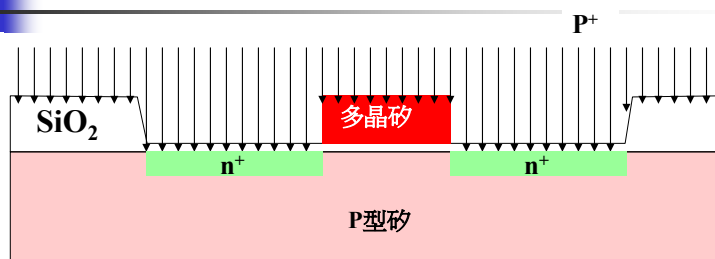


## Ch8 Ion Implantation

### Introduction to Semiconductor Processing

1

## Why Ion Implantation

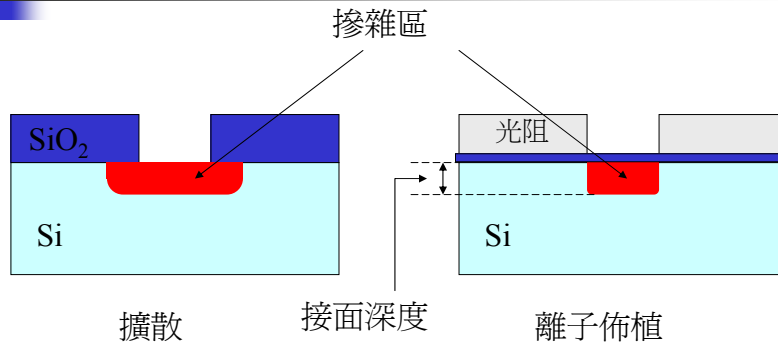


1. 可獨立地控制摻雜物的分佈(離子的能量)和濃度(離子束的電流和佈植時間)
2. 非等向性的摻雜物分佈
3. 易於達成較大的原子量如磷、砷之高濃度摻雜

Diffusion vs. Ion Implantation:

2

## 離子佈植與擴散之比較

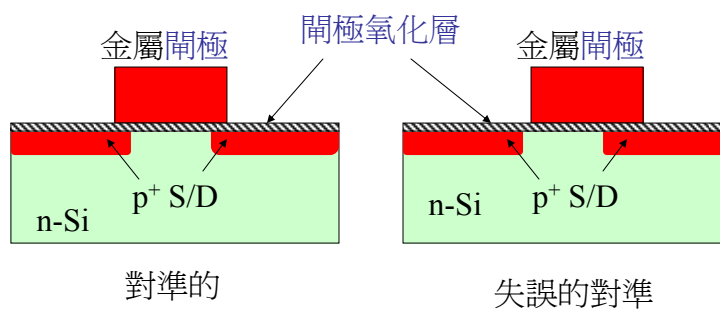


Major Considerations:

1. Mask:
2. Lateral diffusion:
3. Depth vs. concentration:

3

## 利用離子佈植自我對準技術避免在源極與汲極區域的閘極對準失誤



Advantages of self-aligned processes:

- 1.
- 2.

4

擴散	離子佈植
高溫, 硬遮蔽	低溫, 光罩
等向性的摻雜分佈	非等向性的摻雜分佈
不能獨立控制摻雜濃度與界面深度	可獨立控制摻雜濃度與界面深度
批次製程	批次與單晶製程

5

### 兩種阻滯機制

- **原子核阻滯** (主要的阻滯機制) – heavy, small cross sections
  - 與晶格原子的原子核產生碰撞; 明顯地散射
  - 造成晶格結構的損壞
- **電子阻滯** – light, large cross sections
  - 與晶格原子的電子產生碰撞
  - 能量的轉換非常的小; 晶體結構的損壞是可忽略的

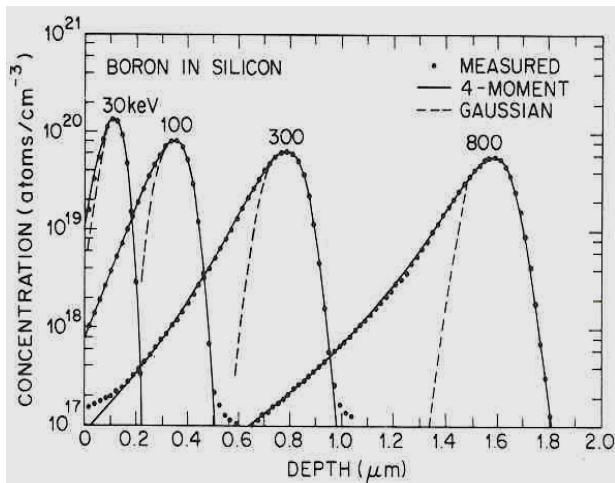
隨機碰撞  
( $S = S_n + S_e$ )

通道式:  
 $S \approx S_e$

6



## Depth Profiles

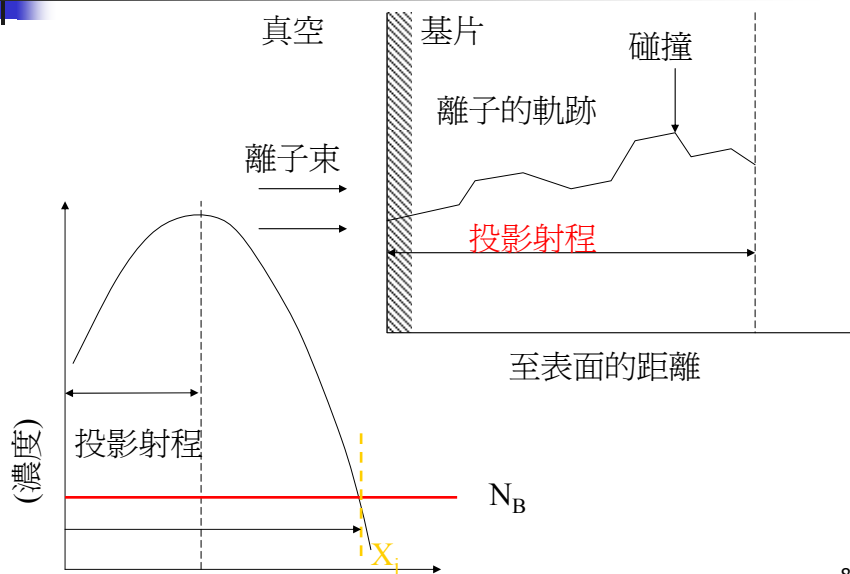


How to obtain (nearly) uniform distribution?

7

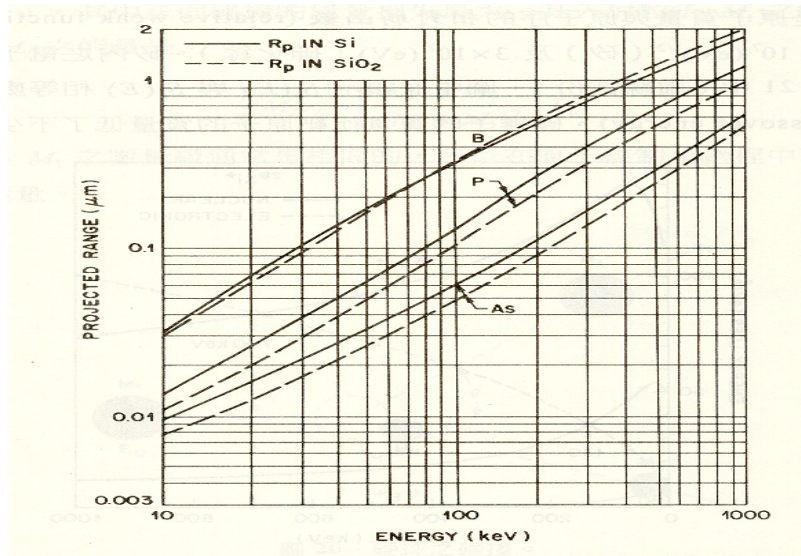


## Projection Depth



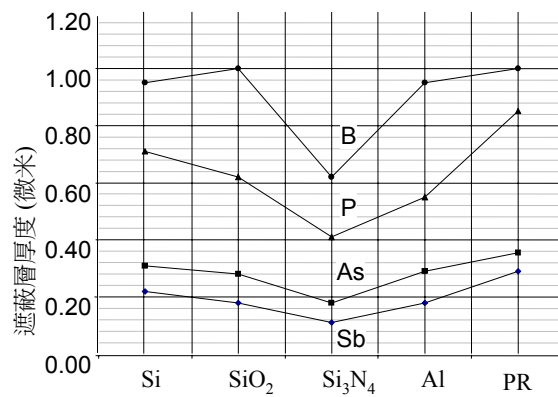
8

# 投影的射程



9

# 200 keV 摻雜離子所需的阻擋層厚度



10

## 通道效應

• 假如一個離子已正確的佈植角度進入通道，離子就可以在不與晶格原子碰撞下，行進一個很長的距離; 它會造成不可控制的摻雜分佈

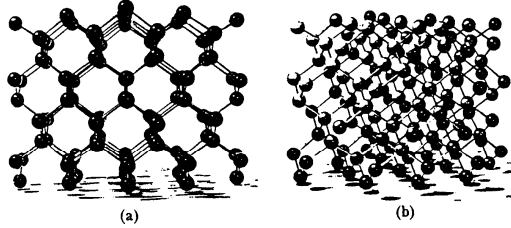


圖32 矽原子結構圖，a) 由<110>方向看之結構。  
b) 傾斜10度後由<110>方向所得之結構。

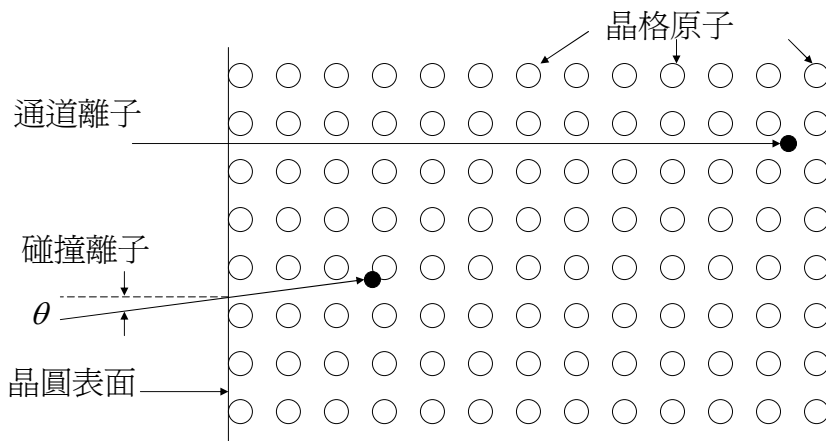
### 避免通道效應的方法

1. 傾斜晶圓, 通常傾斜角度是  $7^\circ$
2. 屏蔽二氧化矽的薄層
3. 旋轉晶圓

Wafer surface orientation  
Divergence of the ion beam

11

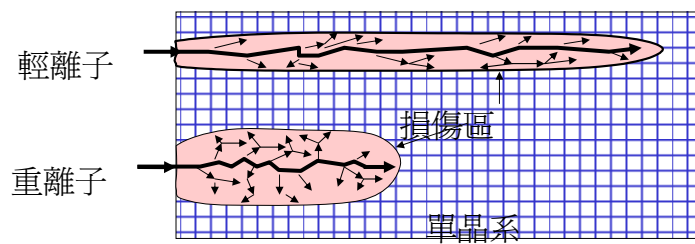
## 通道效應



12

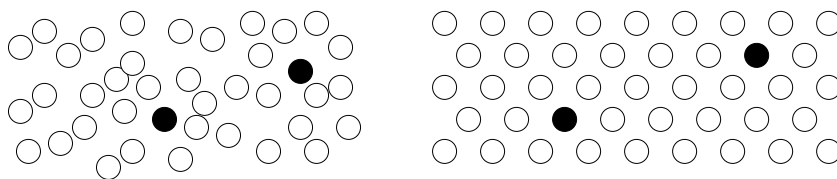
## 損壞過程

- 佈植的離子將能量轉移到晶格原子
  - 原子被撞離正確晶格位置
- 自由的原子與其它晶格原子產生碰撞, 產生更多都自由的晶格原子
- 一個高能量的離子可以導致數千個晶格原子的偏移位置



13

## 佈植的過程: 熱退火



退火前

退火後

1. 快速加熱退火的製程(RTP)是很廣泛的使用在佈植後的退火程序
2. RTA 是很快速 (小於一分鐘), 且較好的溫度均勻性控制, 同時可減少摻雜物的擴散

14



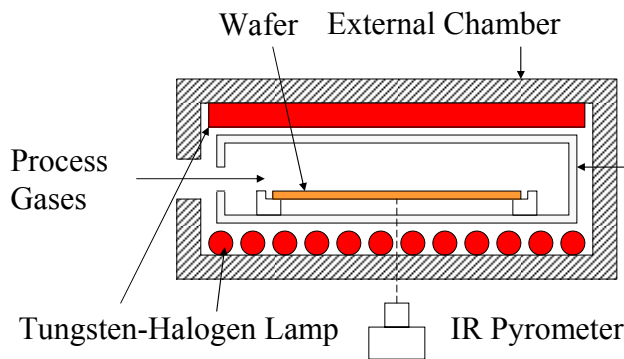
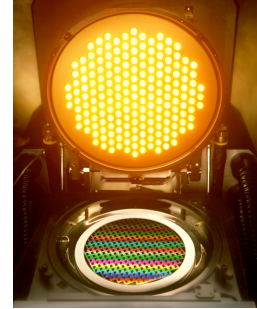
## Schematic of RTP Chamber

Most important feature:

IR Pyrometer:

Tungsten-Halogen Lamp:

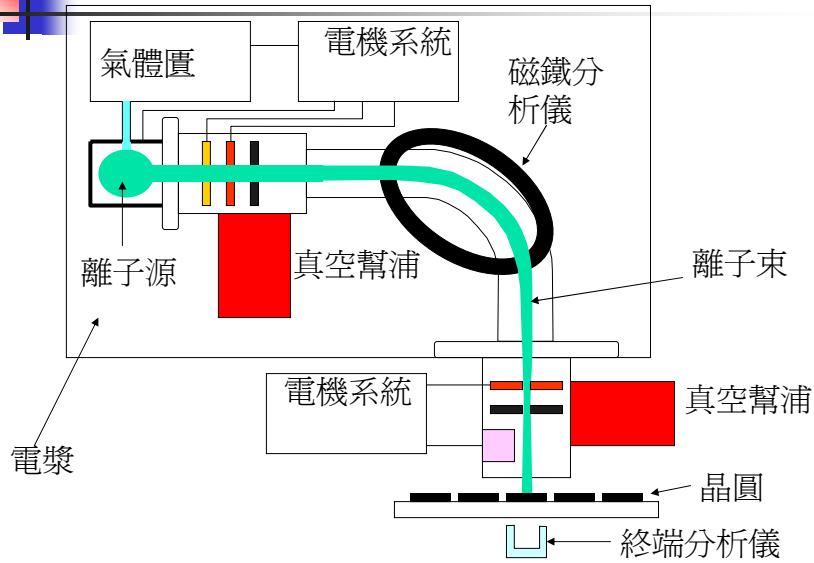
Applied Materials, Inc



15



## 離子佈植機示意圖



16





## 離子佈植: 射束線系統

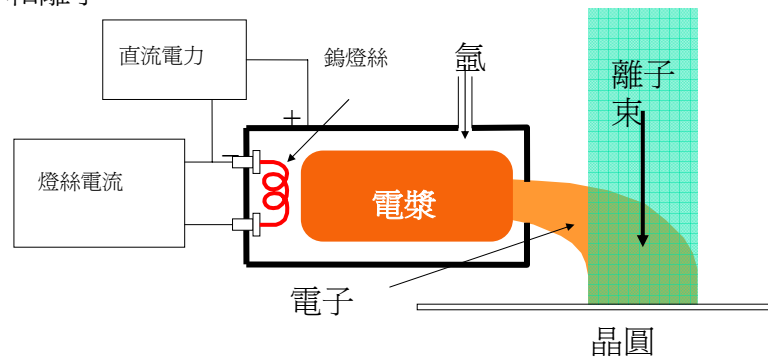
- 離子源
- 萃取電極
- 分析磁鐵
- 後加速電極
- 電漿泛注系統
- 終端分析儀

17

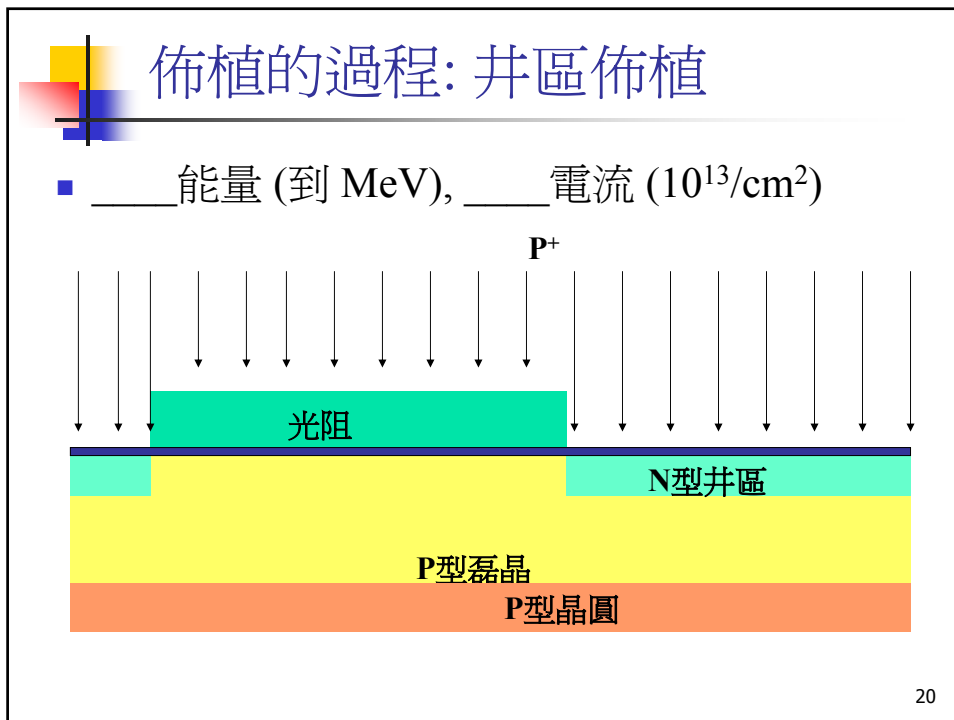
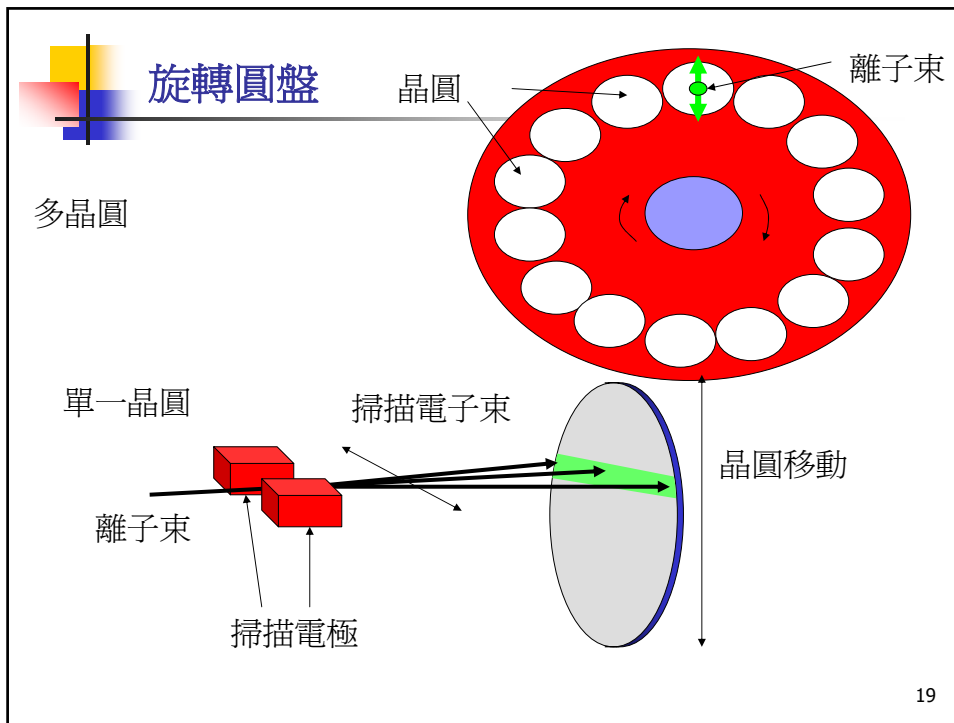


## 離子佈植: 電漿泛注系統

- 離子將造成晶圓的電荷效應
- 晶圓的電荷效應將會造成不均勻的摻雜與弧形的缺陷
- 大量的電子會與離子束一同流向晶圓的表面，進而中和離子

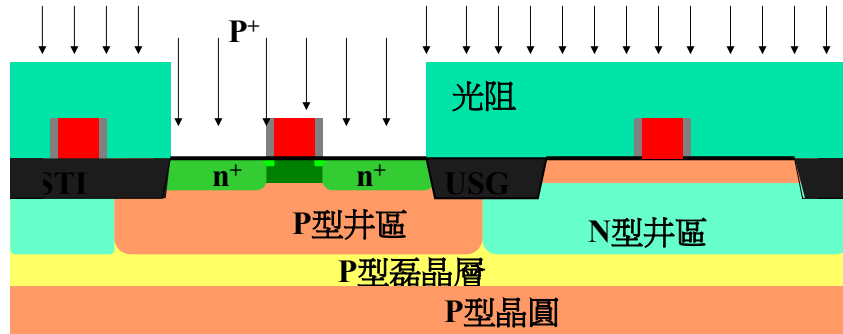


18



## 佈植的過程: 源極/汲極 佈植

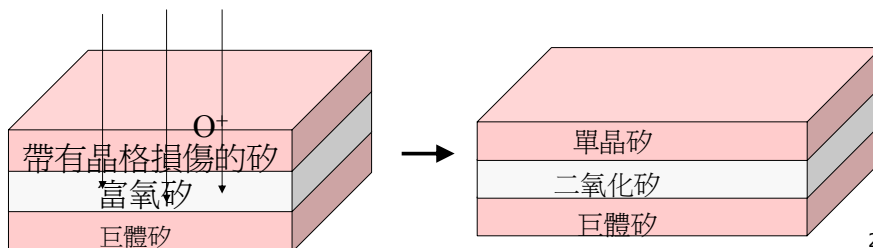
- \_\_\_\_\_ 能量 (20 keV), \_\_\_\_\_ 電流 ( $>10^{15}/\text{cm}^2$ )



21

## 氧離子佈植

SOI: Silicon on insulator  
Advantages:



22