

## 第四章 結論

近來半導體電子元件日益微小化的結果，使得半導體製程技術可能須由傳統的由上而下的技術轉變成由下而上的技術，導致元件的尺寸由巨觀尺度轉變成微觀尺度，元件本身表面積對體積的比例因而大增，致使元件特性受到量子力學規範，因此元件的表面效應顯得極為重要。

文獻上做NaCl、KCl等的薄膜研究，都是直接把晶體蒸鍍在基板上，如圖 4.1 所示。但是表面並非平坦會有類似島嶼的生成而且生成結構和偶極矩的方向也都不是很清楚，因此我們對於用類似原子沉積法，先曝滿一層氯接著蒸鍍上一層鉀，如圖 4.2 所示來生成氯化鉀此絕緣體在矽表面上，以研究此方法成長的離子固體其結構及與矽晶的介面現象。

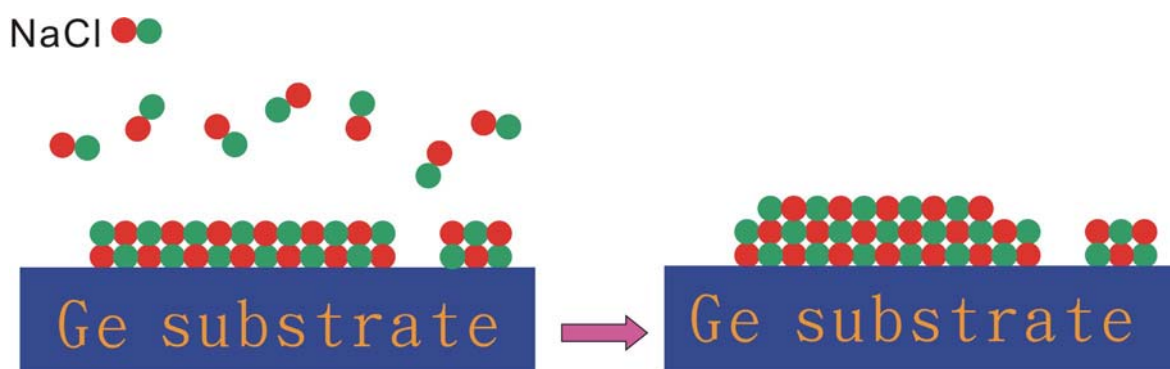


圖 4.1 直接蒸鍍 NaCl 到基板 Ge 示意圖

本實驗我們以掃描穿隧顯微鏡來觀察氯化鉀在矽(100)表面的成長機制與原子結構，我們發現當我們蒸鍍鉀在 Si(100)-2×1: Cl 表面上生成氯化鉀，鉀會先在樣品表面移動，然後與氯鍵結成氯化鉀薄層並慢慢擴大薄層區域(參照圖 3.1.2)。成長方式是以單層氯化鉀薄層的方式在表面上成長，如圖 4.3 所示，我們可以看到暗色的氯化鉀薄層的高度皆一致。

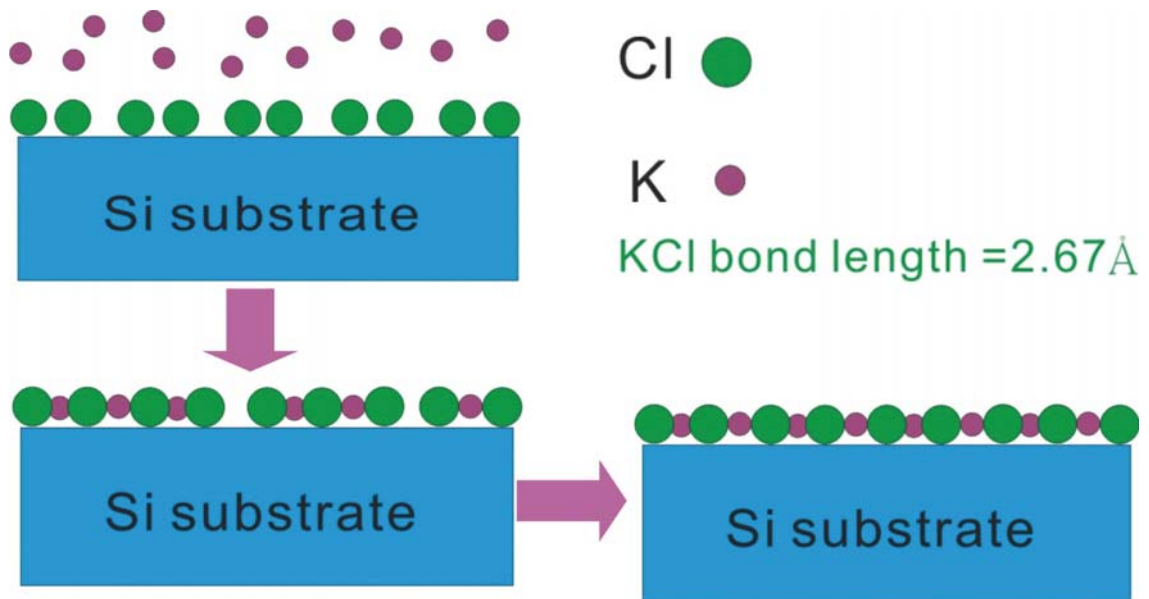


圖 4.2 氯化鉀在矽表面成長示意圖，(a)氯化鉀偶極矩方向平行於表面、(b)氯化鉀以單層的成長方式在表面擴散。

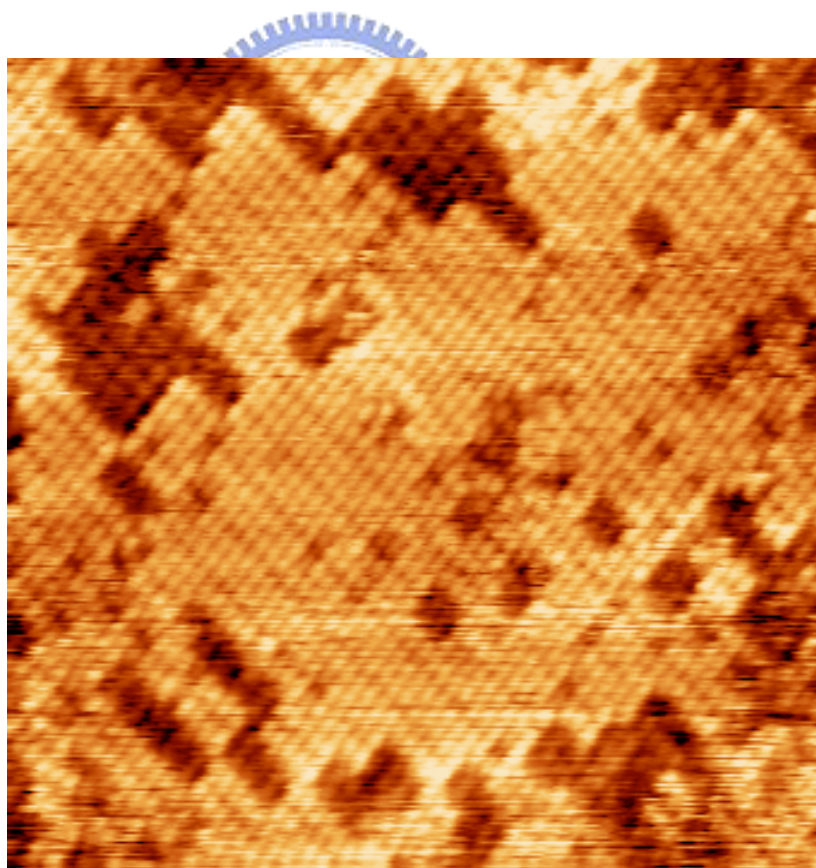


圖 4.3 氯化鉀在矽(100)表面的原子結構，圖中暗色區域為氯化鉀薄層，成長方式是以單層氯化鉀的方式成長在矽(100)表面

接著我們改變原子吸附到樣品表面的順序，我們先蒸鍍 16 秒的鉀到乾淨的矽樣品表面上，如圖 4.4 所示，然後曝氣氬 1ML，得到的 STM 影像如圖 4.5 所示。

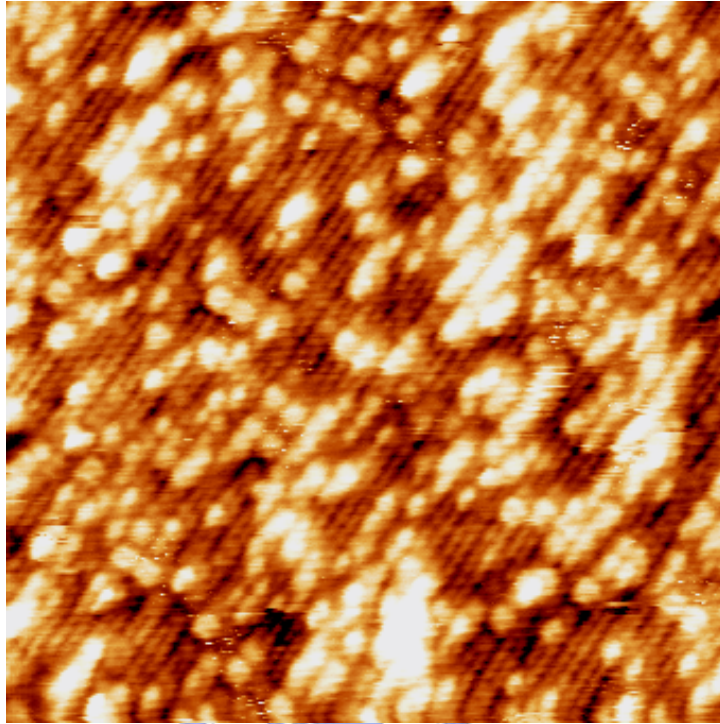
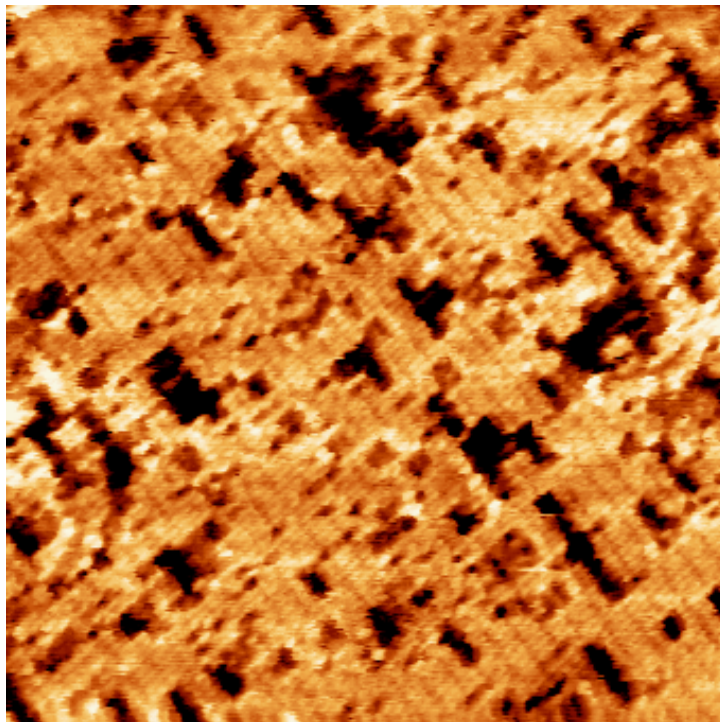


圖 4.4 鉀蒸鍍 16 秒在 Si(100)-2×1 表面上，圖中亮點為鉀原子，圖為區域  $8 \times 8 \text{ nm}^2$  的 STM 影像； $V_{\text{sample}} = -2.2 \text{ V}$ 。



#### 圖 4.5 氮在 Si(100)-2×1 : k(蒸鍍 16 秒)表面上生成氯化鉀

比較圖 4.4 與圖 4.5，圖 4.4 中鉀原子的位置如 3.2.2 節所述，當少量的鉀蒸鍍到矽(100)表面時會有局部的有序排列，位置在 dimer row 上呈鍊狀排列，其它位置則隨機在 SITE A~D 分佈(參照 3.2.2 節)。然後對照圖 4.5 中氯化鉀薄層與圖 4.4 中鉀原子的位置與排列，我們發現兩張圖相對應的位置與形狀有一定的對稱性，因此我們推論當曝氮在蒸鍍 16 秒的矽(100)表面上時，鉀只會小幅的移動位置，然後打斷 Si-K 鍵，與氮形成氯化鉀。





原子吸附到樣品表面的兩種方法所得 STM 影像比較：

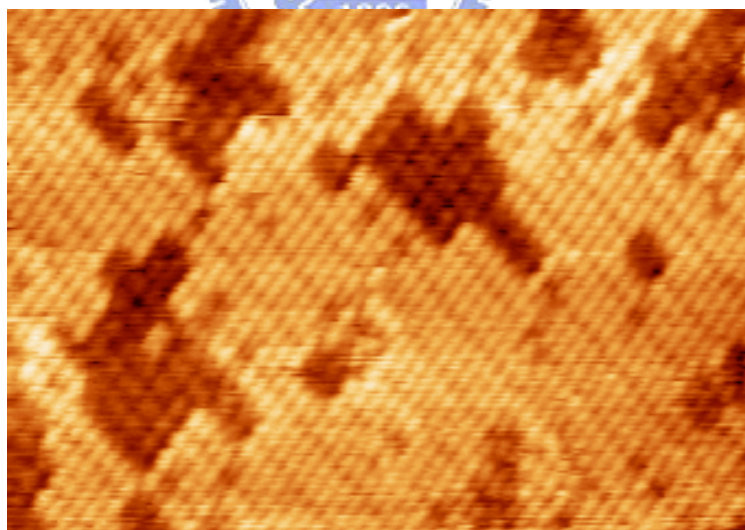
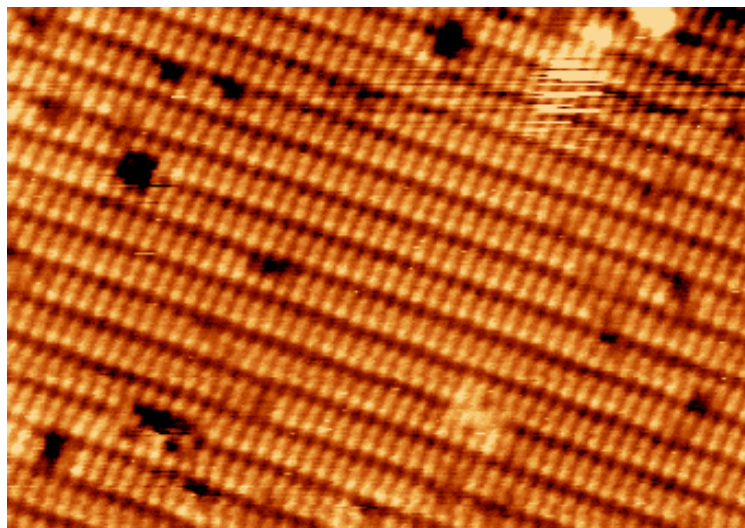


圖 4.6(a) 鉀在 Si(100) -2×1: Cl 表面上生成氯化鉀；  
上圖為 1ML 的氯在矽(100)表面的 STM 影像，  
下圖是接續著蒸鍍 16 秒鉀之後的 STM 影像。

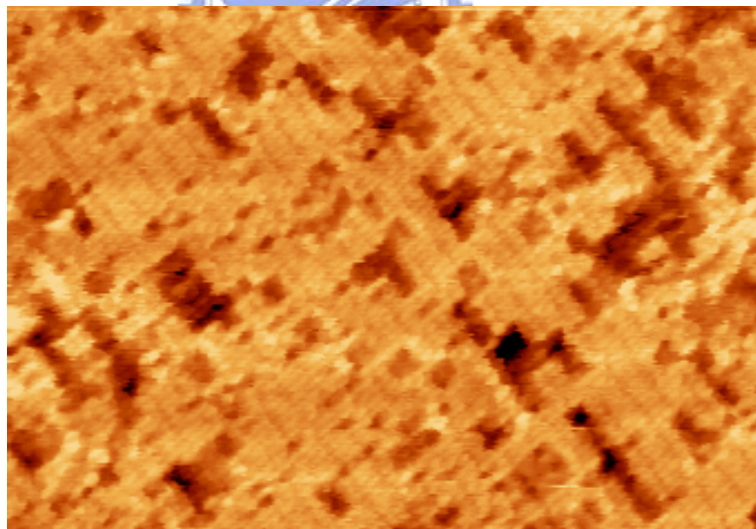
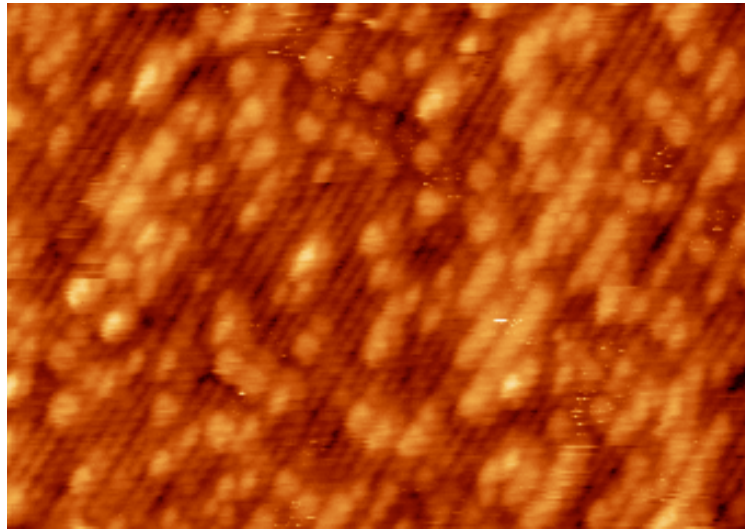


圖 4.6(b) 氨在 Si(100)-2×1 : k(蒸鍍 16 秒)表面上生成氯化鉀  
上圖為蒸鍍 16 秒的鉀在矽(100)表面上的 STM 影像，圖中亮  
點為鉀原子。下圖是接續曝氣 1ML 氨後的 STM 影像。

圖 4.6 為鉀在 Si(100)-2×1: Cl 表面上生成氯化鉀與氯在 Si(100)-2×1: k(蒸鍍 16 秒)表面上生成氯化鉀的 STM 影像，我們觀察這兩系列的圖可以發現，雖然我們改變原子吸附到樣品表面的順序，但是所得到的 STM 影像中，暗色區域的氯化鉀薄層形狀與面積大小皆極為相似，表示氯化鉀的在矽(100)表面的成長不會受到原子吸附到樣品表面順序的影響，而形成能量較低的氯化鉀薄層在表面上。

### 實驗結果：

- 一、在 Si(100)-2×1: Cl 表面上蒸鍍鉀，鉀原子會在表面上移動，在表面能量降低的狀態下逐漸的與氯鍵結形成氯化鉀薄層，並慢慢擴大薄層的面積。
- 二、由 STM 影像中我們可以推論氯化鉀在矽晶面上為 2×2 的原子結構，而不是如同 NaCl 晶體為 1×1 的面心立方(fcc)結構。晶格常數上的差異使得氯化鉀的原子結構有所改變。
- 三、偶極距方向為平行樣品表面的方向。
- 四、成長的模式是以單層氯化鉀薄層的方式成長。
- 五、我們交換原子吸附到矽(100)表面上的順序，一樣能夠得到相似的 STM 影像。

## 討論：

- 一、在我們的實驗中，雖然可以由 STM 的影像推論氯化鉀在矽(100)表面的原子結構，但是由於所取得的氯化鉀影像的面積不夠大，有可能在邊界效應的影響下，對原子結構的推論產生誤差。
- 二、由鉀蒸鍍 16 秒在 Si(100)-2×1: Cl 表面上生成氯化鉀的 STM 影像中我們得知鉀原子並非一蒸鍍到樣品表面上便形成氯化鉀，而是慢慢的與氯鍵結形成氯化鉀薄層，由此原因我們推論當我們增加鉀蒸鍍的量想取得較大範圍的氯化鉀薄層時，大量的鉀在表面移動，而增加我們取圖的困難度，所以僅能得到小區域的氯化鉀薄層影像。
- 三、爲了得到較完整且面積較大的氯化鉀薄層，我們計畫在低溫的環境下繼續此項工作，希望能夠得到面積較大的氯化鉀在矽(100)表面的原子結構。
- 四、本實驗室過去作過對氯化鉀在矽(100)晶面上熱脫附行爲的 XPS 研究，因此我們也希望能夠取得氯化鉀在矽(100)晶面上熱脫附行爲的 STM 影像，並加以比對讓此系統能夠更加確實。