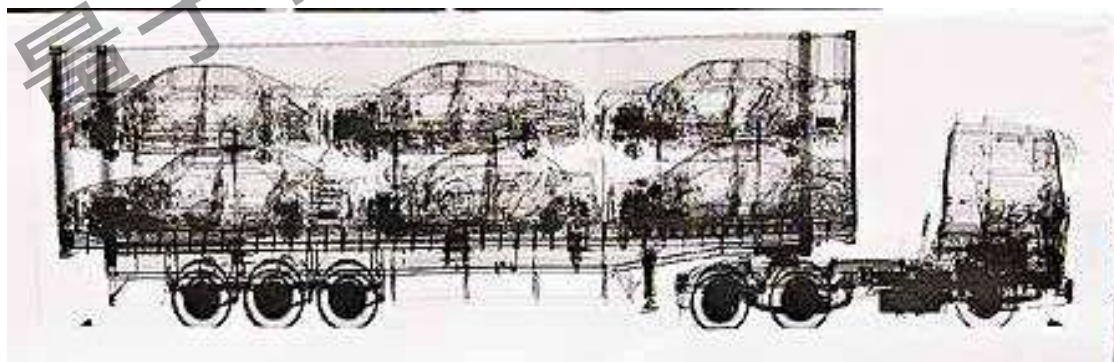
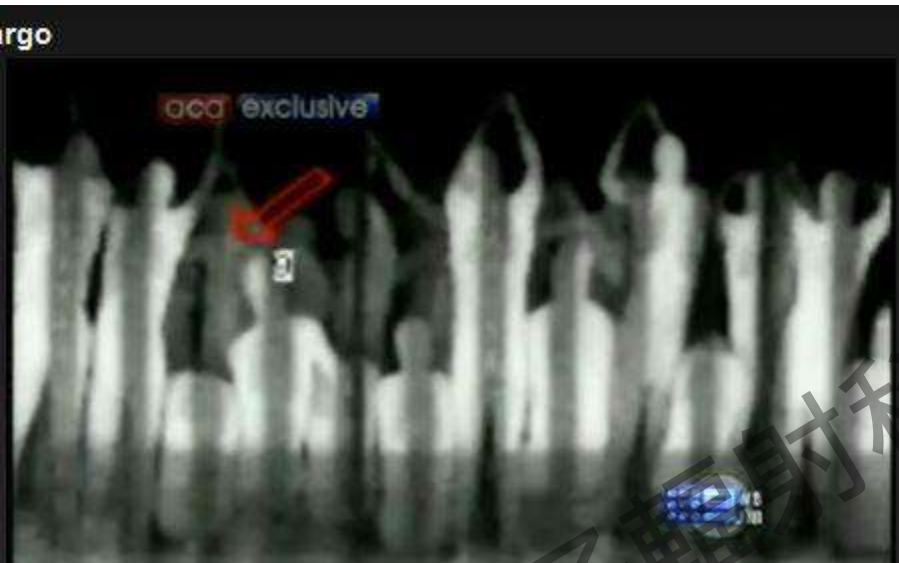
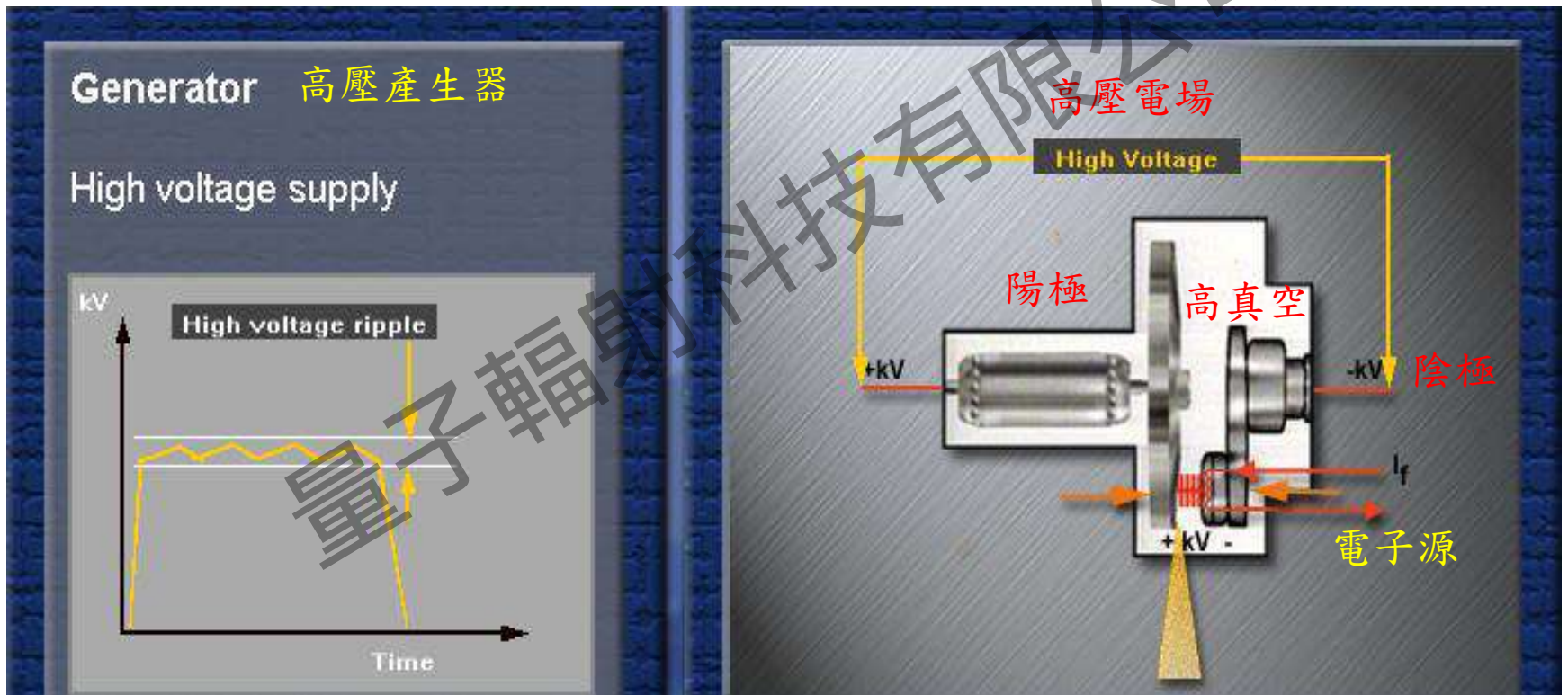


貨櫃檢查X光車



X光機-高壓產生器及管球



110/220V \rightarrow kV
AC \rightarrow DC

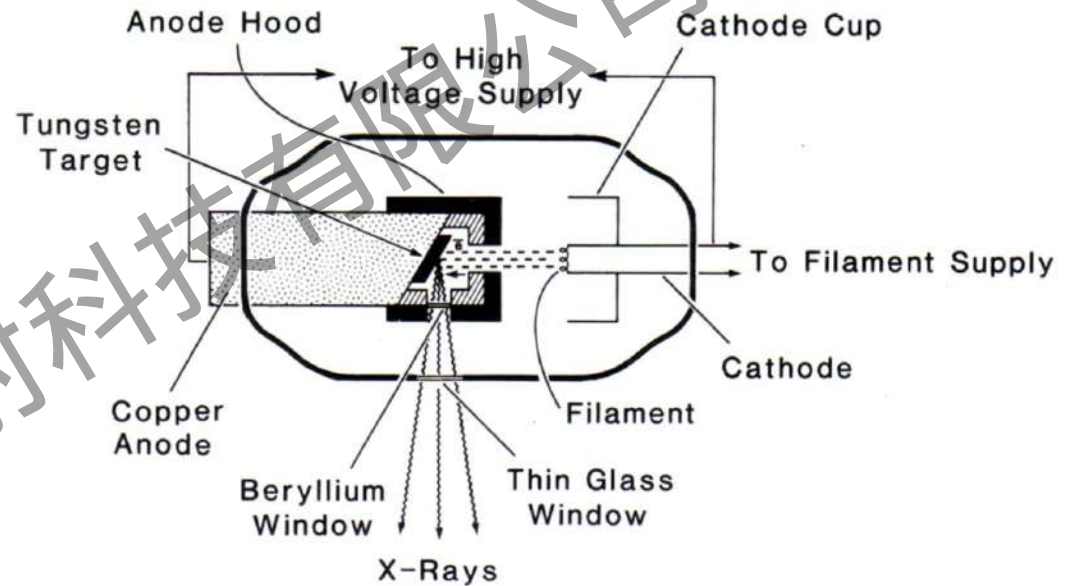
旋轉陽極X光射線管結構示意圖

X光管 (X-ray Tube) 示意圖

旋轉陽極X光射線管



固定式陽極X光射線管



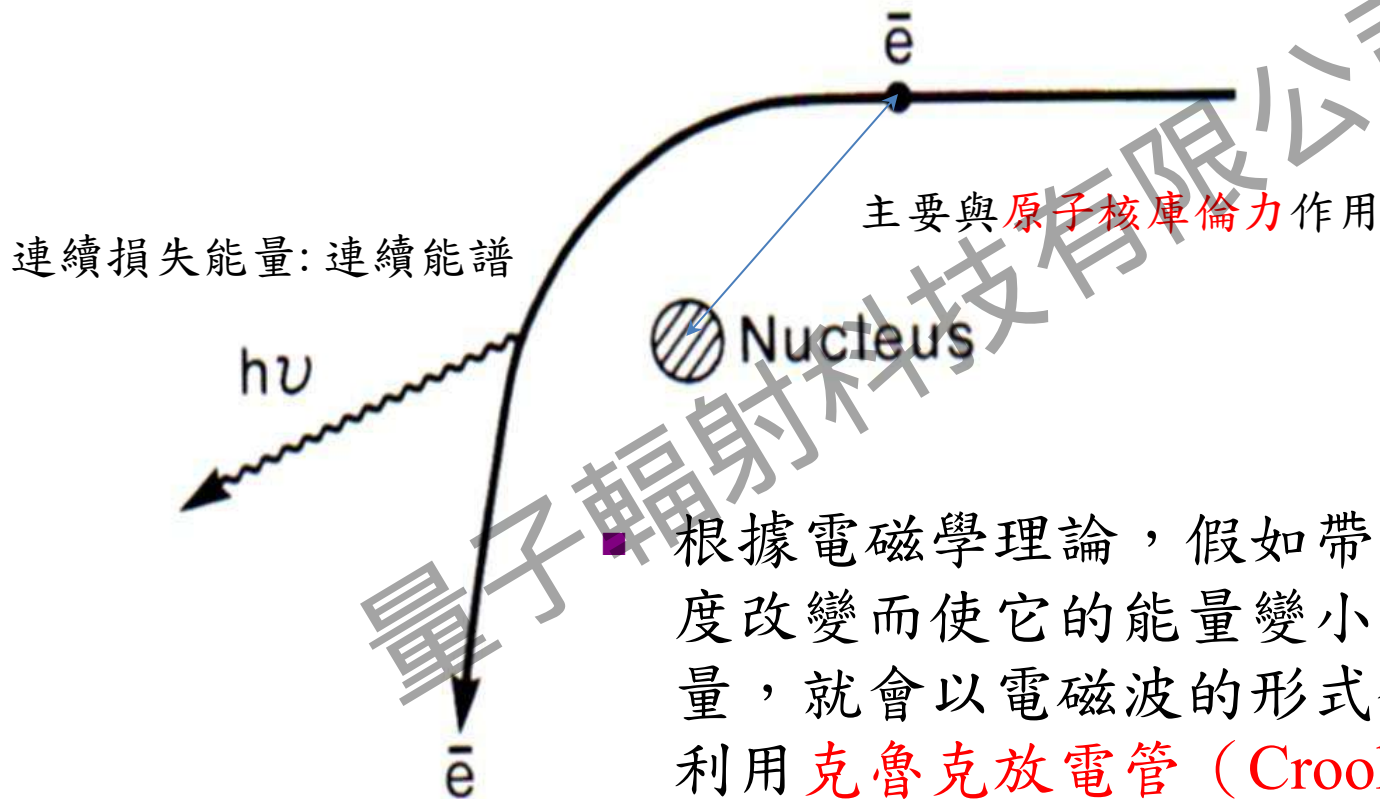
厚靶(thick target)

鎢作為靶材料的原因：

- 鎢**原子序**數較高，產生X射線的效率**高**和產生**高能**X射線；
- 鎢為能夠有效**散熱**的金屬；
- 鎢具有**很高**的**熔點**3410°C

x-ray 產生機制

1. 制動輻射 Bremsstrahlung x-rays (braking radiation)



- 根據電磁學理論，假如帶電粒子，因加速度改變而使它的能量變小時，這多餘的能量，就會以電磁波的形式發射出來。倫琴利用克魯克放電管（Crookes tube）發現的X光，就是從放電管放出來陰極射線（現在知道是高速的電子流）衝擊到管壁以後，因速度變小能量變低而放出來的輻射。

X-ray (bremsstrahlung 制動輻射)

陰極(cathode)

陽極(anode)

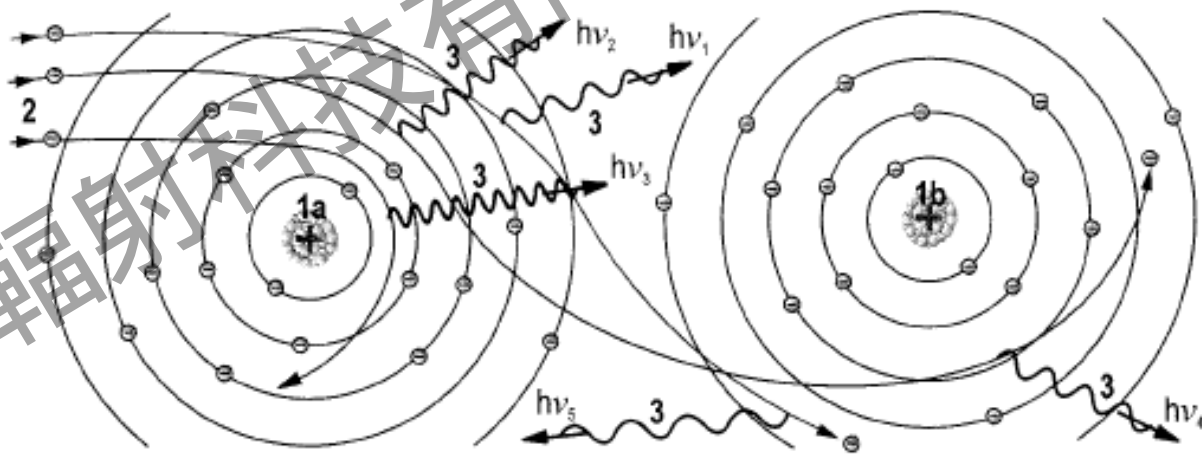
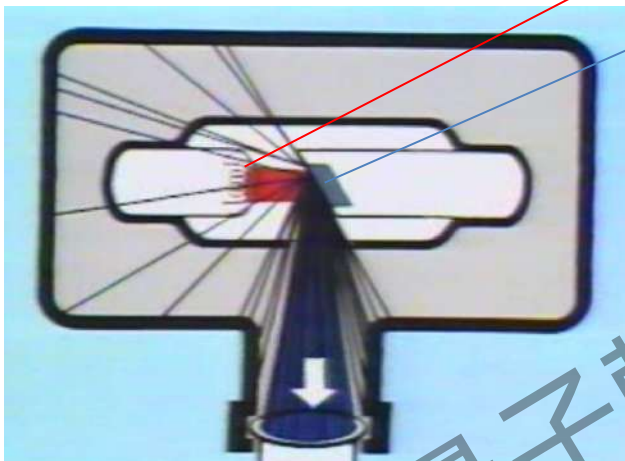
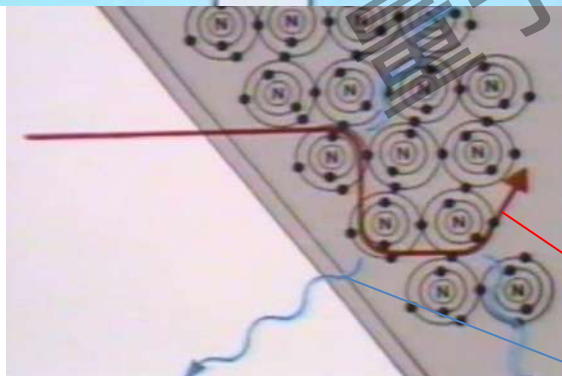


Figure 2.5 Principle of formation of X-ray bremsstrahlung through deceleration in the electrical field of the anode atoms (interaction with the nucleus of the atom)

游離、激發(ionization, excitation)

電子徑跡

制動輻射(bremsstrahlung)



x-ray 產生機制

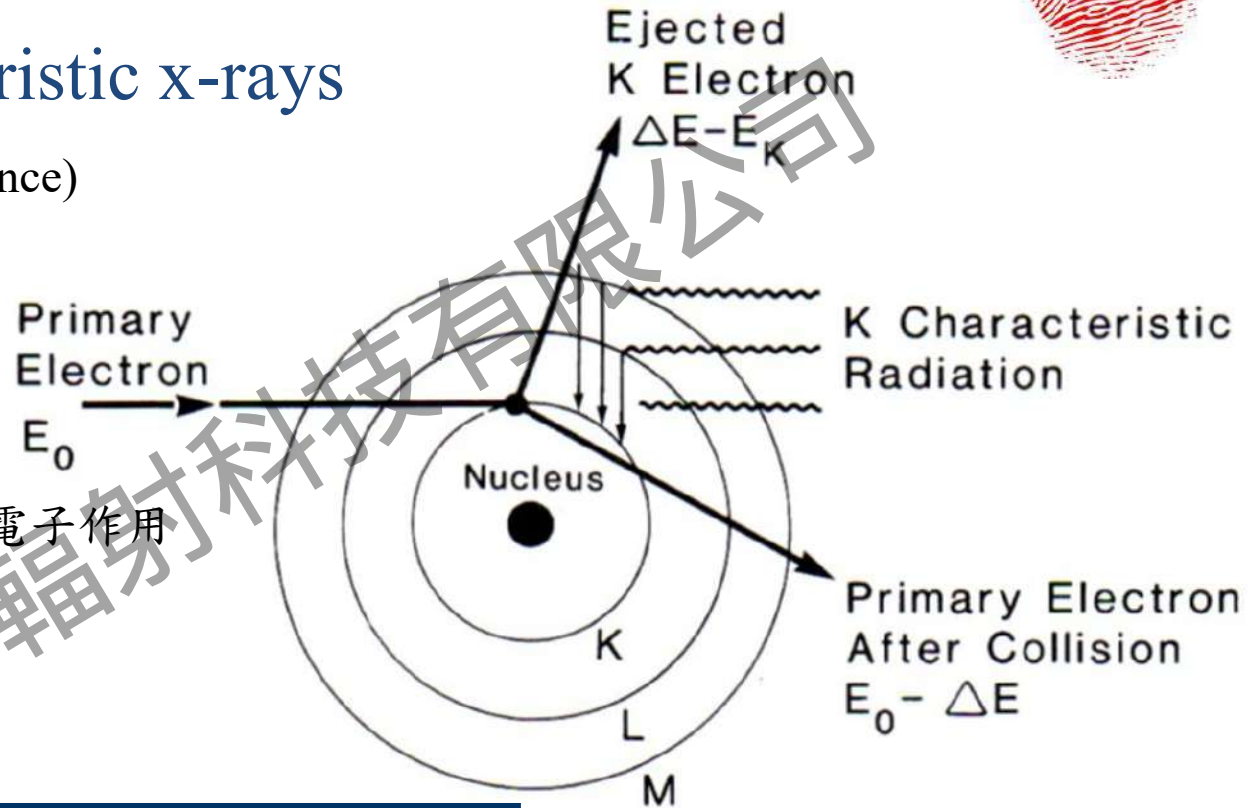
原子的指紋



- 2. 特性Characteristic x-rays

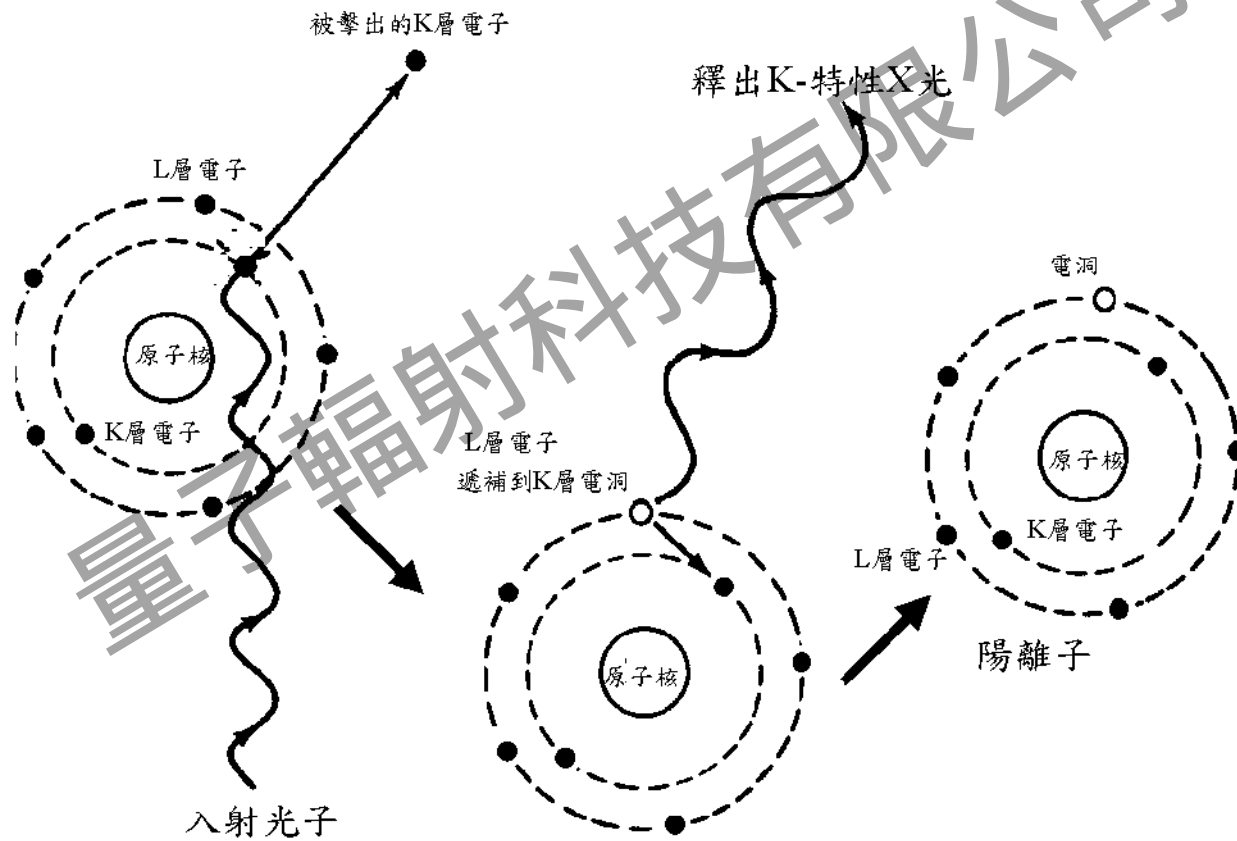
螢光輻射(Fluorescence)

主要與原子核外電子作用



元素	元素符號	原子序數	K特性X射線	熔點
鎢	W	74	59.0keV	3410° C
鉬	Mo	42	17.4keV	2600° C
銠	Rh	45	19.7keV	3200° C

特性X光(特性輻射)的產生



螢光X射線裝置 (XRF) 原理

- 對某物質進行X射線照射會產生**元素的特性X射線**。螢光X射線裝置就是利用這個特性X射線而得到元素信息。
- 特性X射線的產生原理:如下圖所示，用比K層電子的束縛能量更大的X射線對物質進行照射，K層電子獲得能量向外飛出而出現空洞。
- 出現空洞後K層會變的很不穩定，此時L層或M層的電子將會填補這個空洞。但L層或M層電子的能階要比K層的大，所以當L層或M層的電子填補K層空洞時，會產生等同於能階能量差的X射線強度。
- 產生的X射線與元素特徵密切相關(特性X射線)，所以根據強度比可以得到**元素信息**。

元素的定性與定量分析

靶材料	原子序數	K層電子束縛能	L層電子束縛能
鋁(Al)	13	1.56	0.09
銅(Cu)	29	8.89	0.95
鉬(MO)	42	17.4	2.87
鎢(W)	74	59.0	12.09
鉛(Pb)	82	88.0	15.86

不同元素發出特性X射線能量各不相同，因此通過對特性X射線能量或波長的測量即可知道它是從何種元素發出的，從而可以進行元素的定性分析。

同時樣品受激發後發射某一元素的特性X射線強度與這元素在樣品中的含量有關，因此測出它的強度就能進行元素的定量分析(黃金純色分析儀)。

X射線螢光分析儀



金屬成色分析儀



桌上型
黃金成色分析儀
i-RAY X-1600

手提式X射線螢光分析儀

- 依照不同的分析對象，儀器可製成供野外探勘用的手提式分析儀，以及供實驗室用的，配有高分辨率偵檢器及電子計算機的多元素同時快速分析儀。
- X射線螢光分析儀廣泛應用於地質、礦山、冶金、環保、考古領域中。



手提式X射線螢光分析儀



1. 測量塑料、焊料和印刷線路板中的重金屬含量。
2. 對不同材料的分析：電纜、PCB、零部件、塑料外殼、焊料、緊固件等。
3. 可分析元素 ^{17}Cl 至 ^{92}U 。

食品/PCB/成品重金屬檢測



Quick Mail 10% 9:41:08

TEST

SS2304

完全符合 (1/2)

元素	%	+/-	上下限
Fe	67.23	0.735	66.90 - 75.50
Cr	23.58	0.413	21.50 - 24.50
Ni	4.83	0.240	3.00 - 5.50
Mo	3.01	0.063	
Mn	0.92	0.286	0.00 - 2.50
Sn	0.22	0.045	
In	0.12	0.039	
Sb	0.08	0.036	

功能表

元素的定性與定量分析應用

平等院鳳凰堂整修前及整修後



提供：平等院、攝影（右）：神田文彰

照片為平等院鳳凰堂北翼廊的樓閣，在整修前（左，於2002年左右拍攝）及整修後（右，於2014年3月拍攝）的模樣。根據分析出土的屋瓦等研究結果，以被認為是平安時代所使用的「丹土鐵丹」（紅褐色）的色彩對平等院鳳凰堂進行塗裝修復。此外，亦對裝設在中堂（照片左手邊）屋頂上的鳳凰貼覆金箔，並更換屋頂的瓦片。平等院鳳凰堂已於2014年4月3日起重新開放參觀。

牛頓科學雜誌82號 2014 Aug.



攝影：三好和範



提供：日本東京藝術大學研究所保存修復學部彫刻研究室

X光繞射分析

- 1912年由德國馮勞厄(Von Laue)提出原理(1914年諾貝爾物理獎)
- 英國布拉格父子以實驗及理論分析證實(1915年諾貝爾物理獎)
- 用於判定所有晶體之結構(有機無機元素合金)、化學分析、應力量測、顆粒大小量測、決定單晶體的晶面及晶體內具有各種晶面

<https://www.scimonth.com.tw/archives/6184>



應用：

1. 塑膠部件、金屬部件、電子組件中鉛、汞、鎘、總鉻、溴的篩選測試。
2. 鍍層薄膜厚度、合金成份分析。
3. 布料熱加工程序與其染色性和物性變化間關係的分析。
4. 生物生前和死後之傷、血跡、骨骼、毛髮、精斑等物證及個人識別之分析。
5. 蛋白質與DNA的結構研究
6. 洗髮精中的矽油吸附性分析。

輻射的工業應用-離子佈植

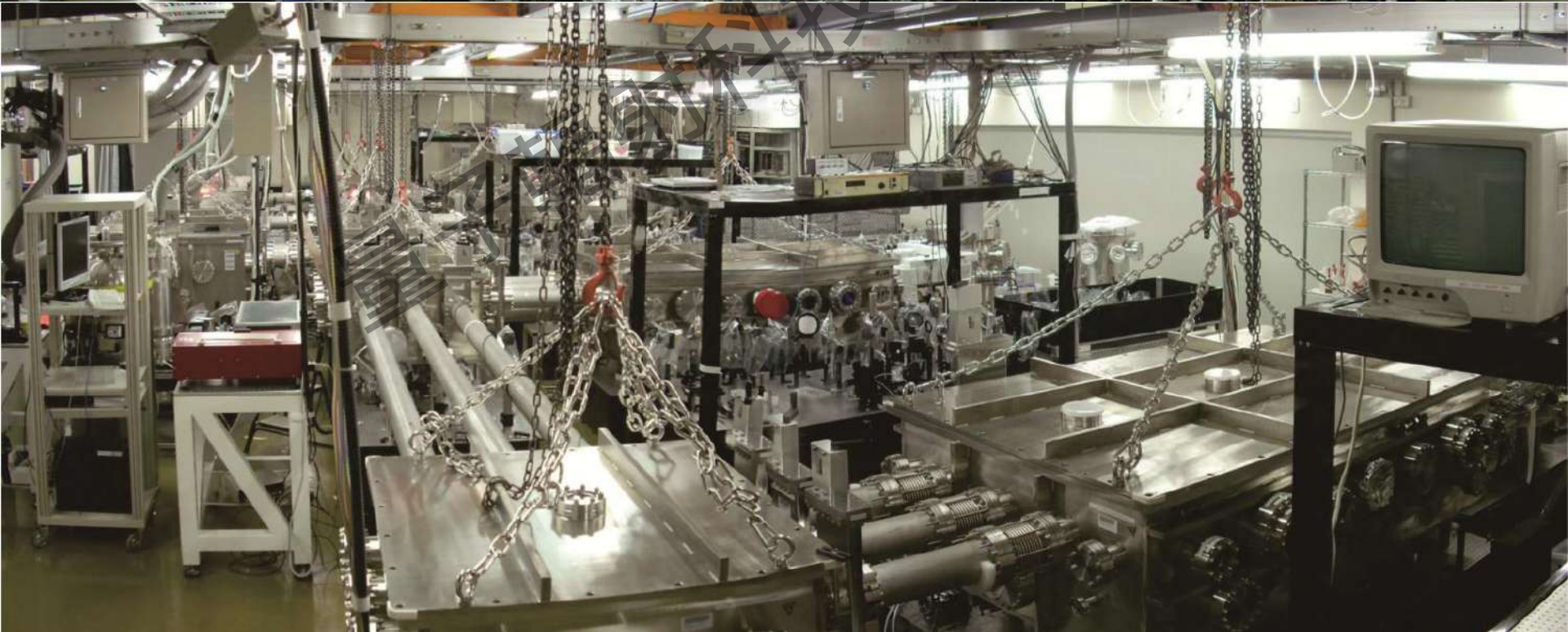


將一定能量的離子植入固體表面的方法。藉由將原子引進固體基座表面層或其中的特定位置，藉以調整材料表面的物理、化學、機械性質，使得材料的表面和本體性能得到改善。

應用：

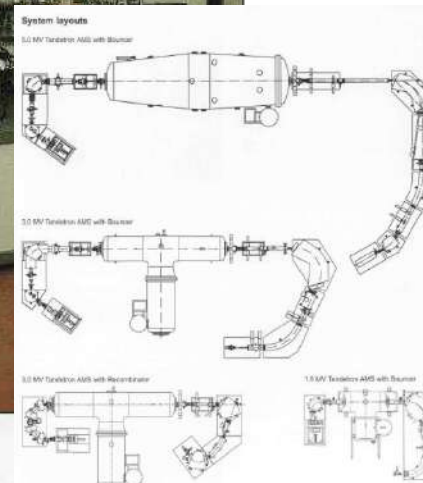
1. 半導體製程，離子植入晶片上，改變晶片表面的電性。
2. 超精密模具硬度、親/疏水性改質。
3. 光學鏡片玻璃防紫外線處理。
4. 鑽孔機材料硬度改質。
5. 靜電消散材料處理。
6. 生物性相容材料耐腐蝕處理…等。

中央大學強場物理與超快技術實驗室



ACCELERATOR MASS SPECTROMETERS

DEDICATED AND MULTI ELEMENT SYSTEMS

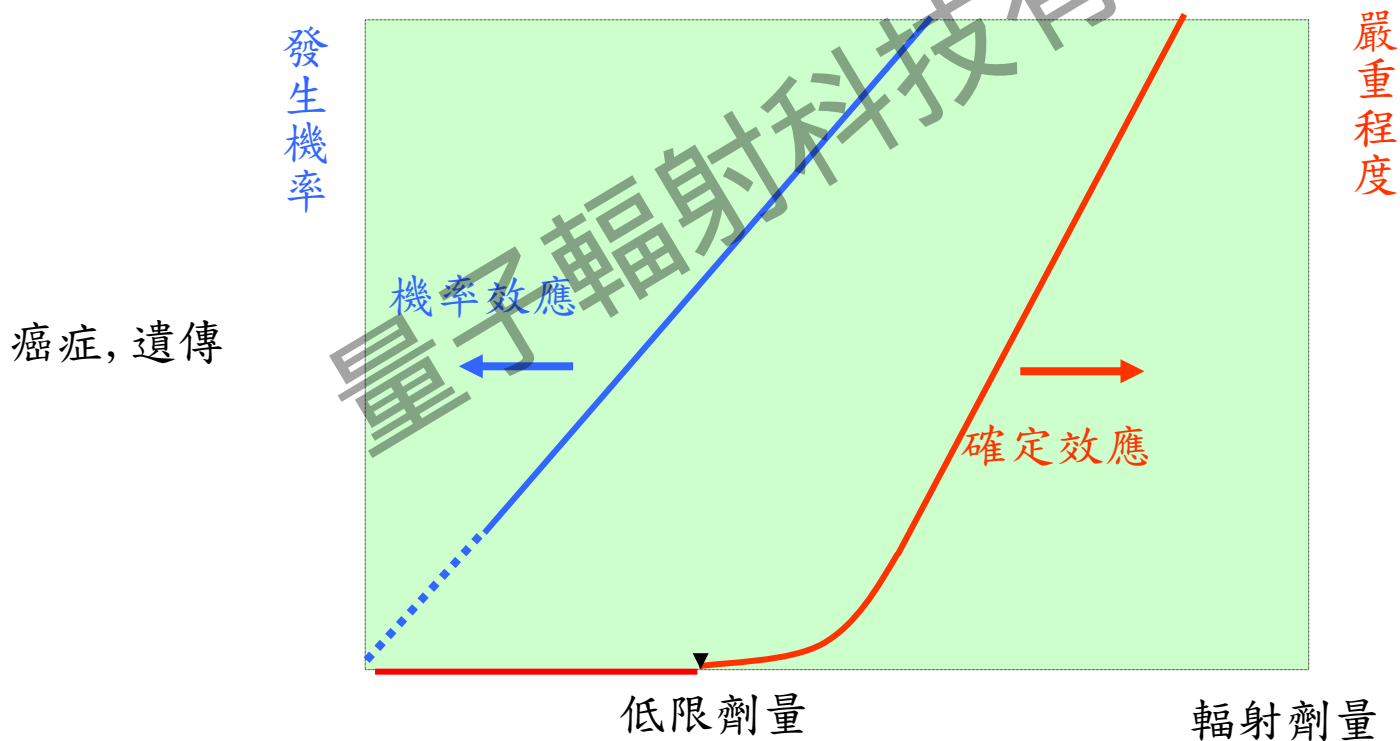


三.X光機輻射安全



輻射防護目的

- 防止**確定效應**的發生(皮膚紅斑, 白內障)
- 降低**機率效應**的發生至合理可接受之低水準



輻射生物效應

(一) 確定效應(deterministic effect)：指導致組織或器官之功能損傷而造成之效應，其嚴重程度與劑量大小成比例增加，此種效應可能有劑量低限值。

(二) 機率效應(stochastic effect)：指致癌效應及遺傳效應，其發生之機率與劑量大小成正比，而與嚴重程度無關，此種效應之發生無劑量低限值。

輻射之健康效應	內容	與接受劑量關係	劑量低限值	損傷類型
確定效應 (等價劑量)	指導致組織或器官之功能損傷而造成之效應	其嚴重程度與劑量大小成比例增加	此種效應可能有劑量低限值。	皮膚損傷、白內障、嘔吐、皮膚紅斑、不孕
機率效應 (有效劑量)	致癌效應 遺傳效應	其發生之機率與劑量大小成正比	此種效應之發生無劑量低限值。	癌(白血病、甲狀腺癌)、遺傳效應

體外曝露的輻射防護基本原則

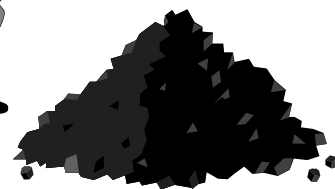
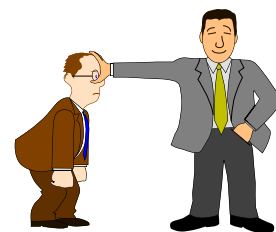
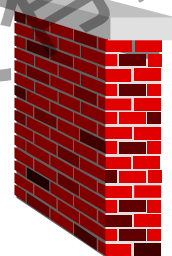
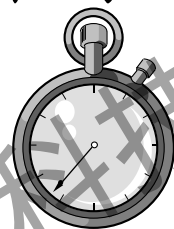
- 體外輻射防護的基本原則是指TSD原則

- T: Time(時間)

- S: Shielding(屏蔽)

- D: Distance(距離)

- D: Decay(衰減)



- TSD原則是儘量減少體外曝露時間, 使用輻射屏蔽與增加距射源距離

可發生游離輻射設備的防護



適當的結構屏蔽



移動式鉛屏風屏蔽



個人的防護屏蔽