

## 第二章

### 二氧化鈣薄膜元件的製備

#### 2-1 緒論

首先製作出一連串以二氧化鈣作為閘極介電層的元件，從第一章的描述來看，原子層化學氣相沉積方法非常適合來沉積原子尺度厚度和極薄均勻的高介電常數薄膜，雖然和沉積機制有關的表面敏感度仍然是一個議題，但是可以採用表面處理的技術解決，因此仍然採用原子層化學氣相沉積法來沉積二氧化鈣薄膜。

為了要研究二氧化鈣的基本電性，所以製作了二氧化鈣的電容結構，第四章我們量測了二氧化鈣電容的 C-V 和 I-V 特性，至於表 2-1 列出了本論文的實驗條件。

未來我們希望能夠用二氧化鈣來取代二氧化矽作為場效電晶體的閘極介電層來減少閘極漏電流，加上為了要利用場效電晶體結合載子分離的方法對二氧化鈣崩潰機制有更深入的了解，所以我們製作了金屬閘極場效電晶體，其實驗條件如表 2-1。

#### 2-2 製作二氧化鈣電容結構

經過 RCA 清洗步驟後，在 4 吋<100>方向 P 型矽基板上分別作兩種不同的表面處理，之後利用原子層化學氣相沉積系統沉積二氧化鈣，接著在快速加熱退火系統中以不同的溫度進行沉積後退火，接著沉積 TaPt 作為閘極，在沉積 TaPt 之後利用快速升溫退火系統進行金屬沉積後退火處理，最後利用熱蒸鍍的方式在矽基板底部沉積鋁來降低接觸阻抗，至於更詳細的實驗步驟和情形在下面有完整的敘述。

## A. 表面處理

實驗採用的是 4 吋<100>方向的P型矽晶圓，在標準的RCA清洗步驟後，分別進行兩種不同的表面處理，分別是以溫度 700°C 時間 20 秒快速升溫氧化處理生成厚度 1nm的氧化層(Rapid Thermal Oxide,RTO)，另外一個是在RCA潔淨步驟後，浸泡在溫度 75°C 的SC1(NH<sub>4</sub>OH:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O=0.25:1:5)中 600 秒生成化學氧化層(chemical oxide)。

## B. 沉積薄膜

在表面處理之後接著立即以原子層化學氣相沉積系統沉積厚度 5nm 的二氧化鈦，其反應物分別為HfCl<sub>4</sub>和H<sub>2</sub>O，沉積溫度為 300°C。

## C. 沉積後退火

在沉積二氧化鈦薄膜後，對實驗樣品進行沉積後退火，實驗樣品在快速升溫退火系統且通氮氣的環境中分別進行溫度 600°C 時間 30 秒和溫度 800°C 時間 30 秒的退火，另外對照組則不進行沉積後退火。

## D. 閘極的製作

TaPt 閘極是利用在氬氣中同時濺鍍 Ta 和 Pt 鈹形成，氬氣的流量為 20 sccm，沉積壓力是 4.5mTorr，濺鍍 Ta 和 Pt 鈹的功率皆為 30W，濺鍍時間為 20 分鐘，在此濺鍍條件下，Ta 和 Pt 形成 TaPt 合金的原子百分比分別為 58%和 42%;純 Pt 是相當穩定且具有惰性的化學特性，但是和高介電常數薄膜間的附著力卻不佳，而純 Ta 容易和二氧化鈦反應生成氧化物，至於 TaPt 合金和高介電常數薄膜間有良好的附著力，且其和二氧化鈦之間的熱穩定性良好[51]，所以本論文採用 TaPt 作為閘極材料，由於目前並無一個有效的濕式蝕刻方法來蝕刻 TaPt，因此定義電極圖案的方法是採用掀離(lift-off)法，定義出閘極的圖案後，接著以快速升溫退火系統進行 500°C 時間 30 秒的金屬沉積後退火，最後為了減少量測時的接觸阻抗，利用熱蒸鍍的方式在晶片背面沉積厚度 500nm 的鋁作為背電極，圖 2-1 是製作二氧化鈦電容結構的流程圖。

## 2-3 製作二氧化鈣金屬閘極場效電晶體結構

製作二氧化鈣金屬閘極場效電晶體主要分成五道光罩，詳細流程如圖 2-2 所示，至於製程步驟如下：

### A. 製作源極和汲極

經過RCA清洗步驟後，在p型(100)晶相的矽基板上以爐管成長 5000Å 的二氧化矽作為場區氧化層(field oxide)((圖 2-2(a))，接著以第一道光罩定義出源極和汲極區域(圖 2-2(b))，然後以離子佈植植入能量 30keV，劑量  $5E15\text{cm}^{-2}$  的砷形成源極和汲極(圖 2-2(c))，最後用爐管進行溫度 950°C 時間 30 分鐘的活化步驟。

### B. 表面處理

先以第二道光罩移除閘極上方處的二氧化矽(圖 2-2(d))，在沉積二氧化鈣前分別進行兩種不同的表面處理，分別是以溫度 700°C 時間 20 秒快速升溫氧化處理生成厚度 1nm 的氧化層(Rapid Thermal Oxide, RTO) ，另外一個是在 RCA 潔淨步驟後，浸泡在 SC1 中 600 秒生成化學氧化層(chemical oxide)。

### C. 沉積薄膜

接著以原子層化學氣相沉積的方式沉積二氧化鈣，沈積條件與厚度和 2-2 小節所述相同(圖 2-2(e))。

### D. 沉積後退火

在沉積二氧化鈣薄膜後，對實驗樣品進行沉積後退火，實驗樣品在快速升溫退火系統且通氮氣的環境中分別進行 600°C 時間 30 秒和 800°C 時間 30 秒的退火，對照組則不進行沉積後退火。

### E. 閘極的製作

沉積二氧化鈣後以第三道光罩定義出閘極區域，然後以濺鍍的方式沉積 TaPt 作為閘極並用掀離的方式製作出閘極圖案(圖 2-2(f))，接著以快速升溫退火系統進行 500°C 時間 30 秒的金屬沉積後退火，對照組則不進行金屬沉積後退火。

## F. 電極的製作

再來使用第四道光罩定義出接觸窗區域，之後以離子佈值能量 10keV，劑量  $1 \times 10^{15} \text{cm}^{-2}$  的氬離子撞擊破壞二氧化鉛薄膜結構，以便提高蝕刻接觸窗區二氧化鉛的蝕刻率，接著使用BOE蝕刻接觸區的二氧化鉛和二氧化矽(圖 2-2(g))，然後以熱蒸鍍鋁方式沉積 500nm 的鋁作為電極，再來使用第五道光罩定義出電極區域，之後以濕式蝕刻蝕刻鋁製作電極圖案(圖 2-2(h))，最後以熱蒸鍍鋁方式在矽基板背面沉積鋁作為背電極而完成電晶體的製作。

