

第三章 元件製作

本章節所介紹的是樣品元件的製作流程，在整個樣品製作過程中，會使用以下的技術：微影技術(lithography)、熱蒸鍍(thermo-evaporation)技術、熱退火技術 (annealing) 等相關製程技術，以下便會簡單介紹這些技術，以及低溫量測系統的量測裝置介紹，並討論一些在製程上所遇到的問題。

3-1 元件製作流程

樣品結構主要是利用微影技術來製作，依序會先使用光微影製作較大尺寸的元件，再使用電子束微影製作更小的結構，以下便分為兩的部分來介紹元件的製作流程，至於微影技術另再做詳細的介紹。

第一部份 光微影製作流程 (photolithography)：

(1) 平台結構(mesa structure)

製作此結構的用意主要是為了定義出二維電子氣的活動範圍，我們使用光微影的技術，將有二維電子氣的基板經由上光阻、曝光、顯影後，利用濕式蝕刻將未被光阻覆蓋到的區域給移除，蝕刻的詳細過程再另做介紹，最後再將光阻用丙酮洗掉，即完成平台結構。平台結構如圖 3.1 所示。A 為主要部分，但為配合量測需要，同時預留與平台連通的歐姆接點區，為標示 B 的區域，C 為未連通的金屬閘極接點區。

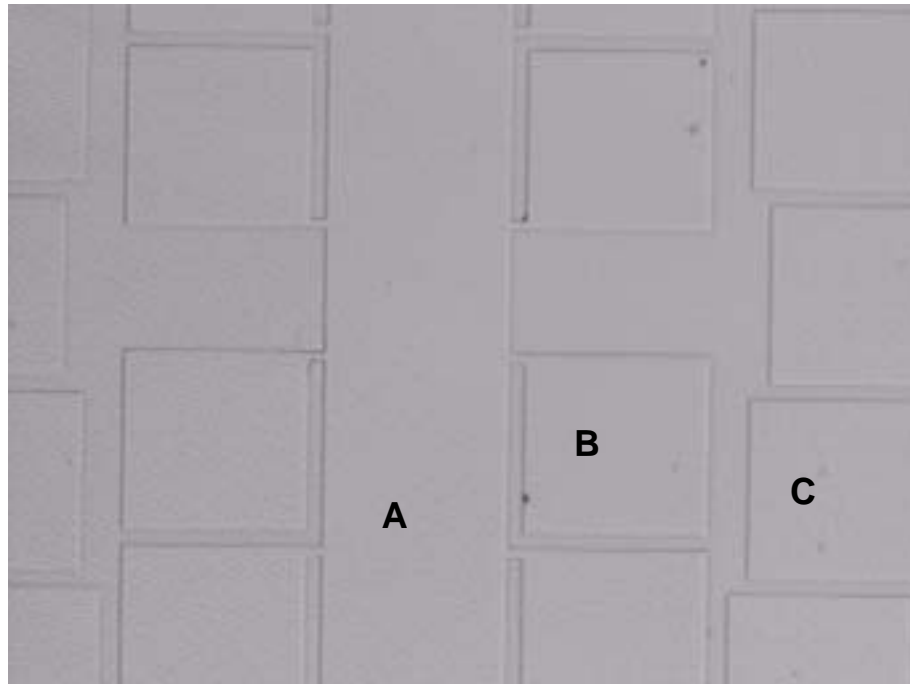


圖 3-1 平台結構示意圖，此圖為光學顯微鏡下所拍攝之照片，中間矩形區域為平台結構，平台寬度約為 $200\mu\text{m}$ ，方形為接點平台。A 為主要部分，但為配合量測需要，同時預留與平台連通的歐姆接點區，為標示 B 的區域，C 為未連通的金屬閘極接點區。

(2) 歐姆接觸(ohmic contact)

歐姆接觸的製作目的是為了能讓在樣品表面的金屬電極可以順利的連通至底下的二維電子氣，以便做電性量測。歐姆接觸的製作也是使用光微影曝光，再經由顯影、熱蒸鍍、舉離以及熱退火完成。在製作歐姆接觸時，為了讓歐姆接觸的性質更好，我們會作一些基板的表面處理，避免金屬跟半導體之間有雜質或是氧化物存在。蒸鍍的金屬為金、銻、鎳，接點如圖 3-1 之 B 區所示。

(3) 金屬閘極(metal gate)

金屬閘極的作用是用以加偏壓或者高頻訊號在電子束微影所製作的元件上，使二維電子氣可以形成窄通道，光微影所製作出的金屬閘極線寬較寬，約 $3-4\mu\text{m}$ ，至於較小

結構的金屬閘極，則是利用電子束微影的技術完成。如圖 3-2 與圖 3-1 之 C 區所示。

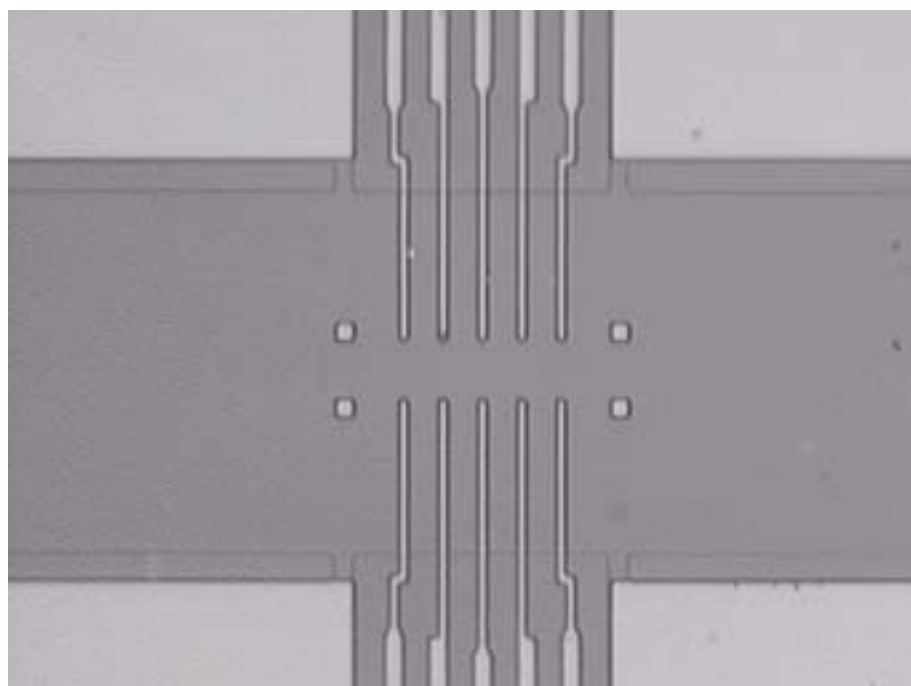


圖 3-2 金屬閘極，閘極線寬約為 $3.5\mu\text{m}$ ，四個金屬原點為定位點，在做電子束微影時，用來對準用。



第二部份:電子束微影製作技術 (ebeam lithography):

我做的元件共有兩種，一為多組串聯分離閘極 (split gate in series) 的組合；另一為雙層次 (bi-layer) 的分離閘極組合。以下一一分開介紹其製程流程：

I、串聯分離閘極：

利用電子束微影來製作分離閘極，再經由顯影、熱蒸鍍、舉離即可完成此結構。分離閘極可經由加負偏壓去驅趕(deplete)底下的二維電子氣，使其形成窄通道(narrow channel)，此時的二維電子氣會從原本的二維特性轉換成為類一維(quasi-1D)的特性，藉此來量測量子化電導(quantized conductance)等物理現象，而串聯分離閘極結構，則可以量測個別跟串聯形式窄通道下的量子化電導的現象。在製作串聯分離閘極時，兩對距離 $0.1\mu\text{m}$ 的分離閘極製程上較為困難，由於在近距離的曝光容易受到近接效應 (proximity effect) 的影響而造成圖形變形或是兩對閘極黏在一起，因此在設計這兩對分離閘極時的

參數也較不同，圖形設計上，可盡量避免距離近的地方過長，減少近接效應，以及做劑量跟線寬設計上的調整。圖 3-3 (a)(b) 即為圖形調整前後的比較。串聯分離閘極的電子顯微鏡影像，如下圖 3-4 (a)(b) 及圖 3-5 (a)(b)(c) 所示：

(a)

(b)

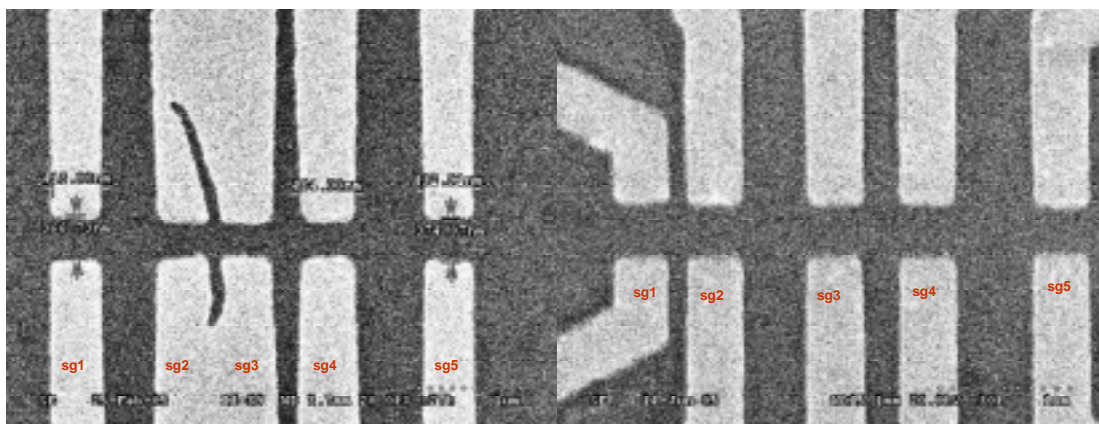


圖 3-3 (a) 為未改變設計圖形時的電子顯微鏡下的圖像，sg2、sg3 原應相距 $0.1\mu\text{m}$ ，由於靠近的部分較多，增加近接效應的影響，以致失敗率提高，且也影響到 sg4 的形狀。(b) 為改過後的圖形，sg1、sg2 相距 $0.1\mu\text{m}$ ，但靠近的部分較少，良率也因此有所增加。

(a)

(b)

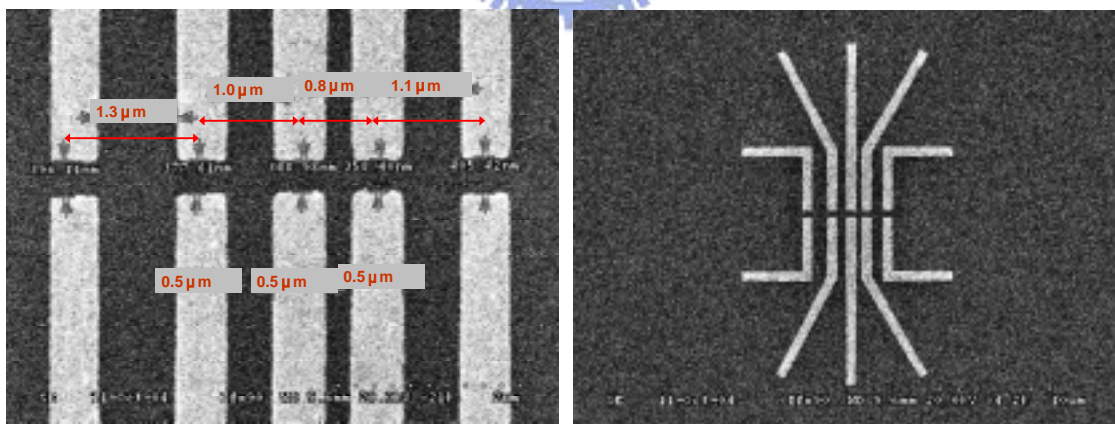
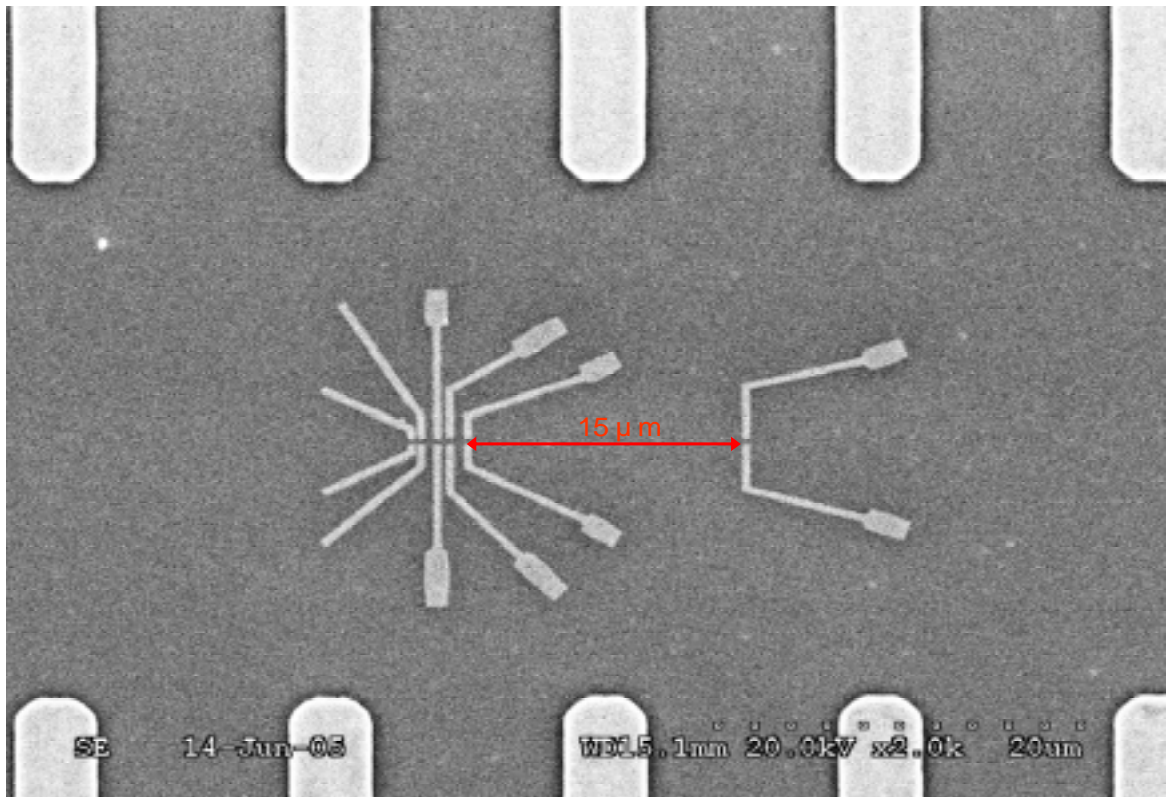
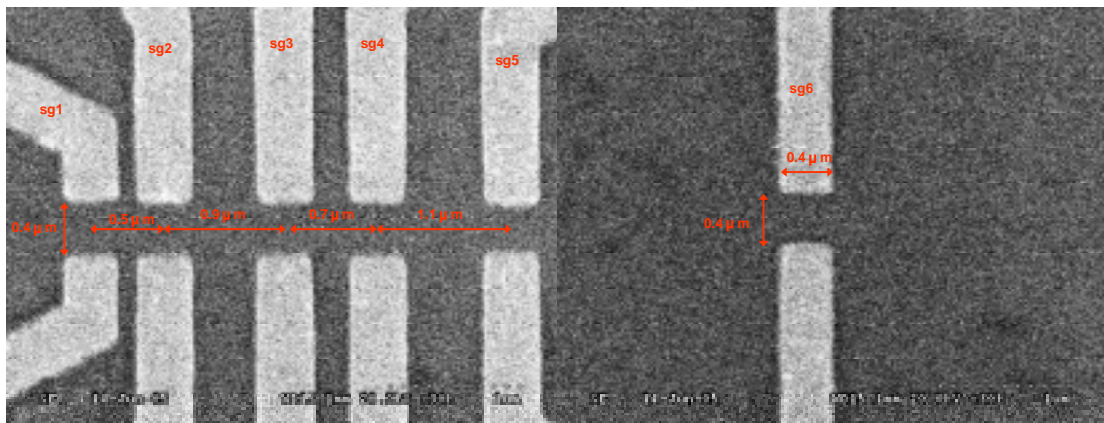


圖 3-4 串聯分離閘極結構的影像圖，電子顯微鏡放大倍率分別為 (a) 21k 及 (b) 4.2k。

(a)



(b)



(c)

圖 3-5 (a) 為串聯閘極整體的電子顯微鏡影像圖 (b) 為左半邊分離閘極的放大圖，各閘極線寬約為 $0.4\mu\text{m}$ ，通道寬度約 $0.4\mu\text{m}$ 。(c) 為右邊單獨一對的分離閘極，sg5 和 sg6 相距約 $15\mu\text{m}$ 。