

# 國立交通大學

工學院精密與自動化工程學程

碩士論文

使用壓縮空氣噴流分離矽晶片研究  
A study of using compressed air jet for  
silicon wafer separating

研 究 生：涂材宏

指導教授：徐瑞坤 教授

中 華 民 國 101 年 7 月

使用壓縮空氣噴流分離矽晶片研究  
A study of using compressed air jet for  
silicon wafer separating

研 究 生：涂材宏

Student : Tu-Tsai Hung

指導教授：徐瑞坤

Advisor : Ray-Quen Hsu

國立交通大學  
工學院精密與自動化工程學程  
碩 士 論 文



Submitted to Degree Program of Automation and Precision Engineering

College of Engineering  
National Chiao Tung University  
in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of  
Master of Science  
In  
Automation and Precision Engineering  
July 2012  
Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國 101 年 7 月

# 使用壓縮空氣噴流分離矽晶片研究

研究生：涂材宏

指導教授：徐瑞坤教授

國立交通大學工學院精密與自動化工程學程

## 摘 要

在太陽能矽晶片的生產過程中，必須將細薄而且互相黏附的半成品分離取出，爲了避免硬脆的矽晶片破裂，使用噴流吹入矽晶片之間的縫隙將其吹離，再搭配取放機構將矽晶片取走。

目前產業界評估、設計此裝置仍然使用試誤法，並沒有定義一套可考靠性較高的設計法則，品質不足以讓人信賴，本文以數值模擬搭配實驗方法建立可靠的設計法則。

實驗的流程可概分爲三個階段，第一階段定義實驗參數做爲控制變因，在此架構下建立模型與參數的相關性；第二階段使用數值模擬對流場做初步的驗證，並且將不適用的參數排除；第三階段將上述兩階段的結果整合，進行一系列的實驗。

研究的結果顯示，流場模擬可以預測吹離矽晶片於穩態時流場的紊流特性，而實驗結果可發現，若是需要快速的分離矽晶片，應該使用較少的噴嘴數量，但是在生產更薄的產品時，噴流的應力將造成晶片破裂，必須增加噴嘴數量以及角度著手，在生產更大尺寸晶片時，考量的是振動產生破裂，加速度成爲關鍵的測量值，將噴嘴與晶片成 65 度角並且爲雙對噴嘴，流體壓力設定爲  $3.5\text{kg/cm}^2$  表現爲最佳。

A study of using compressed air jet for silicon wafer separating

Student : TU-TSAI HUNG

Advisor : Dr. Ray-Quen Hsu

Degree program of Automation and Precision Engineering  
College of Engineering  
National Chiao Tung University

### **ABSTRACT**

During the production process for solar energy silicon chips, thin and sticking semi-finished products must be separated and extracted. To prevent the brittle silicon chips from rupturing, a jet stream is blown into the gaps between the chips to keep them separated, and a fetching structure is used to move or remove the silicon chips.

Current industry assessments and designs for this device remain based on the trial-and-error method. No reliable design rules have been defined and the quality of the products is not dependable. For this study, we employed numerical simulation with experimental methods to establish reliable design rules.

The experimental process can be divided into three stages. In the first stage, the experimental parameters were defined as control variables and the correlation between the model and the parameters under this framework was established. In the second stage, the researcher used the numerical simulation to conduct preliminary validation of the flow field and eliminate the inappropriate parameters. In the third stage, the results of the first two stages were combined and used to conduct a series of experiments.

The results of this study indicated that the flow field simulation can predict the turbulence characteristics of a silicon chip blowing operation for a steady-state flow field. The experiment results show that fewer nozzles should be used for rapid separation of the silicon chips. However, the jet stress would rupture thinner chips. Therefore, additional nozzles should be used to produce thinner chips. Vibration rupture should be considered during large size silicon chip production. Acceleration is the key measurement value for this situation. Two pairs of nozzles positioned at  $65^\circ$  to the silicon chip with the fluid pressure set to  $3.5\text{kg/cm}^2$  provides the optimum performance results.

## 誌 謝

首先要真心感謝指導教授 徐瑞坤老師，細心的教導與不時的指導我研究的方向，在我研究過程遇到盲點時，總能適時的引導我走向正軌，使我在學期間獲益良多。一日為師、終生為父，老師對學問的嚴謹永遠是我學習的典範。

在流場模擬的軟體使用上，感謝蔡毓斌學長以及敏彰同學提供的協助，讓我能找到使用軟體的切入點。另外也感謝提供各式各樣的感測器讓我做測試的，小賴以及提供各總實驗材料的呂老闆，讓我在實驗過程的物料來源不虞匱乏。

也感謝在學期間以下同學的幫忙，炳煌、紹華、建昌、冠諭，你們所提供的各總學習資訊以及物資，讓我能更便捷的完成學業事項，也省去不少的麻煩。

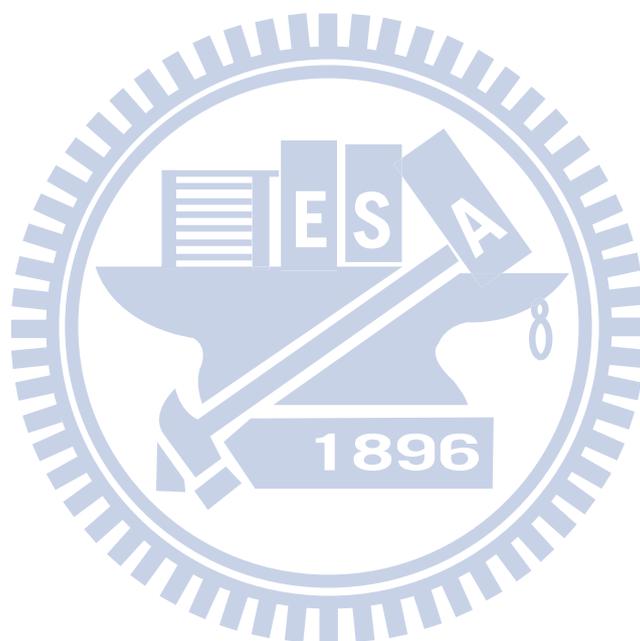
最後最重要的，感謝我所有的家人，感謝你們對我的付出，讓我在求學的路上順利沒有牽掛，謝謝你們。

# 目錄

	頁次
誌謝.....	III
目錄.....	IV
表目錄.....	VII
圖目錄.....	VIII
第一章 序論.....	1
1-1 前言.....	1
1-2 研究動機與目的.....	2
第二章、文獻回顧.....	5
2-1 產業現況以及製造流程.....	5
2-2 分片裝置原理以及架構介紹.....	11
2-3 CFD 原理介紹.....	22
2-4 FLUENT 軟體簡介.....	27
2-5 矽晶片材料性質回顧.....	31
第三章 研究內容與方法.....	32
3-1 研究內容概述.....	32
3-2 流場模擬參數設定.....	34

3-2-1 基本假設條件 .....	34
3-2-2 邊界條件設定 .....	35
3-2-3 參數設定以及模型選用 .....	36
3-3 模型以及網格建立.....	46
3-4 FLUENT 軟體模擬.....	50
3-4-1 流場模擬結果 .....	52
3-5 實驗方法與過程.....	60
3-5-1 變形量研究 .....	63
3-5-2 加速度的研究 .....	67
3-5-3 多晶矽材料試驗 .....	69
第四章 實驗結果與討論 .....	72
4-1 變形量結果討論 .....	72
4-2 加速度測量結果討論 .....	80
4-3 噴流分離高度與速度討論 .....	91
4-4 材料試驗結果探討 .....	93
4-5 各個模型共同比對 .....	95
第五章 結論.....	98
5-1 結論.....	98

5-2 未來展望 .....	99
參考文獻.....	100



# 表目錄

## 第二章

表 2.1 矽晶型太陽能轉換率.....	6
表 2.2 流量計使用規格表.....	17

## 第三章

表 3.1 參數表格.....	37
表 3.2 感測器規格.....	64

## 第四章

表 4.1 測量結果-1.....	89
表 4.2 測量結果-2.....	90
表 4.3 矽晶片材料試驗表.....	93
表 4.4 分離高度優劣排列.....	97
表 4.5 變形量優劣排列.....	97
表 4.6 最大加速度優劣排列.....	97

## 圖目錄

頁次

### 第二章

圖 2.1 中游產業製造流程圖.....	8
圖 2.2 太陽能矽晶片外型尺寸.....	12
圖 2.3 晶片承載裝置.....	13
圖 2.4 伺服升降裝置.....	14
圖 2.5 氣流噴嘴尺寸.....	15
圖 2.6 雷射光電感測器.....	16
圖 2.7 真空吸盤.....	17
圖 2.8 流量感測器.....	17
圖 2.9 氣壓系統圖.....	18
圖 2.10 動作流程說明-1 .....	19
圖 2.11 動作流程說明-2 .....	20
圖 2.12 動作流程說明-3 .....	20
圖 2.13 動作流程說明-4 .....	21
圖 2.14 SIMPLE 壓力求解速度流程圖 .....	26
圖 2.15 Fluent 使用二維網格 .....	30
圖 2.16 Fluent 使用三維網格 .....	30

### 第三章

圖 3.1 研究流程以及工作內容.....	33
圖 3.2 雷諾數計算管徑說明圖.....	35
圖 3.3 模擬架構式意圖.....	36
圖 3.4 晶片承載裝置機構尺寸圖-上視圖.....	38
圖 3.5 噴嘴裝置到晶片距離-上視圖.....	39
圖 3.6 噴嘴位置尺寸圖.....	40
圖 3.7 噴嘴裝置尺寸圖-側視圖.....	41
圖 3.8 噴嘴裝置尺寸圖-前視圖.....	41
圖 3.9 單對噴嘴上視圖.....	43
圖 3.10 雙對噴嘴上視圖.....	44
圖 3.11 雙對角度噴嘴上視圖.....	45
圖 3.12 Gambit 使用介面.....	46
圖 3.13 單對噴嘴模型.....	47
圖 3.14 單對噴嘴網格.....	48
圖 3.15 邊界條件操作介面.....	49
圖 3.16 精度等級選擇操作畫面.....	51
圖 3.17 網格體積檢查.....	51
圖 3.18 Velocity inlet 網格位置檢查.....	52
圖 3.19 Outflow 網格位置檢查.....	52

圖 3.20 Wall 網格位置檢查.....	52
圖 3.21 單對噴嘴疊代圖.....	54
圖 3.22 單對噴嘴紊流強度等角視圖.....	54
圖 3.23 單對噴嘴紊流強度與位置關係圖.....	55
圖 3.24 雙對噴嘴疊代圖.....	55
圖 3.25 雙對噴嘴紊流強度等角視圖.....	56
圖 3.26 雙對噴嘴紊流強度與位置關係圖.....	56
圖 3.27 雙對 55 度噴嘴疊代圖.....	57
圖 3.28 雙對 55 度噴嘴紊流強度等角視圖.....	57
圖 3.29 雙對 55 度紊流強度與位置關係圖.....	58
圖 3.30 雙對 65 度噴嘴疊代圖.....	58
圖 3.31 雙對 65 度噴嘴紊流強度等角視圖.....	59
圖 3.32 雙對 65 度紊流強度與位置關係圖.....	59
圖 3.33 單對噴嘴實驗照片.....	60
圖 3.34 雙對噴嘴實驗照片.....	61
圖 3.35 雙對角度噴嘴實驗照片.....	61
圖 3.36 噴嘴實物照片.....	62
圖 3.37 矽晶片劃分九等分位置.....	62
圖 3.38 非接觸式感測器原理示意圖.....	63

圖 3.39 高度與變形量計算方式圖示.....	65
圖 3.40 測量組別說明.....	65
圖 3.41 實驗過程照片-1.....	66
圖 3.42 實驗過程照片-2.....	66
圖 3.43 感測器使用原理.....	67
圖 3.44 感測器部位功能明.....	68
圖 3.45 加速度實驗過程照片.....	69
圖 3.46 材料試驗說明圖.....	70
圖 3.47 推力計照片.....	71



## 第四章

圖 4.1 單對噴嘴變形量(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	73
圖 4.2 雙對噴嘴變形量(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	74
圖 4.3 雙對 65 度噴嘴變形量(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	74
圖 4.4 單對噴嘴變形量(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	75
圖 4.5 雙對噴嘴變形量(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	75
圖 4.6 雙對 65 度噴嘴變形量(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	76
圖 4.7 流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> 變形量比較表 .....	77
圖 4.8 流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> 變形量比較表 .....	78
圖 4.9 不同流體壓力變形量比較表 .....	79
圖 4.10 單對噴嘴加速度(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	81
圖 4.11 雙對噴嘴加速度(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	81
圖 4.12 雙對角度噴嘴加速度(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	82
圖 4.13 雙對角度噴嘴最大加速度(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	82
圖 4.14 雙對角度噴嘴平均加速度(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	83
圖 4.15 雙對角度噴嘴最大振幅(流體壓力 3.5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	83
圖 4.16 單對噴嘴加速度(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	84
圖 4.17 雙對噴嘴加速度(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	84
圖 4.18 雙對角度噴嘴加速度(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	85
圖 4.19 雙對角度噴嘴最大加速度(流體壓力 5kg/cm <sup>2</sup> ) .....	85

圖 4.20 雙對角度噴嘴平均加速度(流體壓力 $5\text{kg/cm}^2$ ).....	86
圖 4.21 雙對角度噴嘴最大振幅(流體壓力 $5\text{kg/cm}^2$ ).....	86
圖 4.22 最大加速度比較表.....	87
圖 4.23 平均加速度比較表.....	87
圖 4.24 最大振幅比較表.....	88
圖 4.25 噴流分離高度與時間之關係圖.....	92
圖 4.26 負載與形變關係圖.....	94
圖 4.27 噴嘴變形量與材料試驗破壞變形量關係圖.....	94
圖 4.28 綜合性能比對四象限圖.....	96
圖 4.29 綜合模型性能比對雷達圖.....	96



# 第一章 序論

## 1-1 前言

隨著科技進步發展，人類對能源的依賴日益加深，一個國家的開發程度更可以使用能源消耗量表示，因此對能源的需求只會更加的擴大，人類使用科學的方法轉換存在地球的能源，然而這些能源會有殆盡的一天，而且使用能源的過程將產生二氧化碳、溫室效性，產生各總破壞環境的連鎖反應。因此須多國家在近年來開始重視環境的保護，並且建立法律制度，以各總獎勵或是處罰的條款來維護環保措施。

太陽能是一種轉換能量的光電元件，它是經由太陽照射後，把光的能量轉為電能，它是利用半導體產生 PN 接合來獲得電位，當太陽光照射時，光子的能量被移轉到半導體的電子，使它脫離軌道產生大量的自由電子，電子移動產生了電位差，如果用導線將負載連接起來，型成一個迴路，就會有電流通過負載，而產生電力。使用太陽能是最環保的發電方式，發電過程中不會造成污染，不會產生二氧化碳排放以及廢棄物。

## 1-2 研究動機與目的

太陽能晶片是由矽為基本材料，將矽晶圓棒切割成薄片，為了有效運用材料，將盡可能的把晶柱切割到最細薄並且在表面做許多製程而產生的產品。

薄且容易脆裂的晶片仍然必須以快速的自動化進行生產，這乃是工業生產技術的考驗，在各個製程皆需要取片以及放片的動作，如何能將堆疊的晶片快速的分離以供給機器手臂取片，則是本論文所要探討研究的。

使用噴嘴將矽晶片分離可以使用最少的物體接觸將晶片分離，此方法在業界廣為使用，使用壓縮氣體經由氣嘴產生風刀狀的流場，噴嘴氣流反覆吹氣，將堆疊且黏附的矽晶片藉由壓縮空氣的切入而分離。氣嘴的設計由各太陽能設備廠家自行研發而成，但是研發過程並沒有經過可告的設計法則。各個廠家因為急於投入生產製造，只能將分片裝置調整成可用的狀態，並無法達到最佳的狀態。

太陽能晶片的優勢在於有效的運用能源，但是在生產的過程中，也消耗掉大量的資源，透過模擬分析的方法，將設計結構改善，在經過實驗步驟調整氣壓以及流量，使用最少的壓縮空氣將分離效果達到最佳值。

在電腦科技未普及的從前，新產品的開發必須依照傳統的作業流

程，必須經過串聯方式的作業流程，必須將物件製做成實體後，在經由實驗分析階段，將結果得出之後在判斷此方案是否可行，若是方案成果是失效的，那麼就必須檢討失效原因，訂定新的解決方案，重新由研發階段設計新的方案，再重複一次上述的作業流程。

目前電腦科技的進步，工程研發在電腦輔助分析（CAE）軟體的運用愈來愈普遍，經過軟體的輔助分析，可以直接模擬實際的使用效能，大幅提升產品的開發速度，雖然輔助分析軟體與實體運作狀況仍然有落差，但是在工程研發階段可以解決部分的問題，其餘的部分需等到製造過程以及實驗階段才能依序的發現問題，待驗證測試後，必需擬定更接近目標的解決方案，再依序由製造以及實驗的流程驗證可行性，在這個冗長的研究開發流程，必須要有電腦分析軟體從中輔助，方可縮短研究開發時程。

目前使用氣嘴的分片方式最爲業界所採用，此方法是因爲最少接觸晶片的方式分離而獲得大量的應用，使用氣流分離的方式仍然有幾項問題需要解決：

- 將氣流調整爲大流量時，可以快速的將晶片分離，但是紊流的產生不穩定的狀態,造成晶片分離後的振動，當振動產生的力量超過晶片的負荷時，將會產生破裂。
- 黏片問題:若是噴流無法充分的吹開矽晶片就會產生黏片，矽

晶片吹離可以從一次就吹離到三次才吹離的機率分佈，考慮到工業生產必須以最穩定的方式生產，因此最少必須經過噴嘴三次的吹離，才會將晶片取出。

- 晶片載具的設計:載具不但要有易於搬運以及存放的功能，並且節省空間可被堆疊，並且要能夠配合噴流分片裝置的動作，在各方面功能的考量之下做個別功能的評比而選定最實用的形式。

在矽晶片未來的發展上，仍然以更大面積批次生產的方式演進，目前的主流是約當 6 吋的太陽能晶片為主流，未來將未朝向 8 吋以及 10 吋更大的尺寸發展，另外，為了更有效的運用矽晶片的產量，將矽晶片切削為更薄的形式，如此一來，同樣長度的矽晶柱材料，將能夠生產出更多的太陽能晶片。未來高速生產的發展勢必會加以演進，因此目前的製程處理速度將會受到挑戰，因此本論文對矽晶片未來發展的方向做規劃，將更大面積尺寸，更薄的厚度，以及更快的生產速度做研究以及探討。

## 第二章、文獻回顧

### 2-1 產業現況以及製造流程

太陽能在我國的使用率仍然偏低，目前以外銷為主，成品大多數銷往已開發國家。在眾多已開發國家因考量發電成本以及政府積極鼓勵發展太陽能，並且設置許多金額補貼措施，許多已開發國家的企業以及民家普遍可以看到使用太陽能相關產品。

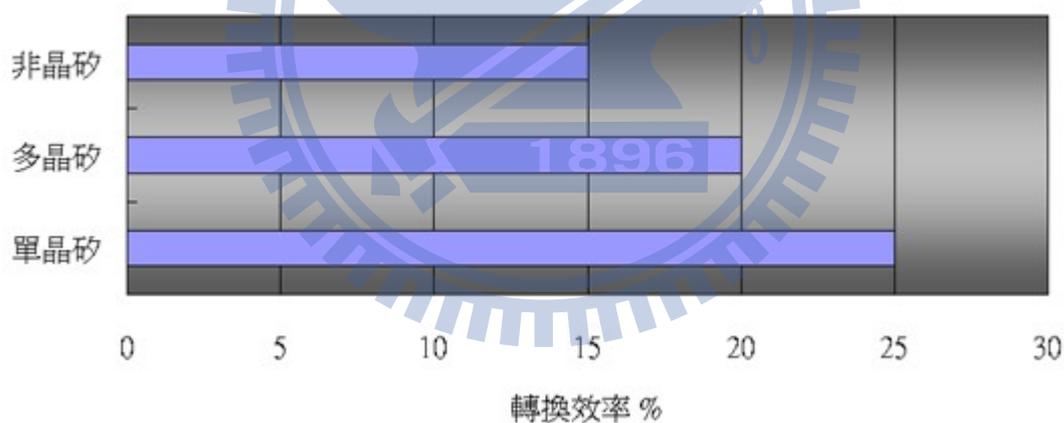
太陽能的發展方向，主要朝向高效率以及低成本的方向發展，許多國家級的研究單位以及企業組織不斷的研究發展出新的產品，期望研發出更好的產品，並且對太陽光能量有更多的應用，展望未來能夠有更多替代能源的出現，目前太陽能晶片在台灣以工業大量生產的種類有矽晶製程以及薄膜製程兩大分類，在我國比較容易發展是因為此項製程部份沿用半導體以及 LCD 面板，而在政府發展兩兆雙星產業多年，已經奠定我國在這兩項領域的深厚工業基礎，繼續發展相關產品將可以快速的進入這項產品的市場。矽晶製程與半導體製程多有相似之處，而且不需要使用到半導體相當高技術的製程，另外在薄膜製程則與面板製造有部份相同的地方，所以此項產品在我國基於現有的技術引導下，將可以快速的發展茁壯。

在太陽能產業的發展，目前國際間大多以歐洲國家在主導整個市場，一直以來歐洲各國比較重視再生能源產業的發展，目前我國的太

陽能產業也大多與歐洲各國以及民間企業合作發展，早期關鍵技術是有歐洲各國所掌握，不過近年來，我國不間斷的研發創新，並且有半導體製程的基礎做後盾，目前已經能夠慢慢的趕上國際間的腳步。

由於矽晶製程的應用條件優於其他種類的製程(表 2.1)，因此領先其它的製造方式，在材料取得以及轉換效率都遠大於其他形式的太陽能晶片，而且矽晶製造過程與半導體技術多有相似之處，而我國在半導體工業歷經多年的發展已經是有目共睹，半導體的年產值在國際市場上更是有舉足輕重之地位。[2]

表 2.1 矽晶型太陽能轉換率



## 太陽能晶片製造流程簡介 [2]

太陽能產業可以概分為上、中、下游產業，此概分法是依照主要製程來區分，不過也有許多企業製造能力已經可以涵蓋到範圍更廣的產業別，但是為了方便區分，仍然會以三個生產階段來說明介紹：

### 上游產業:

(1)長晶製程:這項製程與半導體的長晶製程類似。主要原料為矽，以高溫將矽材料溶融，將矽溶湯置於在石英爐內，並且置入晶種，當矽融湯與晶種結合後，在緩慢的拉出矽溶湯，將長成一單晶矽圓柱。

(2)修邊:晶柱長成後，外型為 5 吋或是 6 吋圓柱狀，此外型不利於陣列的排列，因此會將晶片的外圍切成方形，在模組串列焊接段可以節省排列的空間。

(3)切割:使用線切割機將晶柱切割成 0.2mm 厚度之晶片

## 中游產業:[7][8]

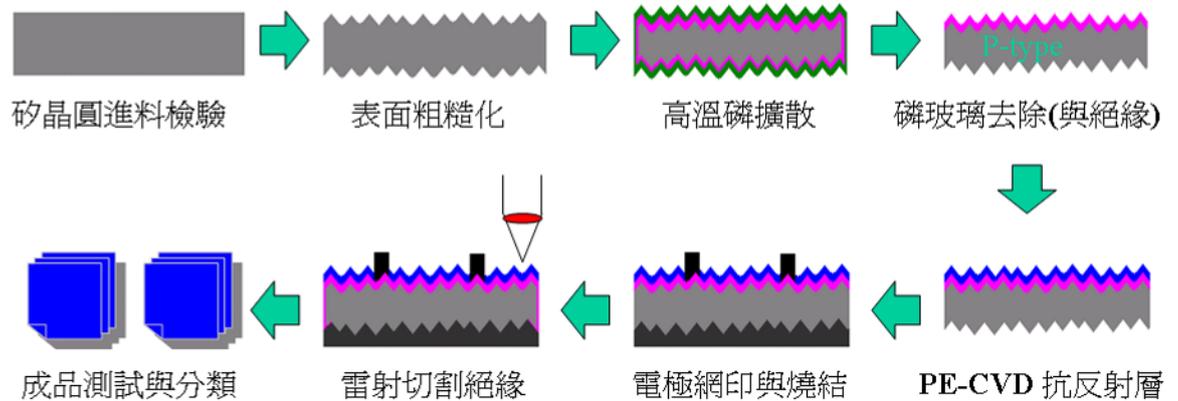


圖 2.1 中游產業製造流程圖

- (1) 進料檢驗(Wafer Inspector):主要為晶片外觀檢察、厚度以及電阻值測量、檢查裂片等項目。
- (2) 表面粗糙化(Texture):在此階段去除切片時產生的切痕，同時將晶片表面蝕刻為粗糙面，使入射的光線不容易反射，增加晶片表面的受光。
- (3) 高溫磷擴散(Diffusion):在高溫爐中通入含磷氣體，使電洞較多的 P 型矽晶片表層滲入磷，形成電子較多的 N 型區域。形成光電轉換所需的 P-N junction。
- (4) 磷玻璃去除(Phosphorous Glass Etching): 磷玻璃是磷擴散後的副產品，此副產品會影相發電效能，必須以氫氟酸洗淨去除之後，才能進行後續的製程。

- (5) 抗反射層(PECVD):在晶片表面鍍上氮化矽抗反射層,顏色以藍色為主,主要目的為降低光的反射。
- (6) 網印以及燒結(Print and Cofiring):正反面之粗細電極皆以網印之方式將含銀、含鋁之漿料印製於晶片表面,再經過燒結處理才能穿透正面氮化矽鍍層並滲入矽晶片表層,緊密結合並將電流導出。
- (7) 雷射切割絕緣(LASER Isolation):以 P 型矽晶片製做之太陽能電池正面為負極(-),背面為正極(+),為避免正負兩極之間在晶片邊緣有短路之現象,需以雷射光束沿晶片邊緣處切割出一道深度超過 P-N junction 之凹槽,如此電流才能正確導出。此功能也可由電漿處理或化學蝕刻製程進行。
- (8) 測試以及分類(Testing and sorting):檢測正反面外觀以及量測光電轉換效率等電性資料後,依據設定之產品分類定義進行篩選分類。

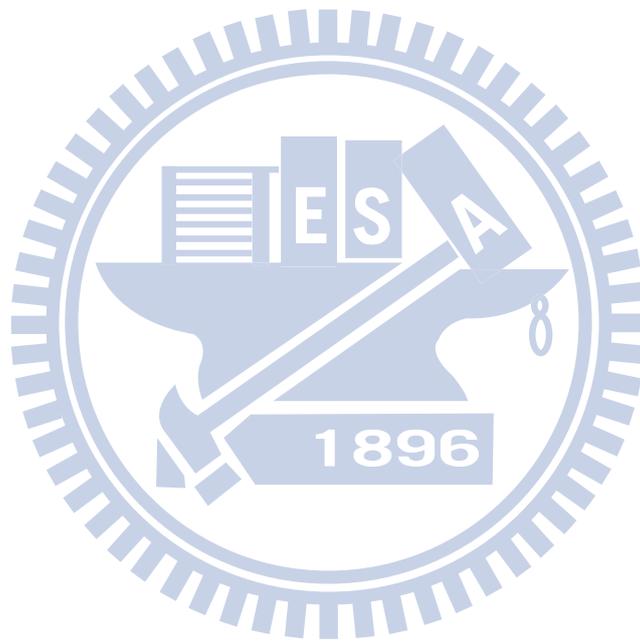
## 下游產業:[2]

將晶片串並聯在一起,以提高實用性,主要製程內容如下

- (1)選擇晶片以及設計模組性能
- (2)焊接晶片成為同一個模組

(3) 真空壓熱封裝

(4) 性能檢測



## 2-2 分片裝置原理以及架構介紹

分片裝置包含八個主要的單元:

- 太陽能矽晶片
- 晶片承載裝置
- 升降裝置
- 噴嘴裝置
- 晶片高度位置感測器
- 調速閥
- 流量計
- 氣壓系統



## 太陽能晶片(圖2.2)

太陽能晶片為本研究主要的對象，由6吋晶圓棒經過切割後的尺寸為156x156x0.02(單位:mm) ，矽晶片本身是硬脆材料，再加上厚度與長寬的比例尺寸差異大，容易產生應力而斷裂，因此必須小心的處理。

單位:mm

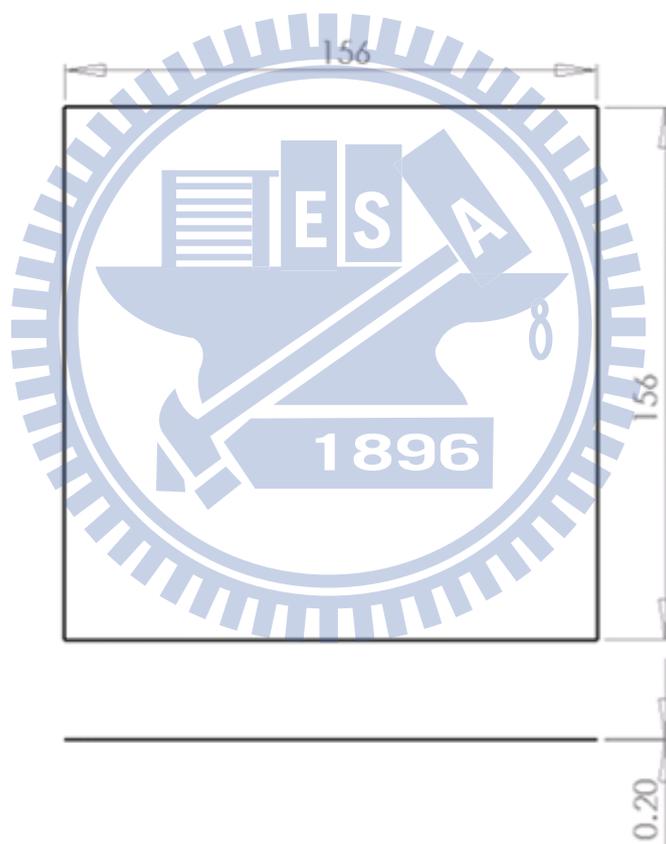


圖 2.2 太陽能矽晶片外型尺寸

### ➤ 晶片承載裝置(圖2.3)

提供一個適合載放晶片的空間，當氣嘴吹出之壓縮空氣對晶片做分片動作時，此裝置將提供一個適當的空間，適當的空間是指在X、

Y、Z三度空間的座標中，將晶片限制X、Y方向的自由度，而給予Z方向的自由度。在限制X、Y方向的自由度仍必須考量其結構件是否會影響到流場的分佈，當壓縮空氣經由氣嘴噴出時，氣流穿過晶片必須能夠順利排放出至大氣中。

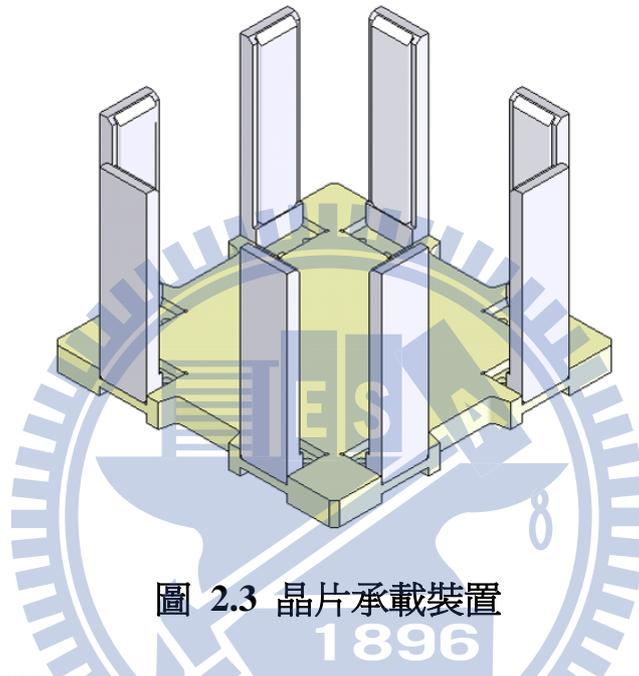


圖 2.3 晶片承載裝置

➤ 伺服升降裝置(圖2.4)

主要包含一伺服馬達以及滾珠導螺桿，馬達提供旋轉運動的動力源帶動滾珠導螺桿，同時將旋轉運動轉為直線運動，此直線運動的主要功能在帶動晶片做昇降的動作，當晶片依序被取走後，伺服機構依照程式指令做供料的動作。

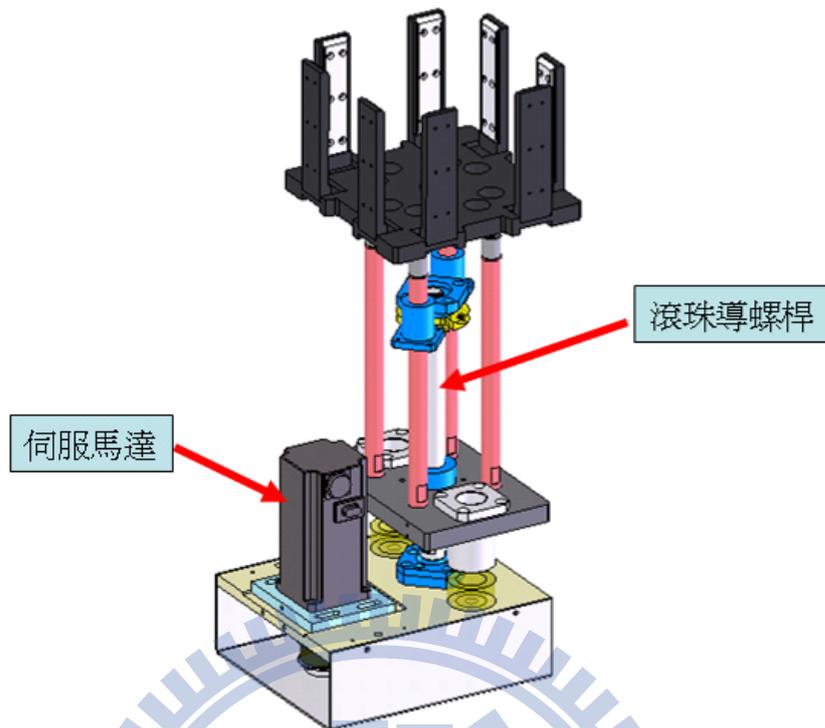


圖 2.4 伺服升降裝置

➤ 噴嘴裝置

使用的配置在晶片的兩側同時開啓對晶片吹氣，平均的供給氣流讓晶片產生浮力。

噴嘴裝置使用壓縮空氣經由氣嘴的腔體設計，將氣體整流成爲適合分離晶片所使用，氣體由進入噴嘴裝置內部，將氣體整流爲細長的形式後從出風口噴出，出風口的形狀爲狹長的形式，尺寸爲寬0.5mm高6mm，寬與高的比例爲1:12

單位:mm

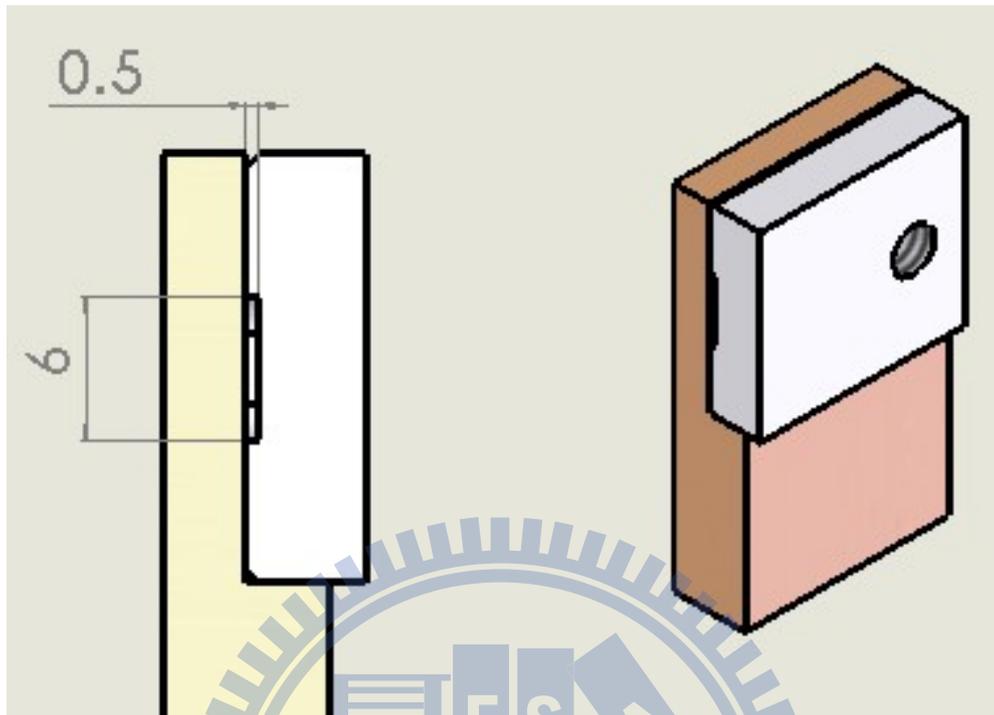


圖 2.5 氣流噴嘴尺寸

➤ 雷射光電感測器[3] (圖2.6)

位於承載裝置上緣，主要目的在感測晶片高度的位置，當晶片因氣體的浮力上升遮蔽到感測器的光束時，致使信號觸發，原先已經在上方待命的取片裝置立即將晶片取走。感測器使用反射式的形式，由感測器本體發射出狹長型的雷射光束，經過反射鏡入射到感測器本體的受光處，可調整反射後接受的光強做為觸發訊號。

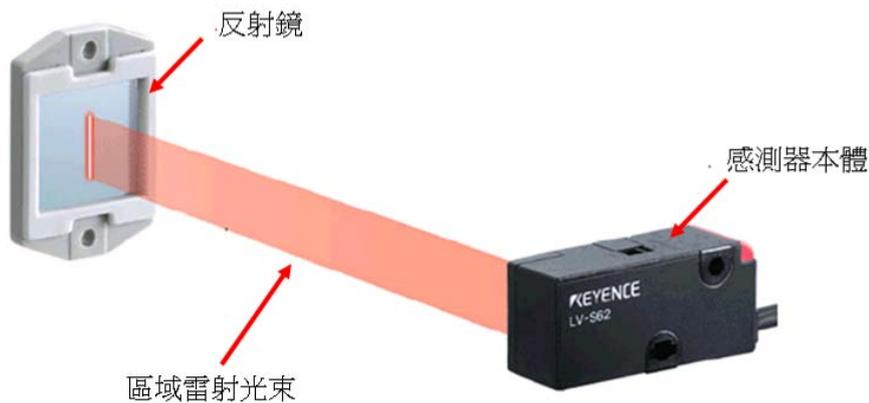


圖 2.6 雷射光電感測器

➤ 真空吸盤(圖2.7)

裝置使用於吸取晶片，再使用另一組直線運動機構將晶片搬移至下一個工作站，吸盤裝置設計上的考量必須注意到晶片吸附上來時的衝擊力，此衝擊力量可能會致使晶片破損，因此必須增加緩衝的機制在吸盤與晶片直接觸碰的位置，另外真空值也必須是經過調教的，比較高的真空壓力雖然可以迅速的吸附晶片而且不至於搬運途中掉落，但是有可能造成晶片受到太大的真空壓力而導致破損。

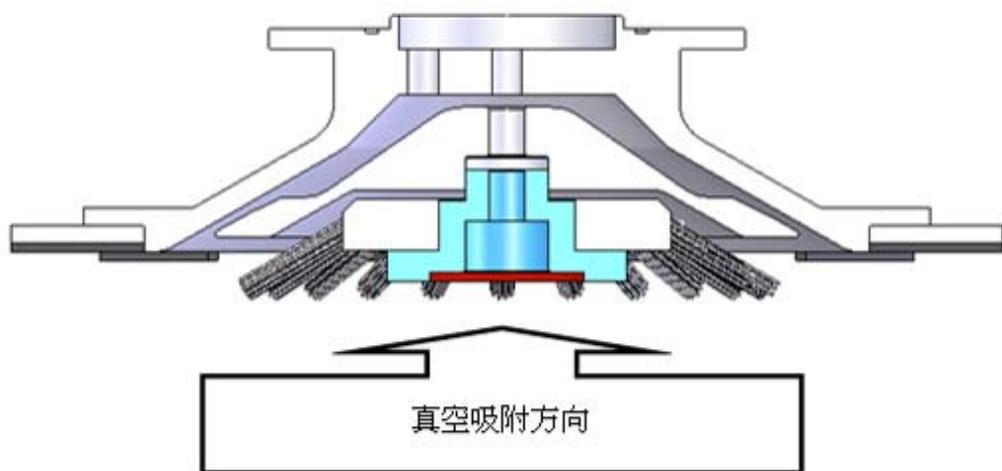


圖 2.7 真空吸盤

➤ 流量感測計[4] (圖2.8)(表2,2)

用來測量噴嘴裝置的實際流量，此流量計有提供數位顯示器之功能，使用單位是L/min，顯示單位可以到小數點後一位，流量計使用時與噴嘴做串連在一起，在噴流開啓的同時一併測量流量。



圖 2.8 流量感測器

表 2.2 流量計使用規格表

型式	PF2A710	PF2A750	PF2A711	PF2A721	PF2A751
測量的流體			空氣、氮氣		
流量顯示範圍	0.5 to 10.5 l/min	2.5 to 52.5 l/min	5 to 105 l/min	10 to 210 l/min	25 to 525 l/min
設定流量範圍	0.5 to 10.5 l/min	2.5 to 52.5 l/min	5 to 105 l/min	10 to 210 l/min	25 to 525 l/min
額定流量範圍	1 to 10 l/min	5 to 50 l/min	10 to 100 l/min	20 to 200 l/min	50 to 500 l/min
最小的設定單位	0.1 l/min	0.5 l/min	1 l/min	2 l/min	5 l/min
累算脈衝流量換算值(脈衝寬: 50 ms)	0.1 l/pulse	0.5 l/pulse	1 l/pulse	2 l/pulse	5 l/pulse
顯示單位	l/min, CFM x 10 <sup>-2</sup>		l/min, CFM x 10 <sup>-1</sup>		
瞬間流量					
累算流量	l, ft <sup>3</sup> x 10 <sup>-1</sup>				
使用流體溫度	0 to 50°C				
直線性	±5% F.S. or less				
重複精度	±1% F.S. or less		±2% F.S. or less		
溫度特性	±3% F.S. or less (15 to 35°C, based on 25°C), ±5% F.S. or less (0 to 50°C, based on 25°C)				
電流消耗(無負載)	150 mA or less		160 mA or less		170 mA or less
重量	250 g		290 g		
配管口徑 (Rc, NPT, G)	1/8, 1/4		3/8		1/2
檢知方式	熱式				
顯示列	3-數字, 7段LED				
使用壓力範圍	-50 kPa to 0.5 MPa		-50 kPa to 0.75 MPa		
耐壓力	1.0 MPa				
累算的流量範圍	0 to 999999 l				
輸出規格	開關輸出	NPN開集極	最大的負載電流: 80mA; 內部電壓降: 1V以下(80mA的負載電流時) 最大的供應電壓: 30V; 2個輸出		
		PNP開集極	最大的負載電流: 80mA 內部電壓降: 1.5V以下(80mA的負載電流時); 2個輸出		
	累算脈衝輸出	NPN或PNP開集極(同開關輸出)			
動作顯示燈	ON時會亮 OUT1: 綠色; OUT2: 紅色				
反應時間	1秒以下				
應差	磁滯模式: 可變的(可從0開始設定), 視窗比較模式 註6); 固定(3digits)				
電源電壓	DC 12到24V(漣波±10%以下)				

➤ 氣壓系統(圖2.9)

氣壓系統主要由廠務供給氣壓源，經過減壓閥將壓力調降為實際所需要的壓力值，再由電磁閥控制噴嘴氣流的開與關，電磁閥平時為關閉的狀態，當晶片到達指定位置時，並且電控程式下達指令後，電磁閥開啓將壓縮空氣導通到噴嘴位置。

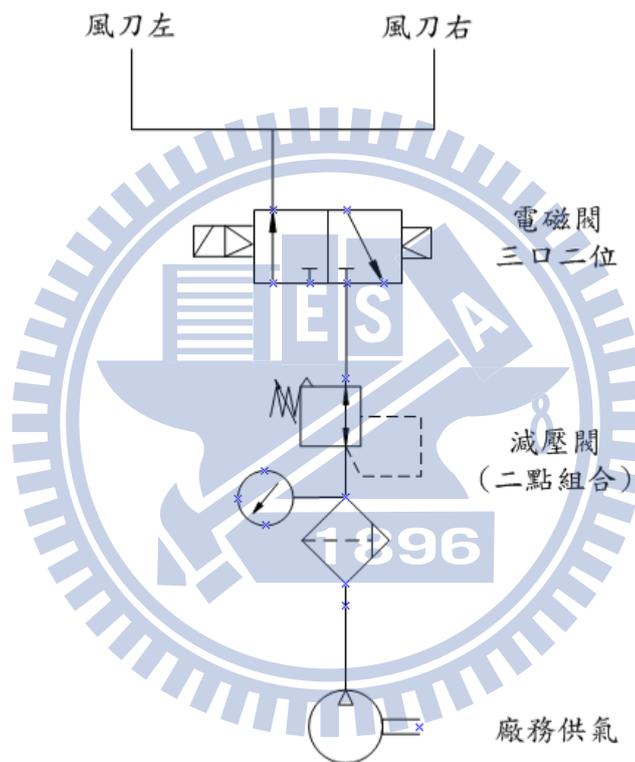


圖 2.9 氣壓系統圖

上訴的幾個重要元件乃是針對細部功能做說明，實際上的設計規劃必須具備整體的考量，必須要能配合快速的自動化生產、產品損壞率低、人員操作便利性的規劃、易於維修保養、選用材料合乎成本。在產品開發過程，可能因為功能上的互相衝突，必須遷就於另外一方面更重要的功能考量，才能針對使用者的習慣做最佳的設計，因此在

設計之初應該要有各項功能所佔權重的評比以及客戶使用習慣的訪查，定製規格比較完善的規格再進行產品的開發。

➤ 動作流程說明

以下的內文以及圖片在說明噴流分離機構主要的動作流程做介紹，在整個生產動作中，整體的動作以噴嘴的開關以及晶片上下移動的時間為最主要的兩個動作，這兩個動作必須要互相搭配在適合的時間開始或是停止動作，而動作的切換點則以位置感測器做為訊號的觸發開關。

- (1) 噴嘴為開啓狀態，此時晶片開始緩慢的上昇。(圖 2.10)

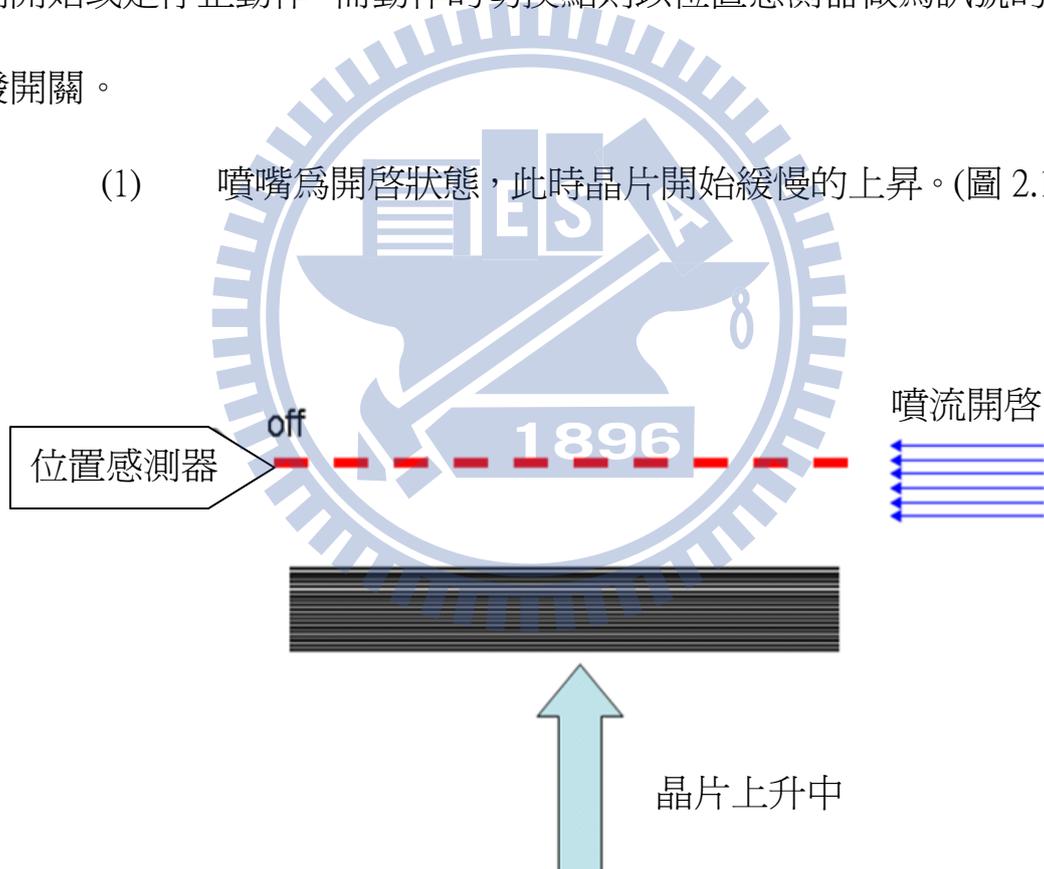


圖 2.10 動作流程說明-1

(2)晶片繼續緩慢的上昇，已經到達噴嘴位置，並且吹離晶片。(圖

2.11)

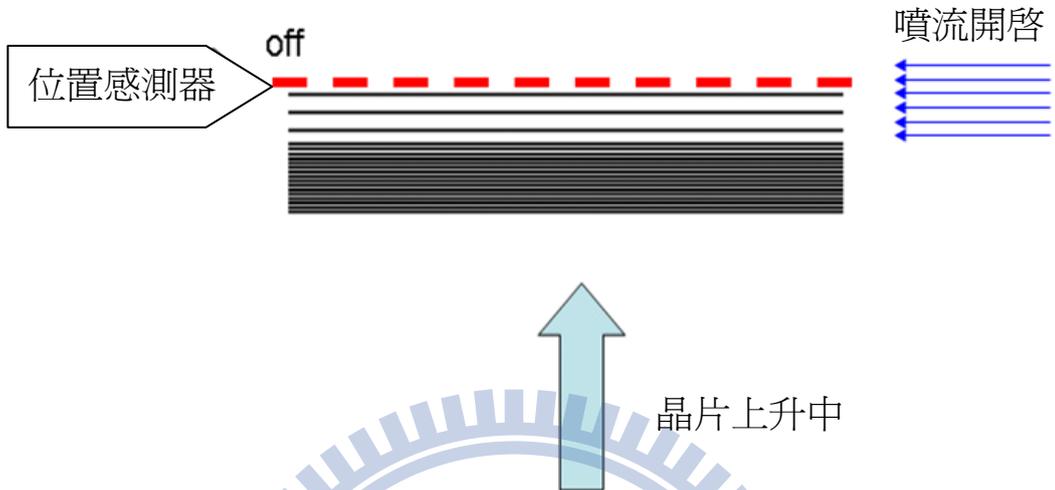


圖 2.11 動作流程說明-2

(3)當晶片再繼續緩慢的上昇，吹離的晶片已經觸發到位置感測器，此時晶片將立即停止上升。(圖 2.12)

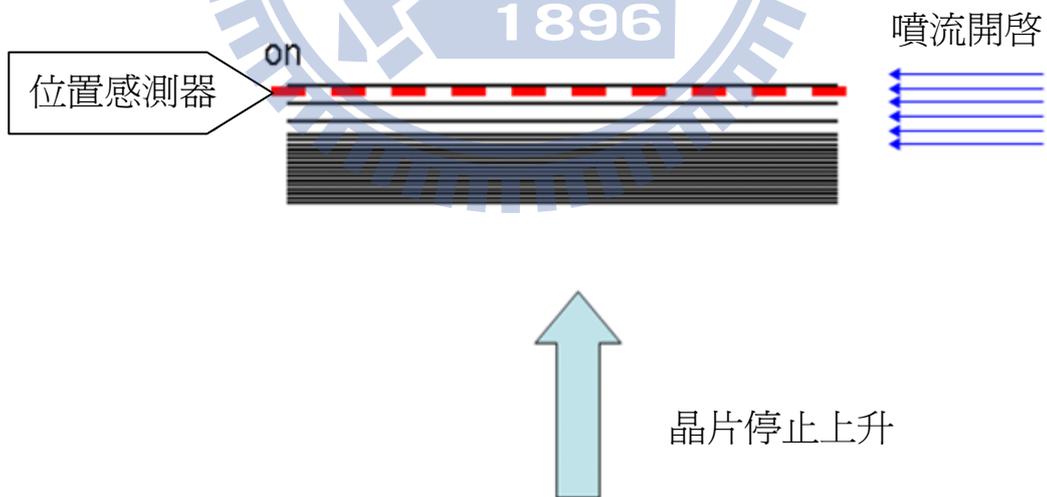
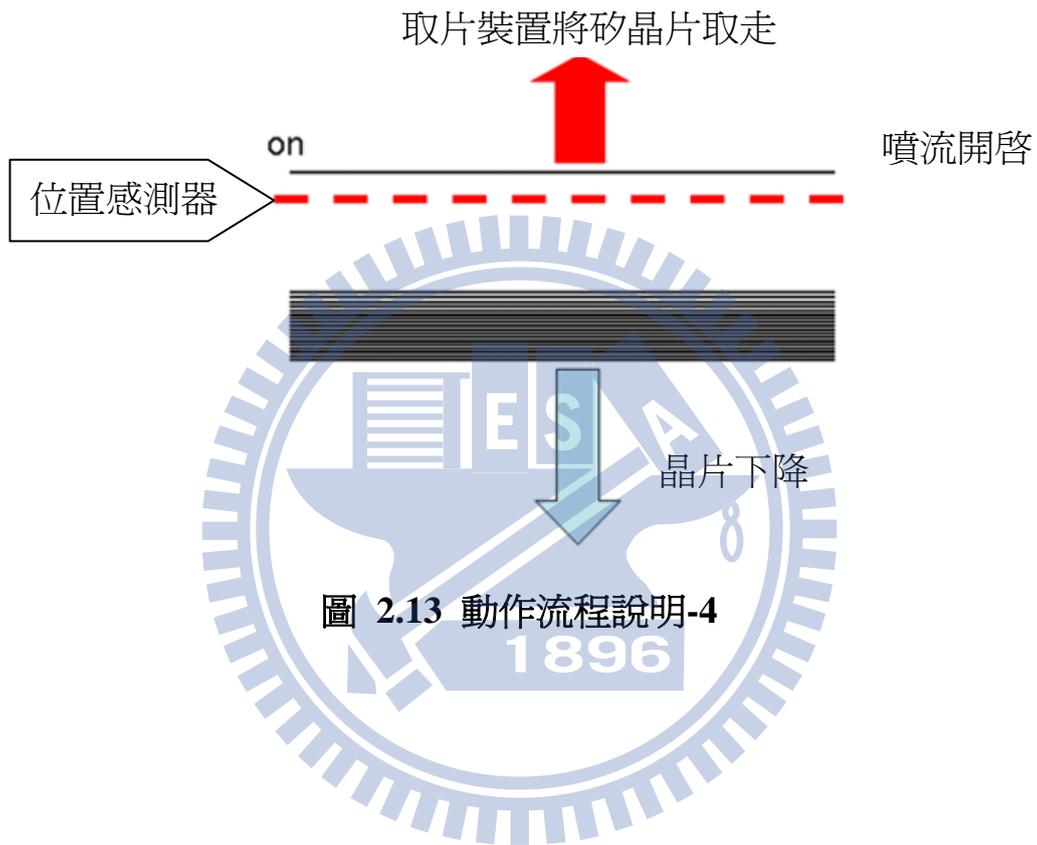


圖 2.12 動作流程說明-3

(4)取片裝置將晶片取走的同時，噴嘴將關閉，其餘的晶片將立即的下降，避免取片裝置上升產生的負壓將其它的晶片向上牽引。(圖 2.13)



## 2-3 CFD原理介紹

計算流體力學的應用已經從最初的航空領域不斷地擴展到船舶，海洋，化學，工業設計，城市規劃設計，建築消防設計，汽車多個領域。近幾年來計算流體力學在全機流場計算，旋翼計算，航空發動機內流計算，導彈投放，飛機外掛物，水下流體力學，汽車等方面獲得廣泛應用。整個計算流體力學處理過程大致包括三個部分：前處理，包括幾何模型的選取和網格劃分，求解器，包括確定計算流體力學方法的控制方程，選擇離散方法進行離散，選用數值計算方法，輸入相關參數；後處理，包括速度場，壓力場，溫度場及其它參數的計算機可視化及動畫處理等。由此和計算流體力學在工程實際中的應用可以將計算流體力學應用的優點大致歸納如下：可以更細緻地分析，研究流體的流動，物質和能量的傳遞等過程，可以容易地改變實驗條件，以獲取大量在傳統實驗中很難得到的信息資料；整個研究，所使用的時間大大減少；可以方便的用於那些無法實現具體測量的場合，如高溫，危險的環境；根據模擬數據，可以全方位的控制過程和優化設計。

使用FLUENT 軟體進行模擬時，必須要設置演算法、邊界條件、工作環境，演算法的選擇特別重要，對模擬的結果有很大的影響，需要特別的重視，必須要瞭解數值模擬（Numerical Simulation）的

過程，才能正確設置數值模擬的條件。

工程問題可以採用「區域離散化 (Domain Discretization)」的數值計算並借助電腦得到滿足工程要求的數值解，數值模擬技術是工程發展重要的一環。

區域離散化是在原來連續的空間中使用一組有限個離散點代替。將區域切割成許多互不重疊的子區域，子區域的節點位置和該節點所代表的是控制體積。節點 (Joints) 可以解釋為未知物理量的幾何位置，控制體積 (Control Volume) 代表的是應用控制方程 (Governing Equation) 或守恆定律 (Conservation Law) 的最小幾何單位，節點可以視為代表著控制體積，而控制體積和子區域並不一定是重合的。在區域離散化開始時，由坐標軸對應的直線或曲線所切割出來需多子區域 (Subzone)。區域離散的基礎元素就是網格，而網格節點是離散化物理量的存儲位置。

常用的離散化方法有「有限差分法 (Finite Difference Method, FDM)」、「有限元素法 (Finite Element Method, FEM)」以及「有限體積法 (Finite Volume Method, FVM)」，由於Fluent是基於有限體積法，以下對有限體積法簡要說明。

控制體積法係將計算區域劃分為網格，並使每個網格點周圍有一個互不重複的控制體積，將求解的微分方程對每個控制體積進行積

分，從中求解得到一組離散方程，其中的因變量就是網格節點上的未知數是。有限體積法的基本思路即是子域法加離散，可求出其物理解釋。離散方程的物理意義是因變數在有限大小的控制體積中的守恆原理，就如微分方程表示因變數在無限小的控制體積中的守恆原理一樣。有限體積法得出的離散方程，要使因變量的積分守恆對任意一組控制體積都可以得到滿足，對於整個計算區域，最終將會得到滿足，這是有限體積法的優點。相對於有限差分法，只有當網格密度極高時，離散方程才滿足積分守恆定理，若使用有限體積法即使在網格密度低的情況下，仍然可以顯示出準確的積分守恆。[1];[10];[11]

#### ►有限體積法的求解方法

在求解之前必須先將控制方程離散化。FLUENT求解提供三種壓力與速度的耦合方式選擇，分別是SIMPLE格式、SIMPLEC格式和PISO格式。

SIMPLE演算法是目前工程應用最爲廣泛的一種流場計算方法，它屬於壓力修正法之一。SIMPLE演算法於1972年由Patankar和Spalding所提出，主要用於求解不可壓縮流場的數值方法。它的概念是採用「猜測－修正」爲核心，以網格爲基礎來計算壓力場，從而達到求解動量方程的目的。SIMPLE演算法的中心思想爲：對於給定的壓力場，從離散形式的動量方程得到速度場。由於壓力是假定的或者不準確的，

所以得到的速度場大多是不滿足連續性方程，必須對壓力場進行逐步修正。修正的原則是與修正後的壓力場相對應的速度場能滿足這一迭代層次上的連續方程。根據此原則，將由動量方程的離散形式所規定的壓力與速度的關係代入連續方程的離散形式，而得到壓力修正方程式，再由壓力修正方程得到壓力修正值。再根據修正後的壓力場，求得新的速度場，然後檢查速度場是否已經收斂。若沒有收斂的狀況下，用修正後的壓力值給定的新的壓力場，開始下一迭代層次的計算，直到解出收斂值為止。以上所描述的內容，主要解釋在於如何獲得壓力修正值並且根據壓力修正值給定速度修正方程。

SIMPLEC演算法與SIMPLE演算法在基本原理上是一樣的，不同點在於SIMPLEC演算法加快了計算的收斂速度，因為SIMPLEC在通量修正方法上改進許多。PISO演算法是壓力的隱式運算元分割演算法，起初是針對非穩態可壓縮流動的無迭代計算所建立的一種壓力速度計算程序，後來在穩態問題的迭代計算中也比較廣泛地使用了該演算法。PISO演算法與SIMPLE及SIMPLEC演算法的不同之處在於：SIMPLE和SIMPLEC演算法是兩步演算法，由預測步和修正步組成；而PISO演算法增加了一個修正步，包含一個預測步和兩個修正步，在完成了第一步修正步得到速度場和壓力場後尋求第二次改進值。目的是使其能更好地同時滿足動量方程和連續性方程。PISO演算法由於使用

了預測－修正－再修正三個步驟，從而加快了單個迭代步中的收斂速度。

綜合以上，SIMPLE 演算法是SIMPLE 演算法系列的基礎，目前各種CFD軟體中均提供這種演算法，而SIMPLEC 和PISO 演算法主要是提高了計算的收斂性，從而縮短了計算時間。[1];[11]

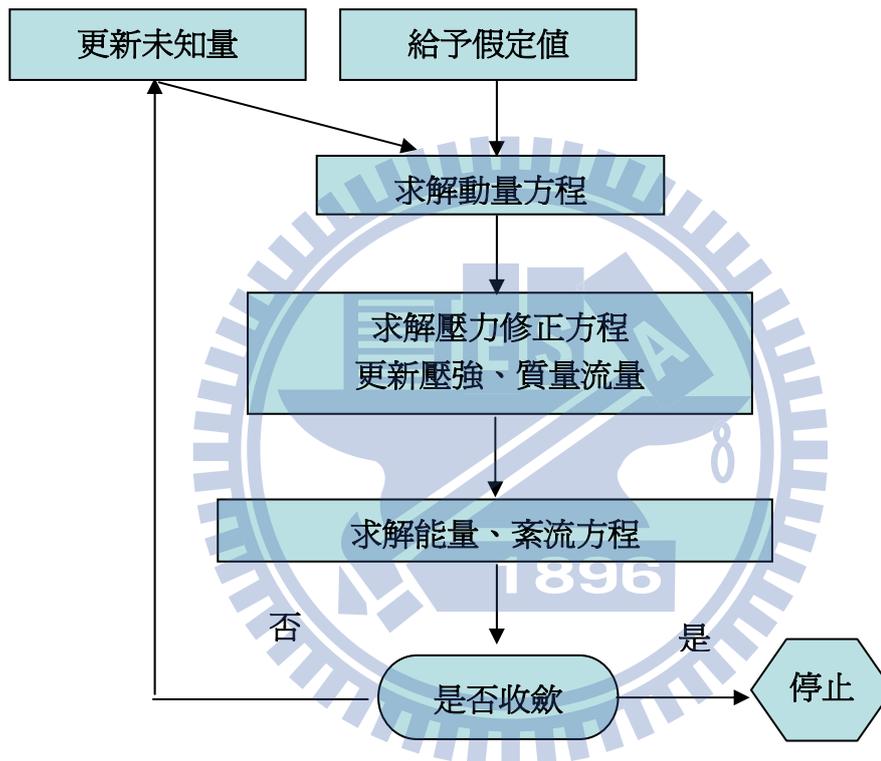


圖 2.14 SIMPLE 壓力求解速度流程圖

## 2-4 Fluent軟體簡介

Fluent是目前國際上比較流行的商用CFD套裝軟體，市場佔有率高，只要涉及流體、熱傳遞及化學反應等的工程問題，都可以用Fluent進行解算。它具有豐富的物理模型、先進的數值方法以及強大的前後處理功能，在航空航太、汽車設計、石油天然氣、渦輪機設計等方面都有著廣泛的應用。例如，石油天然氣工業上的應用就包括燃燒、井下分析、噴射控制、環境分析、油氣消散/聚積、多相流、管道流動等。

Fluent能夠解決的工程問題可以歸結為以下幾個方面：

採用三角形、四邊形、四面體、六面體及其混合網格計算二維和三維流動問題。計算過程中，網格可以自適應。

- 可壓縮與不可壓縮流動問題。
- 穩態和瞬態流動問題。
- 無粘流、層流及湍流問題。
- 牛頓流體及非牛頓流體。
- 對流換熱問題(包括自然對流和混合對流)。
- 導熱與對流換熱耦合問題。
- 輻射換熱。
- 慣性坐標系和非慣性坐標系下的流動問題模擬。

- 多運動坐標系下的流動問題。
- 化學組分混合與反應。
- 可以處理熱量、品質、動量和化學組分的源項。
- 用Lagrangian軌道模型類比稀疏相(顆粒、水滴、氣泡等)。
- 多孔介質流動。
- 一維風扇、熱交換器性能計算。
- 兩相流問題。
- 複雜表面形狀下的自由面流動。

Fluent軟體設計基於CFD軟體群的思想，從用戶需求角度出發，針對各種複雜流動和物理現象，採用不同的離散格式和數值方法，在特定的領域內使計算速度、穩定性和精度等方面達到最佳組合，從而可以高效解決各個領域的複雜流動計算問題。基於上述思想，Fluent開發了適用於各個領域的流動類比軟體，用於類比流體流動、傳熱傳質、化學反應和其他複雜的物理現象，各類比軟體都採用了統一的網格生成技術和共同的圖形介面，它們之間的區別僅在於應用的工業背景不同，因此大大方便了用戶。

Fluent的套裝軟體由以下幾部分組成。

(1) 前處理器：Gambit用於網格的生成，它是具有超強組合建構模型能力的專用CFD前置處理器。Fluent系列產品皆採用Fluent公司自行

研發的Gambit前處理軟體來建立幾何形狀及生成網格。另外，TGrid和Filters(Translators)是獨立於Fluent的前處理器，其中TGrid用於從現有的邊界網格生成體網格，Filters可以轉換由其他軟體生成的網格從而用於Fluent計算。與Filters介面的程式包括ANSYS、I-DEAS、NASTRAN、PATRAN等。

(2) 求解器：它是流體計算的核心，根據專業領域的不同，求解器主要分為以下幾種類型。

- Fluent 4.5：基于結構化網格的通用CFD求解器。
- Fluent 6.3.26：基于非結構化網格的通用CFD求解器。
- Fidap：基於有限元方法，並且主要用於流固耦合的通用CFD求解器。
- Polyflow：針對黏彈性流動專用CFD求解器。
- Mixsim：針對攪拌混合問題專用CFD軟體。
- Icepak：應用於熱流分析CFD軟體。

(3) 後處理器：Fluent求解器本身就附帶有比較強大的後處理功能。另外，Tecplot也是一款比較專業的後處理器，可以把一些資料視覺化，這對於資料處理要求比較高的用戶來說是一個理想的選擇。

在以上介紹的Fluent套裝軟體中，求解器Fluent是應用範圍最廣的。這個求解器既可使用結構化網格，也可使用非結構化網格。對於

二維問題，可以使用四邊形網格和三角形網格(圖2.16)；對於三維問題，可以使用六面體、四面體，錐形網格以及楔形網格(圖2.17)。Fluent 可以接受單塊和多塊網格，以及二維混合網格和三維混合網格。

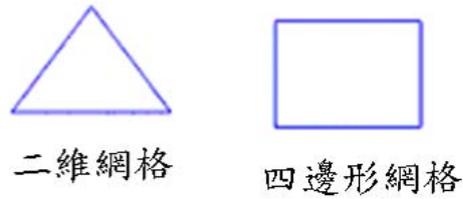


圖 2.15 Fluent 使用二維網格

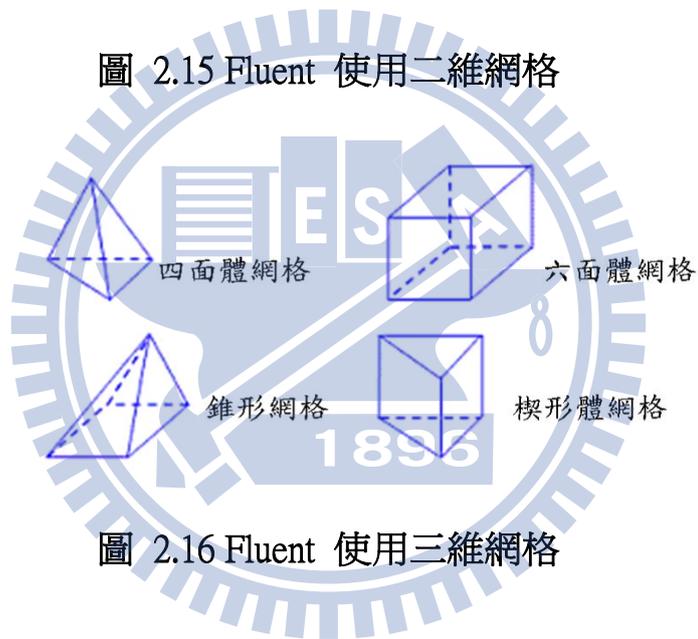


圖 2.16 Fluent 使用三維網格

## 2-5 矽晶片材料性質回顧

矽晶片屬於硬脆材料，依照晶格排列可以分為單晶矽以及多晶矽，若是依照機械強度來區分，單晶矽有較高的破壞應力，多晶矽的破壞應力值比較低，原因是多晶矽的晶格排列是無次序的，在晶格交界的位置是產生破壞裂紋的起始點。

在研究矽晶片的變形量以及各種破壞現象之前，矽晶的強度必須先探討的，Chen等人[18]使用壓痕測試普洛氏(Knoop hardness)壓痕測試多晶矽之破壞韌性為。李中蘭等人[19]將太陽能矽晶片成品以三點測試破壞應力，由於圖佈導線鋁材以及燒結以及各項製程的影響，導致各部位的破壞應力不同，破壞應力位於60Mpa~130Mpa之間。楊氏係數是探討材料性質的重要參數之一，陳啓宗[20]於2004年使用不同的長寬尺寸矽晶片材料使用三點測試求得楊氏係數，因不同的試片而有些微的差異，應力值分佈於166Gpa~173Gpa之間。

## 第三章 研究內容與方法

### 3-1 研究內容概述

本研究使用Gambit 繪圖軟體建立3D模型，再使用Fluent數值分析軟體對3D模型的重要特徵做分析，並且在特徵部位將數個參數帶入軟體進行分析，然而在多個參數的交互作用下，將會衍生出多個結果，會導致實驗結果過度的發散，因此，參數與導出結果必須有效的整合，才能將實驗過程有效率的進行。由模擬得到初步的特徵後，將進行實驗的部份，實驗的內容針對矽晶片的氣嘴分離時的暫態產生的變形量以及穩態時由氣流產生的振動加速度。

第一階段主要建立數個目前正在使用的模型，因此在初步規劃會設計幾組不同的裝置，改變其中的參數做為實驗的控制變因，在預先規劃好的控制變因下建立分析模型與參數值的相關性。

在第二階段則利用電腦模擬輔助設計，設定不同的參數，包括噴嘴的數量以及角度，以及噴嘴相關位置等，分析各種參數對於性能影響，進而改良分離裝置的性能。

第三階段將使用流場模擬結果做為實驗參數之依據，並且將所得之實驗數據做分類、優劣判別。實驗過程需使用數種測量儀器做為矽晶片的狀態監控，將實驗結果以數據呈現，並且將數據交叉比對，從微觀開始以點、線、面的方式架構出全面結論。

爲了有效率的進行模擬，過程依照分析流程將研究內容分爲五大類(圖3.1)，並且將工作內容再分成數個細項，這些分類以及細項內容乃是完成本研究不可缺少的作業流程，若是將它定義清楚，之後再進行相關的模擬以及實驗則有一個參考的依據。

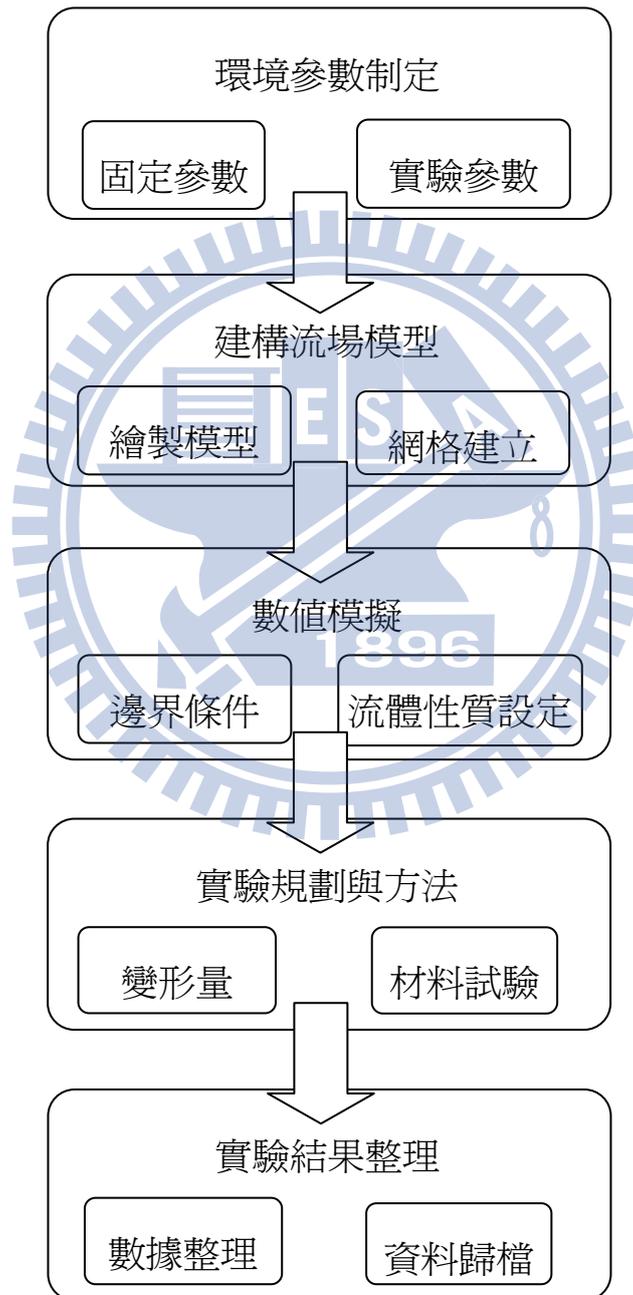


圖 3.1 研究流程以及工作內容

## 3-2 流場模擬參數設定

### 3-2-1 基本假設條件

爲了更有效率的進行軟體的分析，必須將實際的物理條件做假設，本研究所使用的流體爲一般空氣，使用噴嘴將氣體整流爲尖角的形狀，因流速低於0.3馬赫時，仍屬於低速流動，流體的壓縮變化不大，可視爲不可壓縮流體。

基本假設條件如下：

- 工作流體爲空氣
- 使用不可壓縮流場
- 不考慮溫度的效應
- 使用紊流模式模擬

其中紊流模式由雷諾數(Re)決定

$Re < 2100 =$  層流

$2100 < Re < 4000 =$  過度流

$Re > 4000 =$  紊流

可以由以下計算得到雷諾數

$$\text{雷諾數} = \frac{\text{等效管徑} \times \text{流速} \times \text{密度}}{\text{黏度}} \quad (1)$$

$$\text{其中等效管徑} = \frac{2AB}{A+B} \quad (2)$$

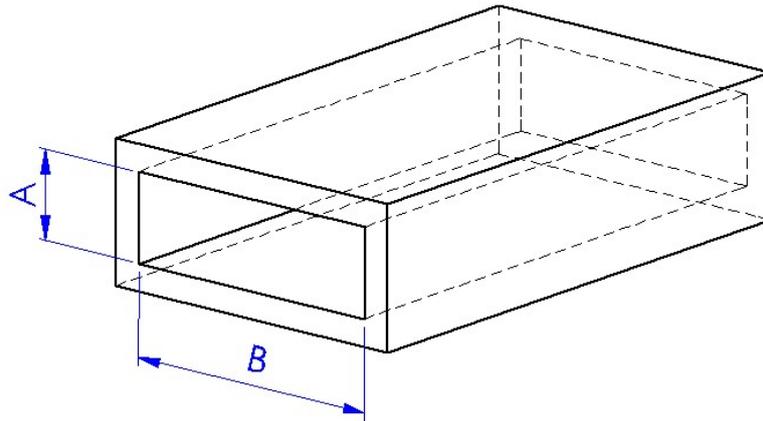


圖 3.2 雷諾數計算管徑說明圖

### 3-2-2 邊界條件設定

以下為本次模擬會使用的邊界條件:

- Velocity inlet入口：設定入口速度給定計算。
- Outflow出口：用於模擬無法知道出口的速度以及壓力情況設定。
- Wall壁面：其餘的壁面皆為Wall邊界條件。

### 3-2-3 參數設定以及模型選用

針對影響分片機構空間流場分佈為主要探討，進行一系列不同條件下的模擬、分析、評估，藉以探討、速度場、流線以及紊流干擾等之分佈型態。

本論文內容將參數分成固定參數以及實驗參數，將部分參數歸類為固定參數是因為某些數值的變化不具實驗模擬性質，因此將它歸類為固定參數，實驗參數的部份則是搭配不同的模擬規劃而做調整，實驗參數主要針對噴嘴的數量以及角度做為實驗對象(圖 3.3)。

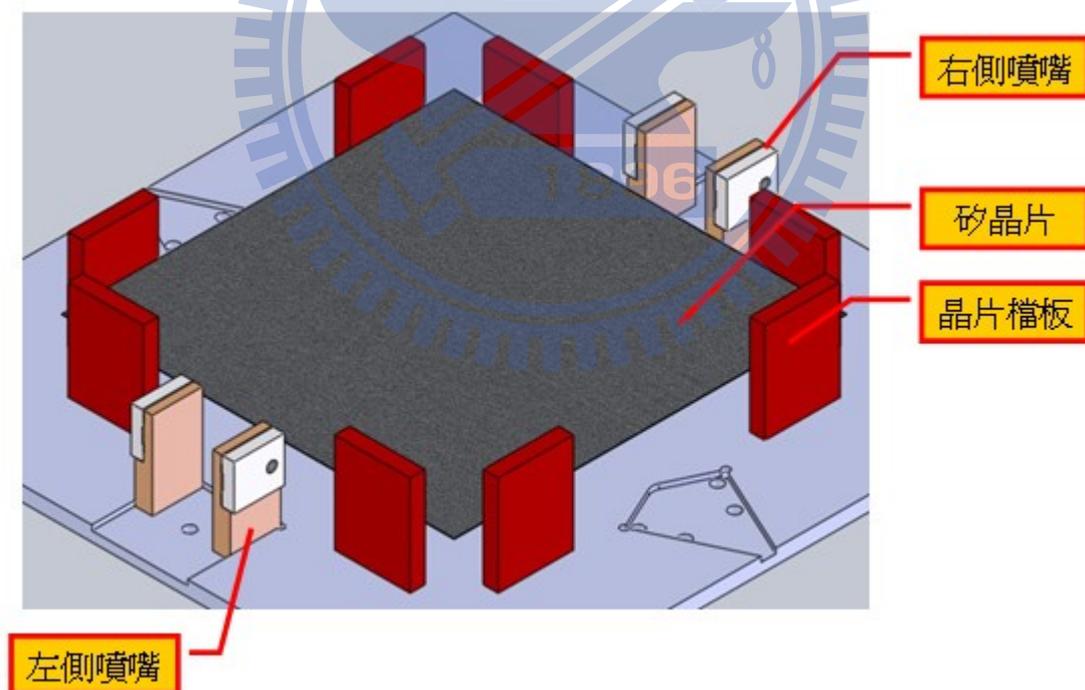


圖 3.3 模擬架構示意圖

表 3.1 參數表格

	單對噴嘴		雙對噴嘴		雙對角度噴嘴	
流量	30L/min		15L/min		15L/min	
流體壓力	5kg/cm <sup>2</sup>	3.5kg/cm <sup>2</sup>	5kg/cm <sup>2</sup>	3.5kg/cm <sup>2</sup>	5kg/cm <sup>2</sup>	3.5kg/cm <sup>2</sup>
實驗項目	變形量					
	加速度量					
	吹離速度(變形測量可間接量得)					

● 固定參數

固定參數包含了模型機構的幾何尺寸以及流體性質兩大部份，以下兩項的參數將維持固定不變的值來做後續的模擬。

(1)幾何尺寸

承載裝置(圖3.3)的功能主要在於限制晶片在X、Y方向的自由度，並提供Z方向的自由度，所以會對晶片的外型產生支撐，在噴流分離的同時將會對氣流造成影響，因此必須在此明確的定義承載裝置的重要尺寸以及相對於晶片的位置。

承載裝置的內側尺寸(圖3.4)必須是可以容納晶片的尺寸(156mm x 156mm)，在實際應用的尺寸必須有預度可以讓晶片在上升或是下降有自由度的，實際的預度是2mm，也就是內側尺寸必須是要158mm x 158mm，但在本論文以156mm x 156mm為模型的尺寸，因為2mm的預度實際是要做為晶片升降使用，與本論文所做的流場模擬結果並不會

產生重大的影響，因此將簡化模型達到網格建立以及數值分析的時效性。

單位:mm

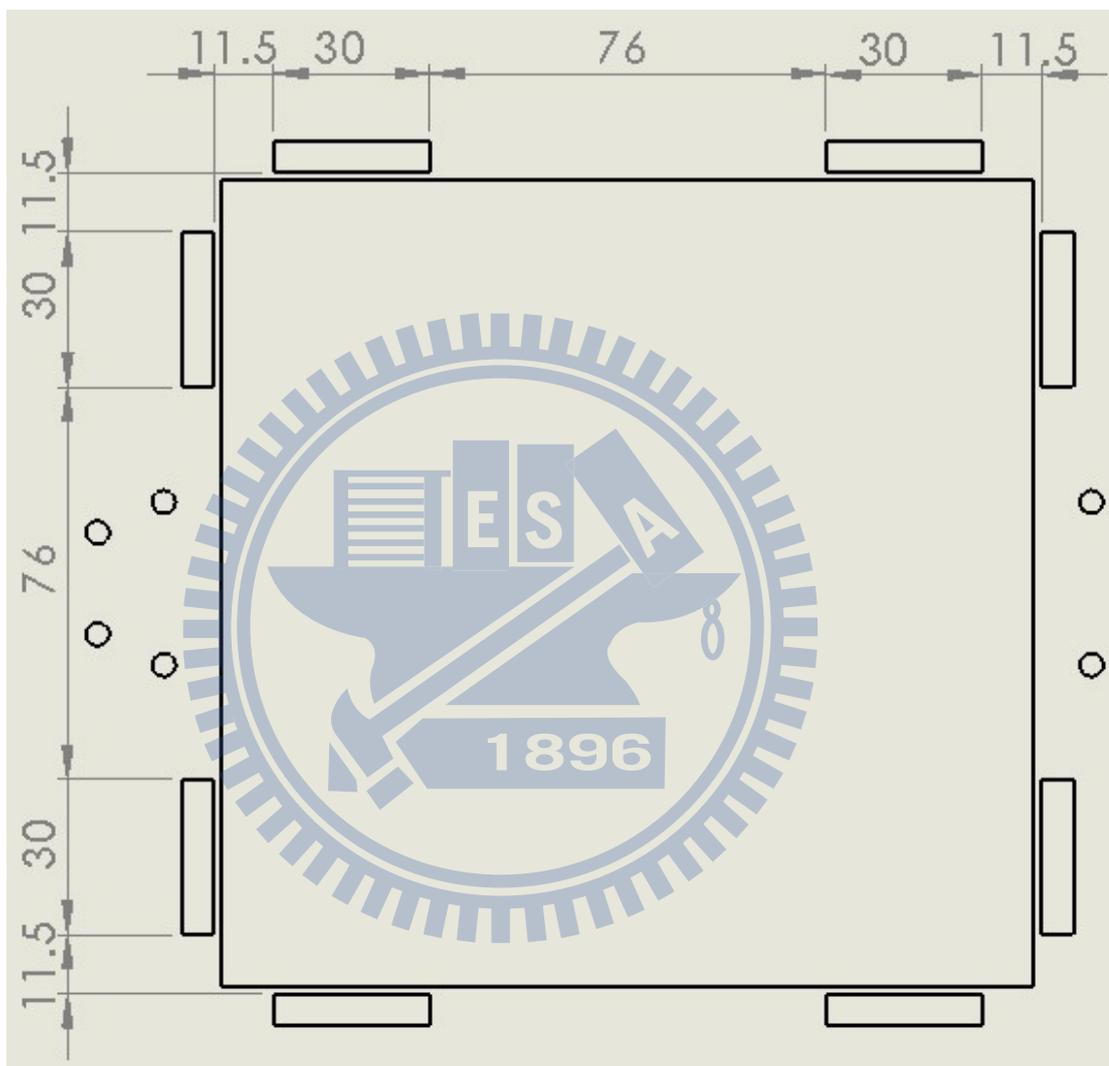


圖 3.4 晶片承載裝置機構尺寸圖-上視圖

噴嘴距離矽晶片為10mm(圖3.5)，本實驗將此距離歸類為固定參數，因此在後續的研究模擬過程，將不會變更此參數尺寸。

單位:mm

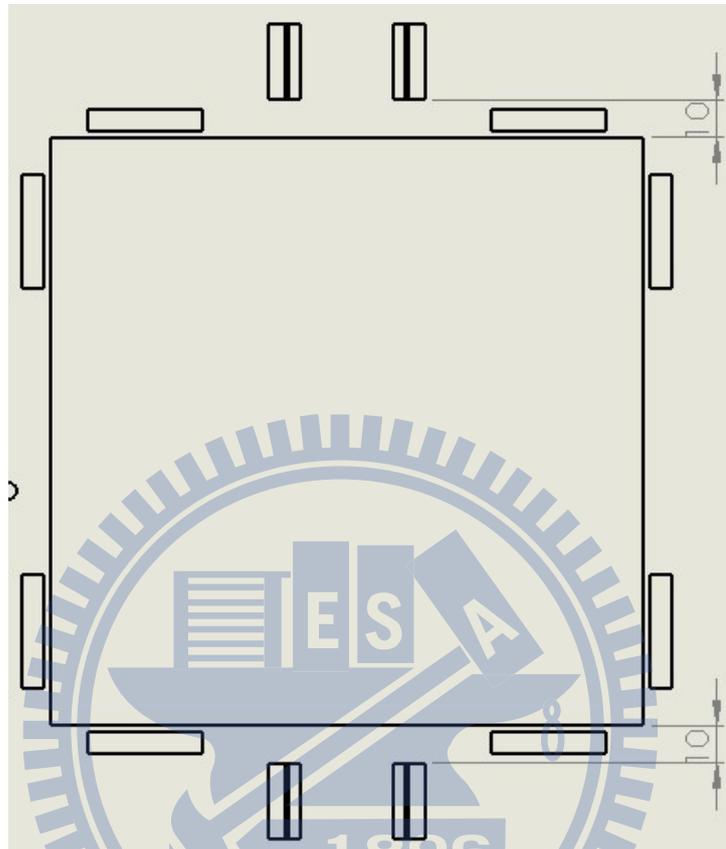


圖 3.5 噴嘴裝置到晶片距離-上視圖

噴嘴中心位置於承載機構接近上緣的位置，是要讓分離的晶片能夠快速的被取走，因此上方位置為一個自由流場的空間。

圖3.6顯示實際將晶片吹離上浮的高度，以及噴嘴口相對尺寸。被吹離的晶片為五片，但是第三片之下的晶片被吹離的高度並不明顯，原因是此位置的晶片位於噴嘴氣流量的邊緣位置，接受到的流量比較小，因此在本論文研究中並不對第三片之下的晶片做探討。

單位:mm

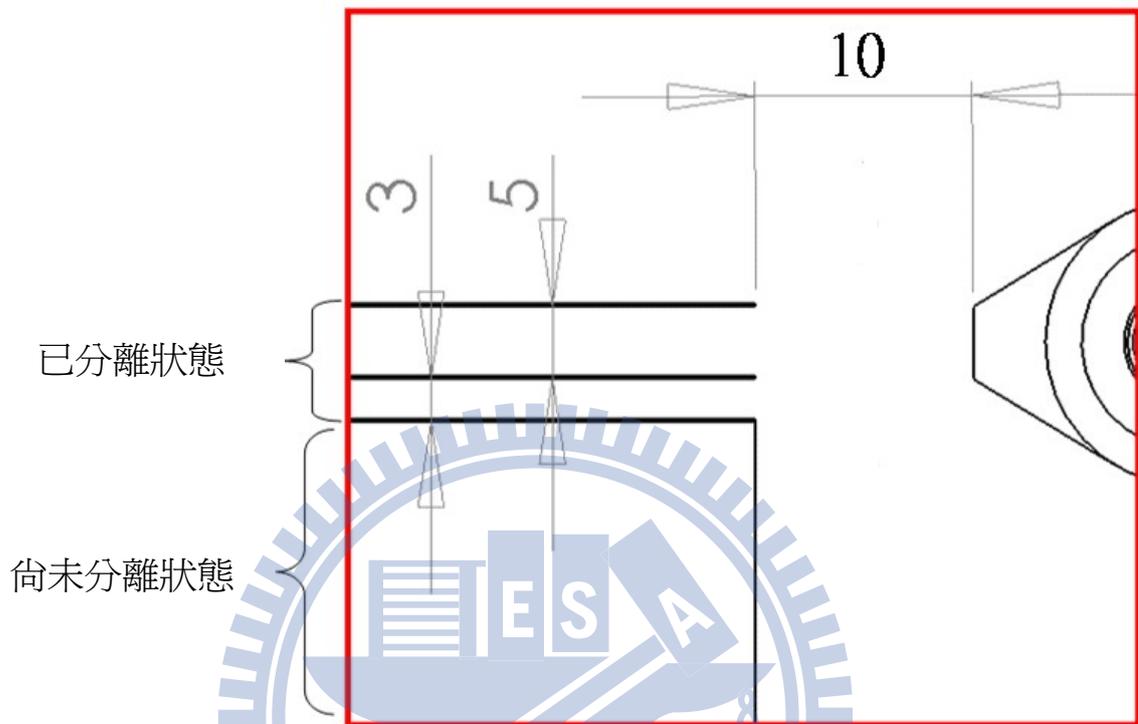


圖 3.6 噴嘴位置尺寸圖

噴嘴裝置的出口高度為6mm，寬度為0.5mm，由此可看到整體的出風口為細長的尺寸(圖3.7) (圖3.8)，讓氣流可以比較集中在噴嘴中心位置，才可以侵入堆疊的晶片縫隙中，而產生分片。

單位:mm

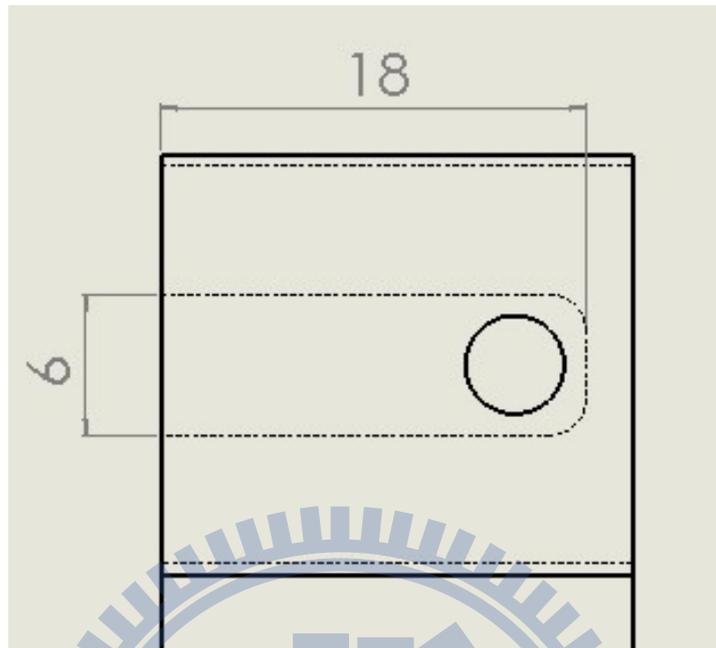


圖 3.7 噴嘴裝置尺寸圖-側視圖

單位:mm

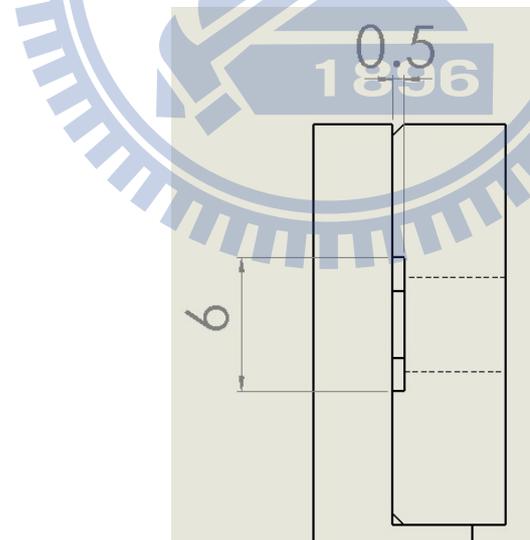
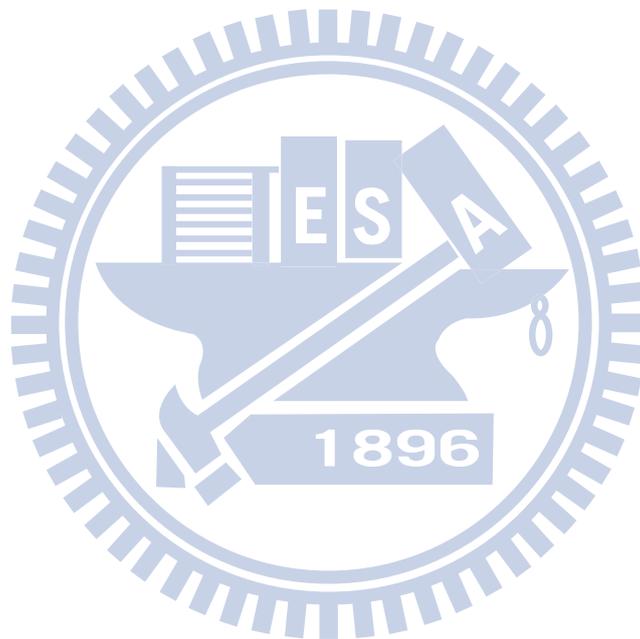


圖 3.8 噴嘴裝置尺寸圖-前視圖

- **實數驗參**

在實驗參數選擇的部份，會有許多總類的搭配組合出現，會導致研究方向太發散，因此本論文在分析前先選定幾個值得研究探討的方案，並且先給予假設預期的結果，待模擬完成後再與預期結果互相比較。

實驗參數的選定是在預期結果的條件下選定，並且給予實驗結果的期望值，以下針對實驗參數的部份做說明。



➤ 單對噴嘴預期結果:

優點:同一噴流方向的氣流不會產生互相干擾。

缺點:由於噴嘴的數量比較少，支撐晶片上浮的面積也相對較少，所以造成晶片應力集中。

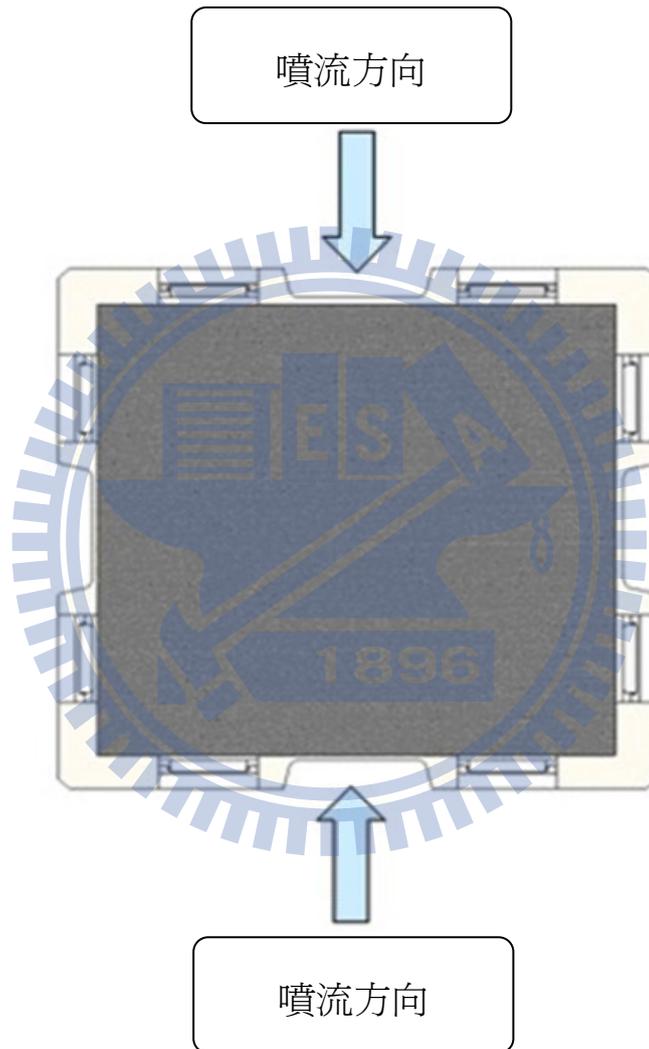


圖 3.9 單對噴嘴上視圖

➤ 雙對噴嘴預期結果:

優點:噴嘴的數量比較多，支撐晶片上浮的面積也相對較大，產生的應力比較小。

缺點:噴流會於矽晶片中心互相撞擊，會產生互相干擾。

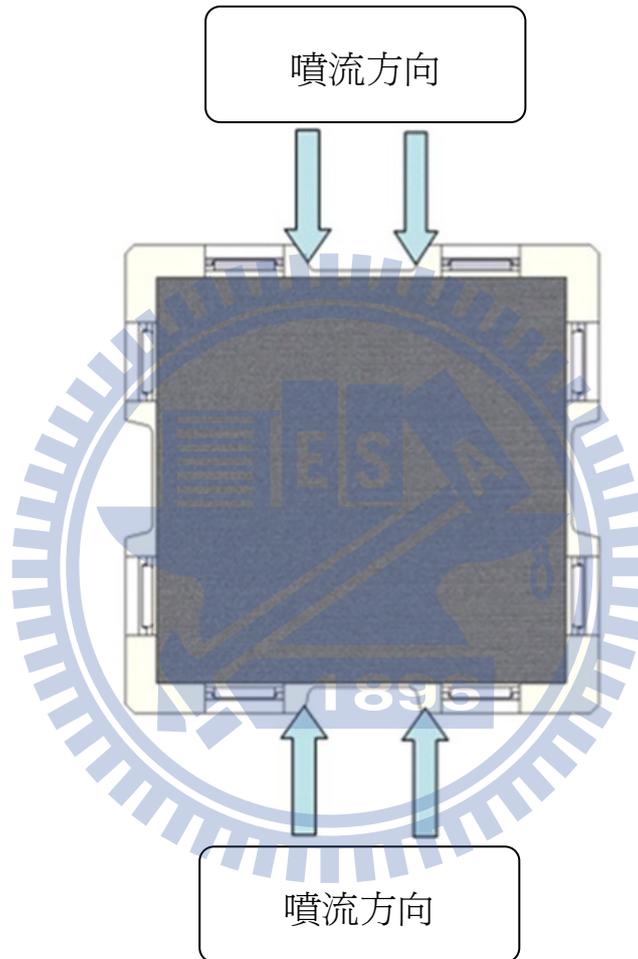


圖 3.10 雙對噴嘴上視圖

➤ 雙對角度噴嘴預期結果:

優點:1.與雙直線噴嘴產生的應力相同，相較於單噴嘴的應力小。

2.噴流產生的應力小於單對噴嘴。

3.同一噴流方向的噴嘴出口夾角，讓氣流不會產生互相干擾。

缺點:氣流撞擊承載裝置支柱位置，造成壓力不均勻。

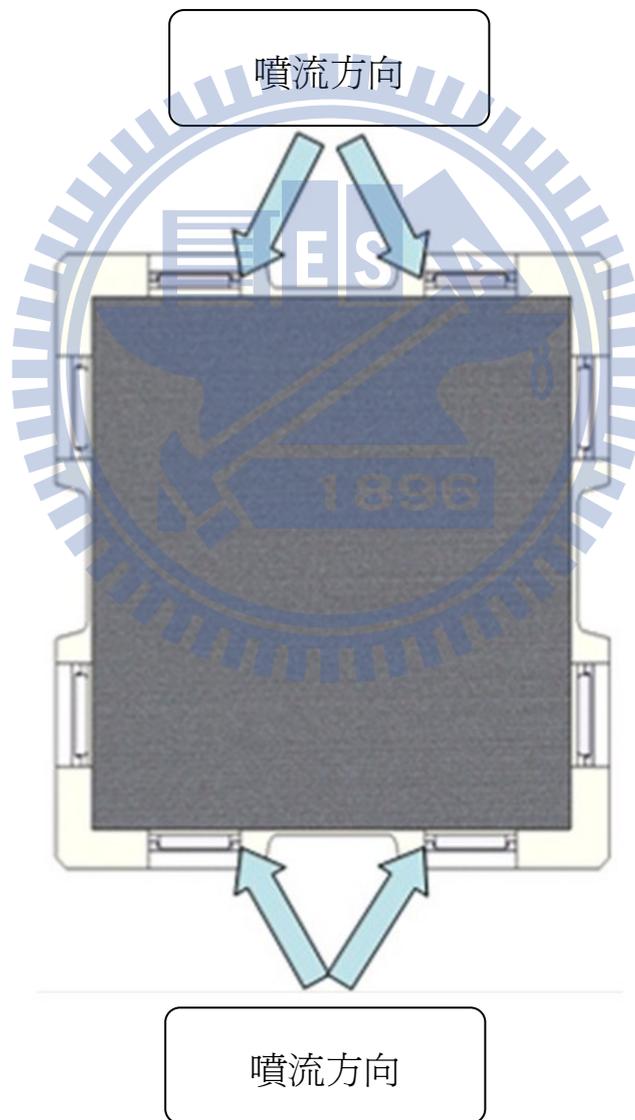


圖 3.11 雙對角度噴嘴上視圖

### 3-3 模型以及網格建立

本研究使用Gambit軟體建立模型特徵以及網格特徵，Gambit 是包含在Fluent之中的套裝軟體，專門為Fluent前置作業所設計的軟體。

此軟體的模型建立與一般的3D建模軟體概念相似，由點、線、面、體積四大主要功能的方式產生模型，另外模型特徵編修主要就是其它次要工具的長出實體以及除料，來讓模型更趨近於實體。(圖3.12)

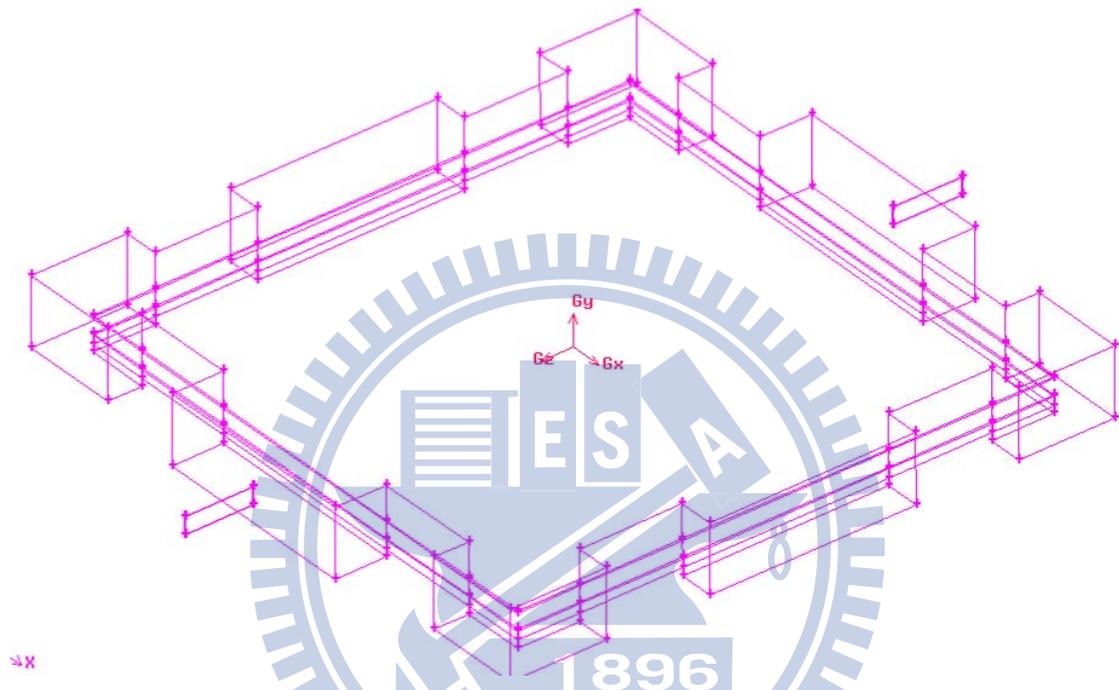


圖 3.12 Gambit 使用介面

若是直接使用體積長出的方式建模，可以提高工作完成的時效性，可以不需要使用點、線、面的方式長出實體模型，因此本研究的建模使用多個體積方塊產生，再將除料的部份使用體積除料指令完

成。在模型建立時應該要簡化模型，聚焦於主要的分析部位，而本研究主要探討的對象是被噴嘴吹離的最上方二片太陽能晶片，因此在建立模型的部份並不需要將整個承載裝置都放到模型中(圖3.13)。

依照實驗參數的規劃，首先建立單噴嘴的模型以及網格。



**圖 3.13 單對噴嘴模型**

網格的建立使用Tex/Hybrid，網格主要由四面體構成，但是可以有彈性的使用六面體、錐形和楔形網格。建立網格完成後，查看網格數量是1,804,004個。(圖3.14)

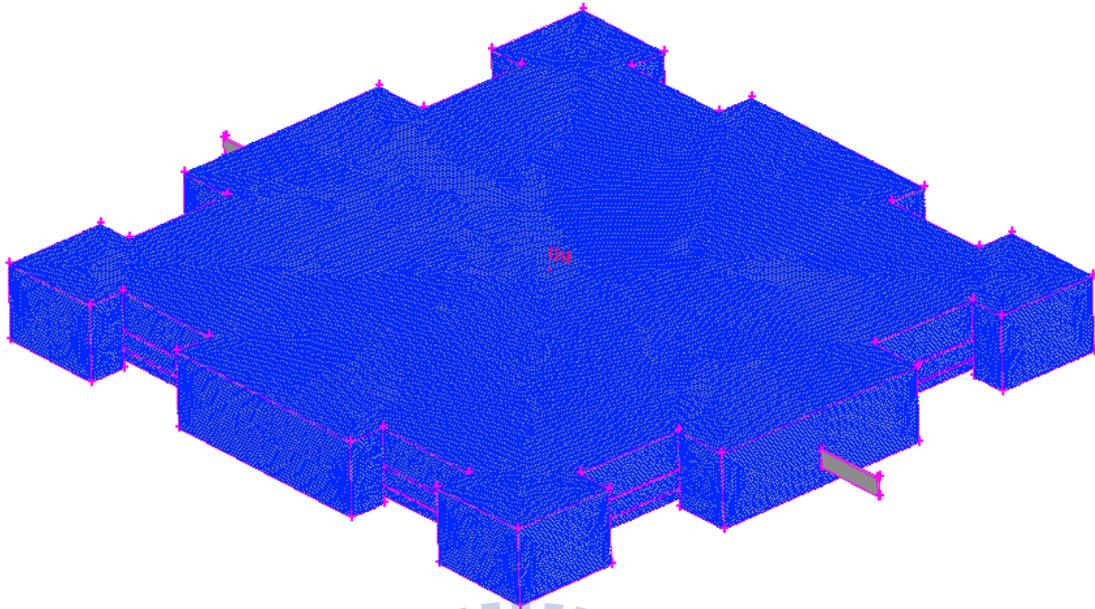


圖 3.14 單對噴嘴網格

#### 邊界條件選定(圖3.15)

- 設定Velocity inlet入口邊界條件:設定入口速度給定計算，使用於不可壓縮流體，若使用於可壓縮流會產生非物理的現象。
- 設定Outflow出口邊界條件:用於模擬無法知道出口的速度以及壓力狀況下，不需要設定出口的參數，此一邊界條件不能用於可壓縮流體的分析。
- 設定Wall固體壁面條件:Wall為Fluent預設的邊界條件，只需設定完成出、入口條件後，其餘的壁面皆為Wall邊界條件。

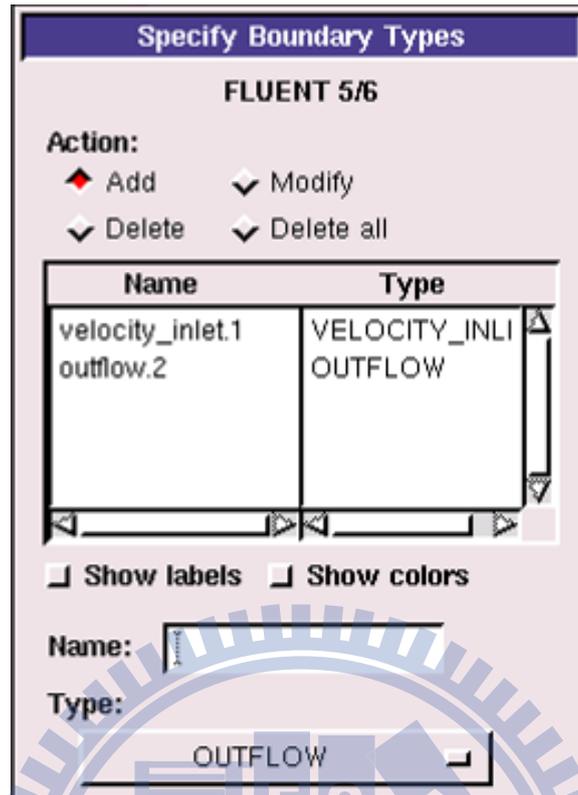


圖 3.15 邊界條件操作介面

### 3-4 FLUENT軟體模擬

#### 精度等級設定

開啓檔案之前，必須先要確定使用哪一種精度等級做模擬，3D的模擬可以選擇3d單精度以及3dd雙精度，精度愈高模擬結果愈精確，但是模擬的時間也會比較長，本論文研究需要的精度爲中等精度，使用3d單精度模擬可以滿足需求。(圖3.16)

#### 網格體積檢查

網格文件開啓載入軟體後必須要先檢查網格，檢查訊息如圖所示(圖3.17)，必須注意的是網格最小體積一定要大於零。

#### 網格面位置檢查

網格面位置可以使用顏色的差異目測檢查，檢查建立邊界條件時，是否有遺漏或是加選的網格面，本研究必須檢查三個網格面，也就是Velocity inlet(圖3.18)、Outflow(圖3.19)、Wall(圖3.20)。



圖 3.16 精度等級選擇操作畫面

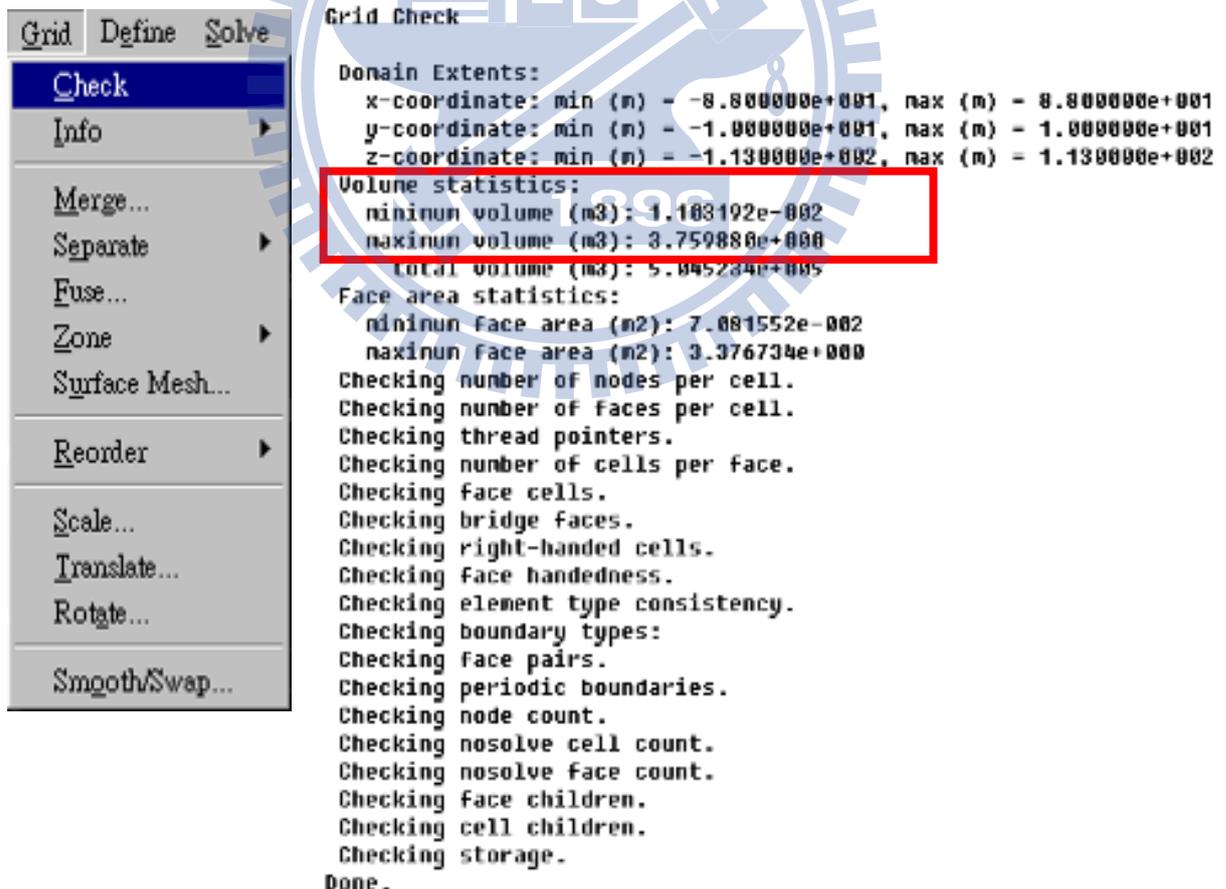


圖 3.17 網格體積檢查



圖 3.18 Velocity inlet 網格位置檢查



圖 3.19 Outflow 網格位置檢查

圖 3.20 Wall 網格位置檢查

### 3-4-1 流場模擬結果

將研究預先規劃好的條件開始進行模擬，首先對模型的流場數學式進行運算，若是設定疊代次數不足，運算的條件仍然處於未穩定狀態，必須要增加疊代次數到可視化圖形為穩定平行之曲線，即可對模

擬結果開始判別優劣。(圖3.21,圖3.24,圖3.27,圖3.30)

由等角視圖可看出，紊流最大的位置集中在噴嘴與矽晶片交會位置，流體在此位置碰觸到細薄狀的矽晶片，氣體在此處一分為二，此位置是造成矽晶片產生加速度的最大原因。(圖3.22,圖3.25,圖3.28,圖3.31)。

若是分析等角視圖所呈現之流場狀態可發現，使用雙噴流55度之模擬結果，氣流脫離噴嘴後，有部分撞擊到矽晶片周圍之檔塊，因此造成空氣動能的消耗，另一方面就是產生更大的紊流，若是互相比對雙噴流65度之結果，則無發生此現象。(圖3.29,圖3.32)。

若要針對矽晶片的噴流分離之穩定狀態做探討，必須對此位置加以分析數據，因此，必須將此位置的紊流強度加以量化並且比對，紊流強度是依照流體慣性力除以黏性力之比值換算為百分比，若是慣性力大於黏性力，紊流強度百分比就會比較高。(圖3.23,圖3.26, 圖3.29, 圖3.32)。

● 單對噴嘴模擬

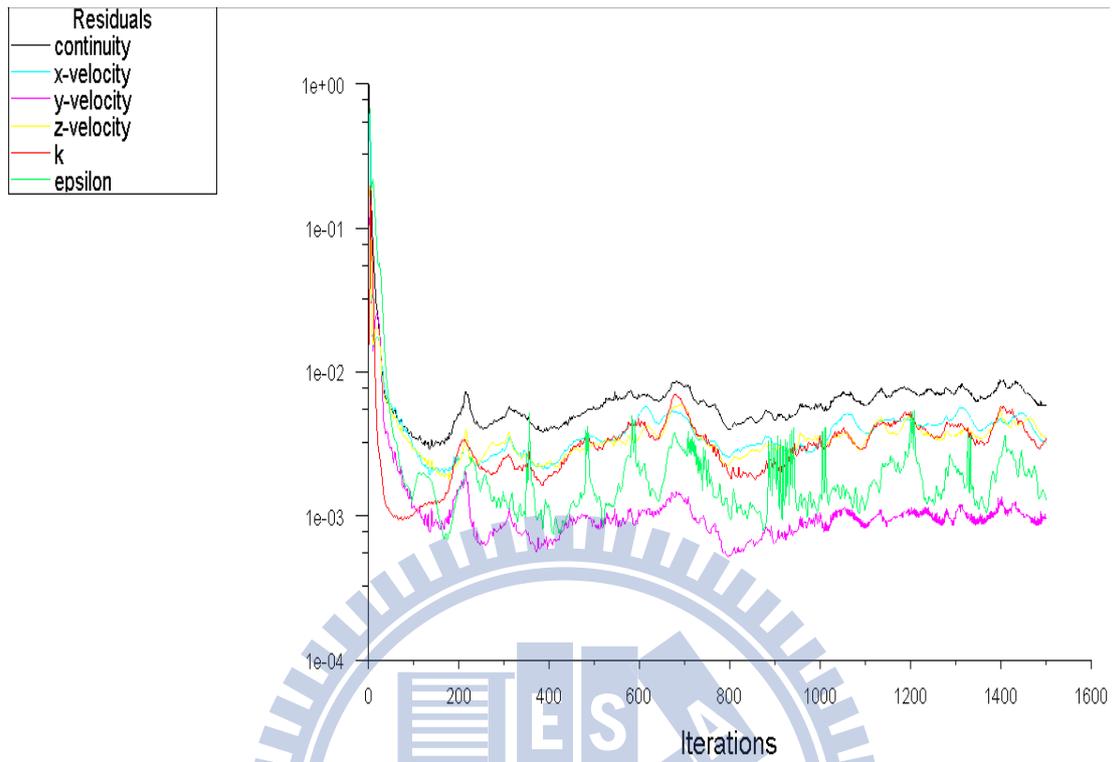


圖 3.21 單對噴嘴疊代圖

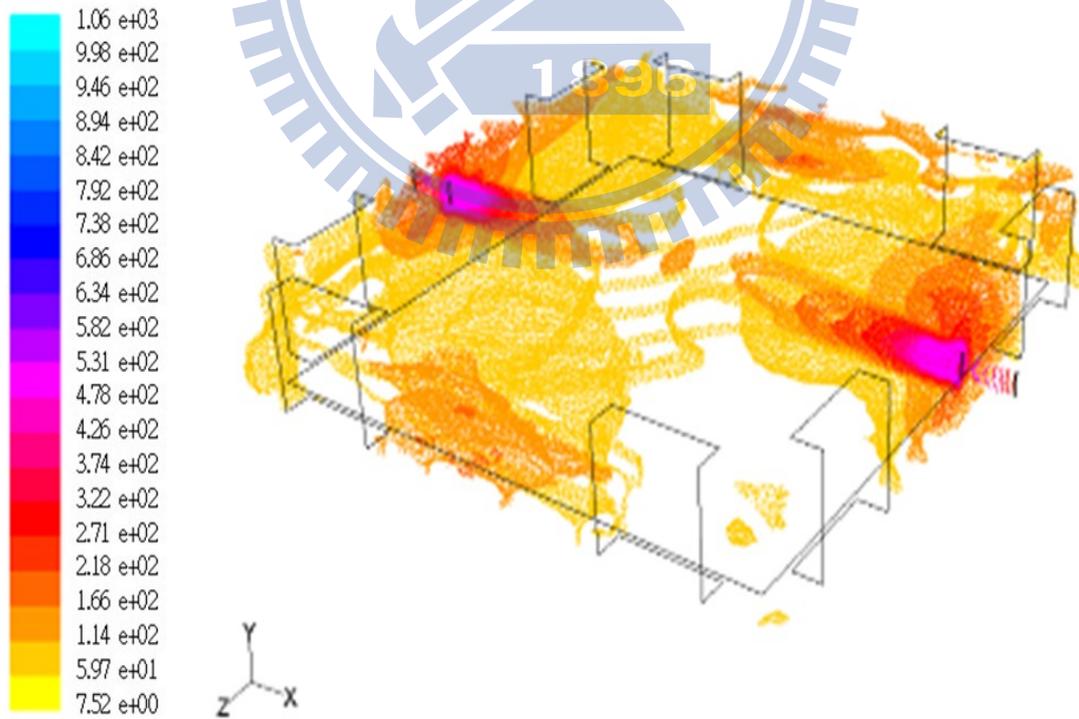


圖 3.22 單對噴嘴紊流強度等角視圖

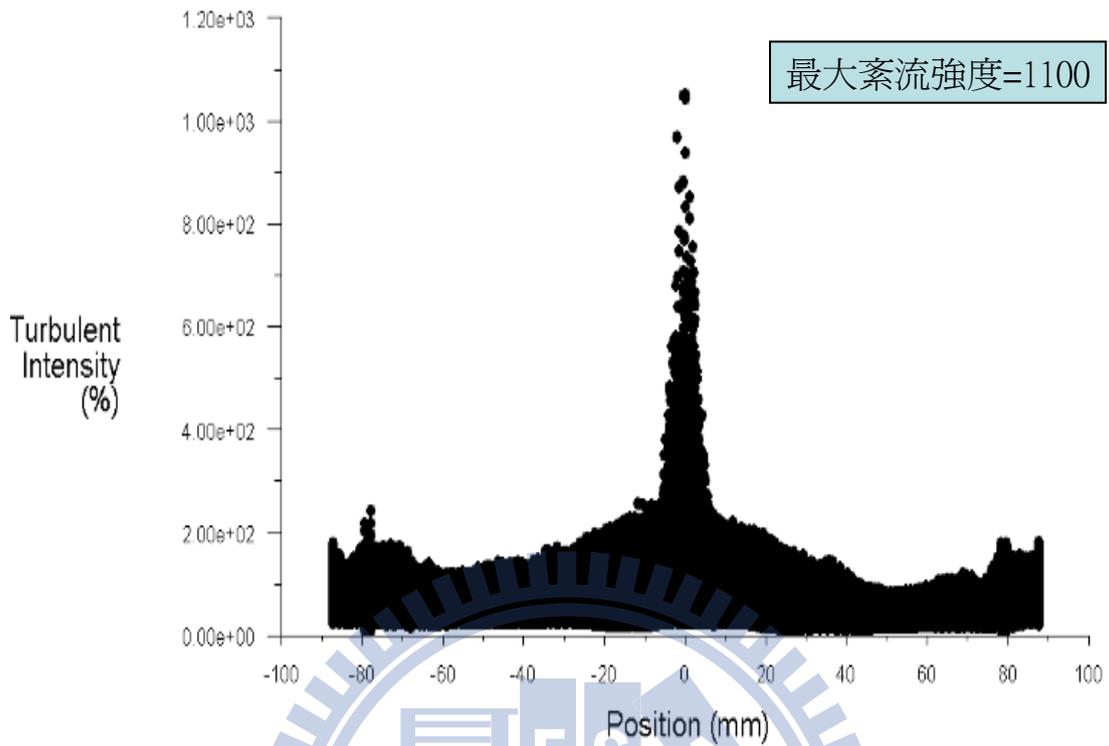


圖 3.23 單對噴嘴紊流強度與位置關係圖

● 雙對噴嘴模擬

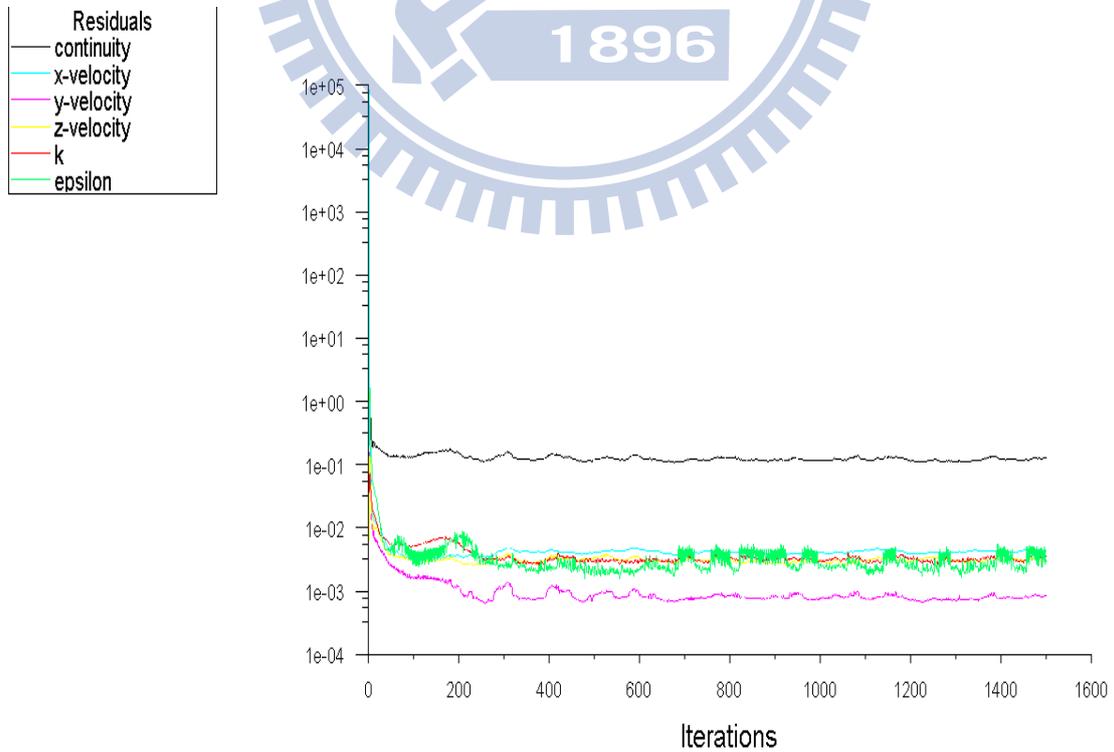


圖 3.24 雙對噴嘴疊代圖

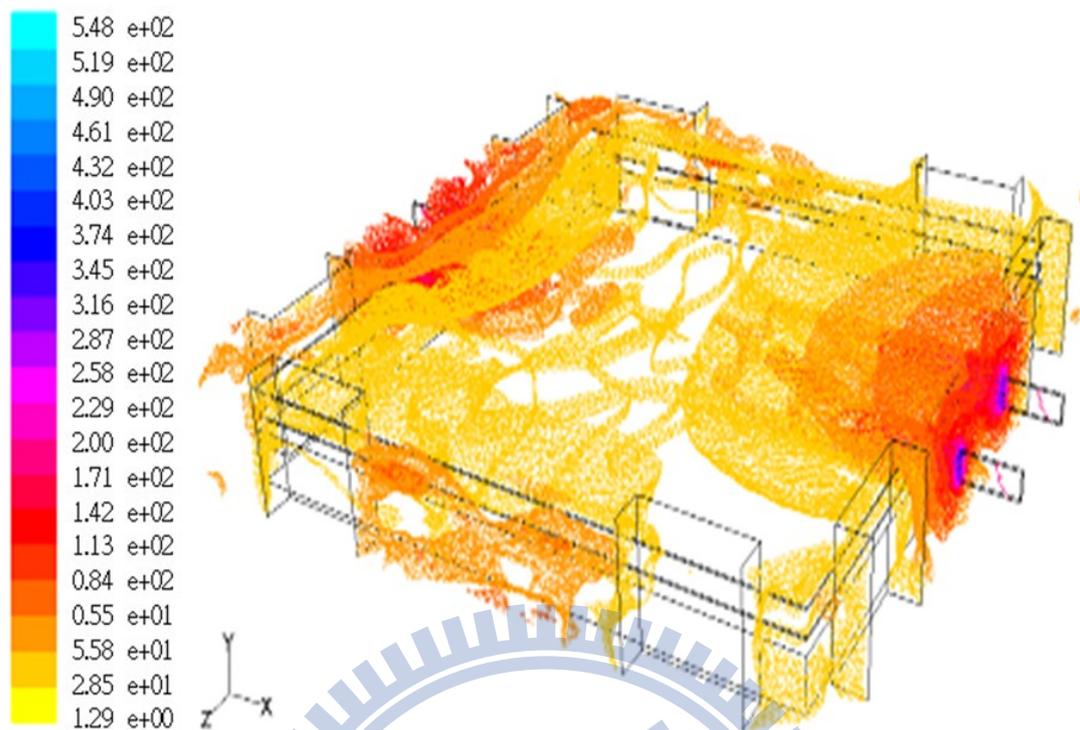


圖 3.25 雙對噴嘴紊流強度等角視圖

• default-interior  
 • velocity inlet.1

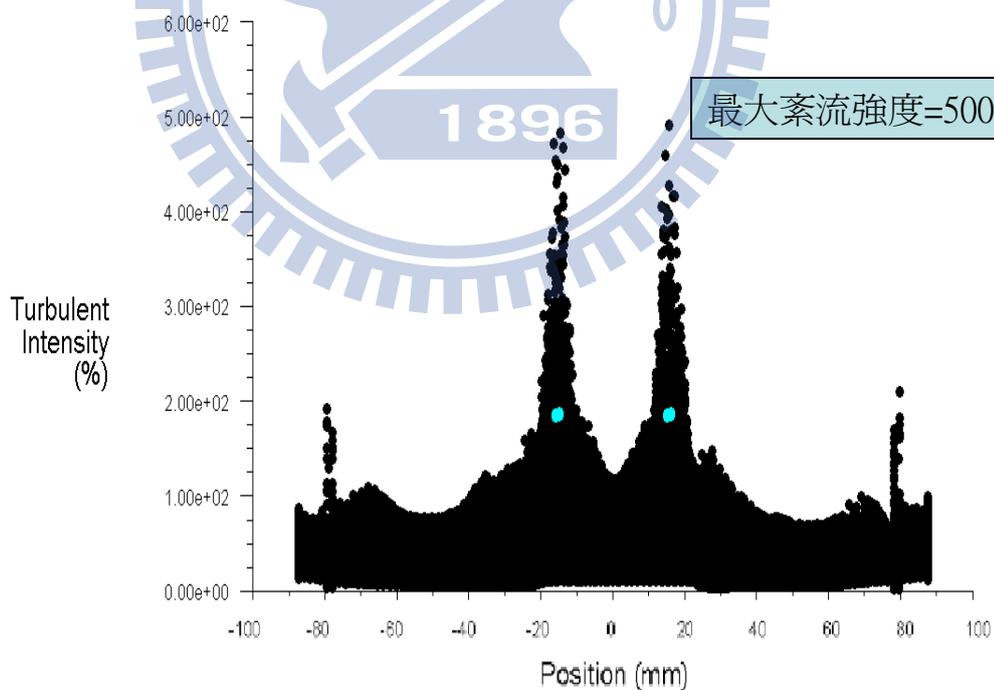


圖 3.26 雙對噴嘴紊流強度與位置關係圖

● 雙對55度噴嘴模擬

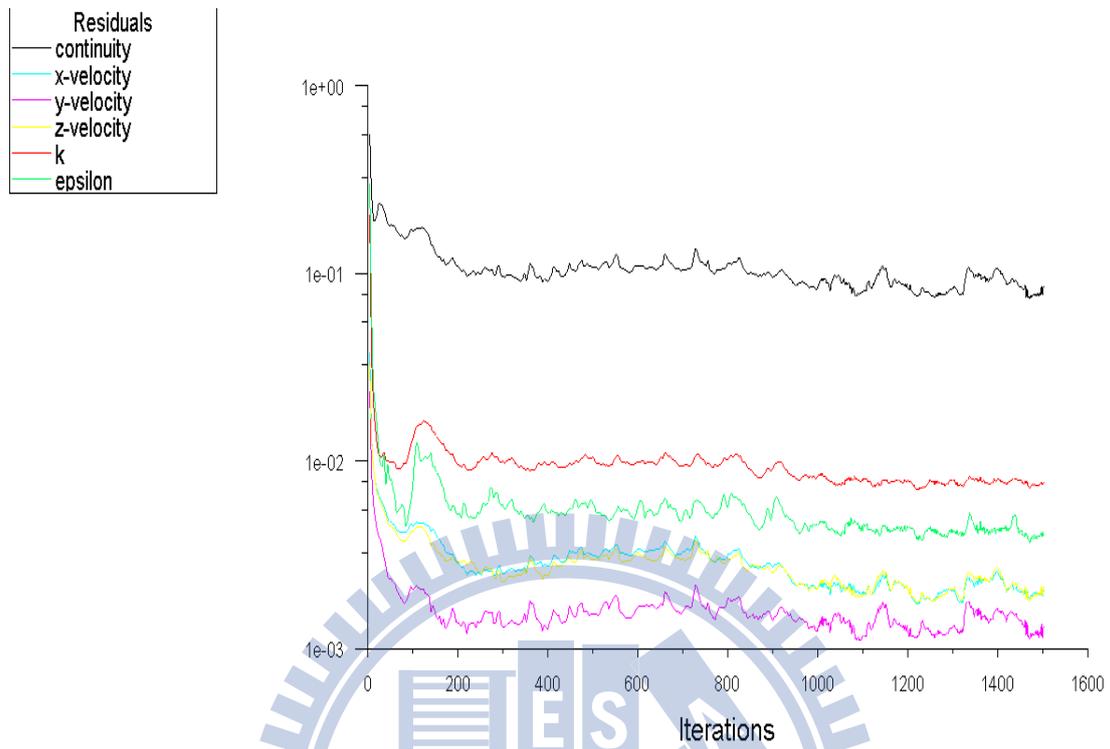


圖 3.27 雙對 55 度噴嘴疊代圖

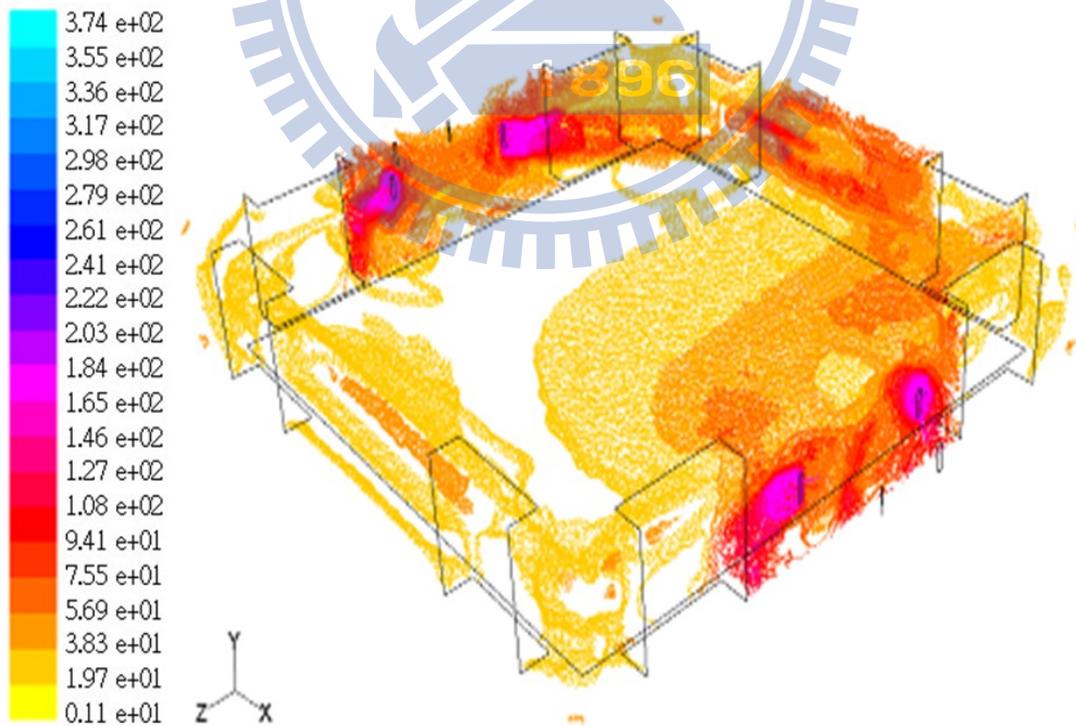


圖 3.28 雙對 55 度噴嘴紊流強度等角視圖

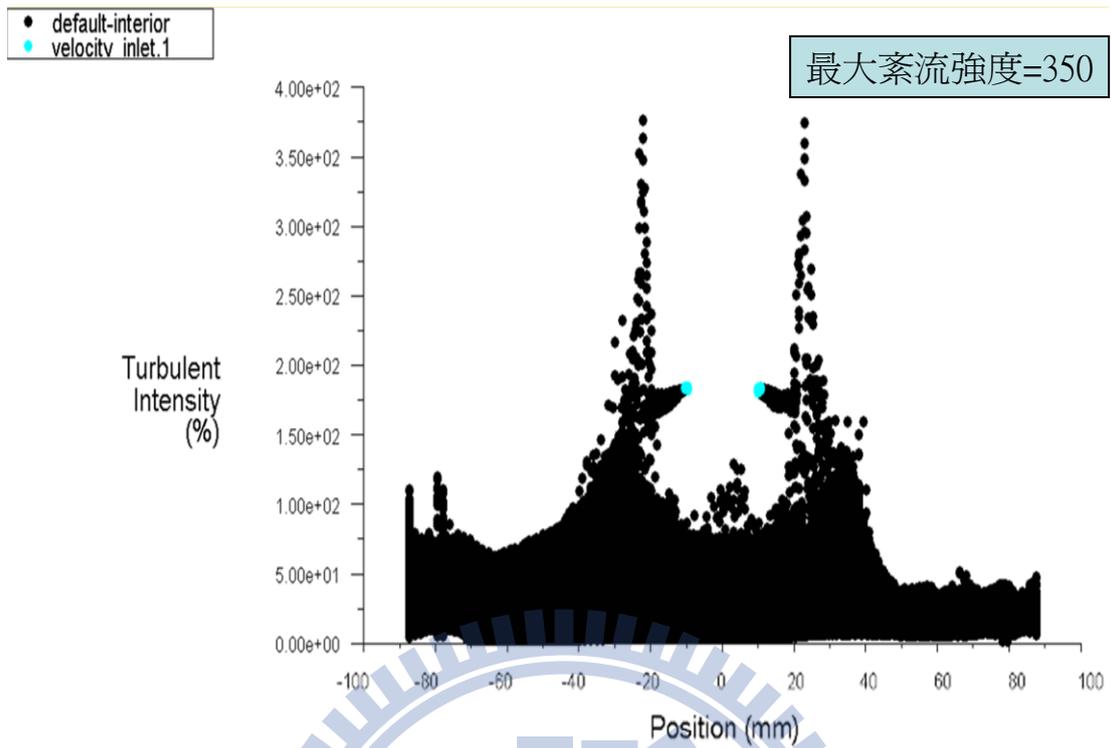


圖 3.29 雙對 55 度紊流強度與位置關係圖

● 雙對65度噴嘴模擬

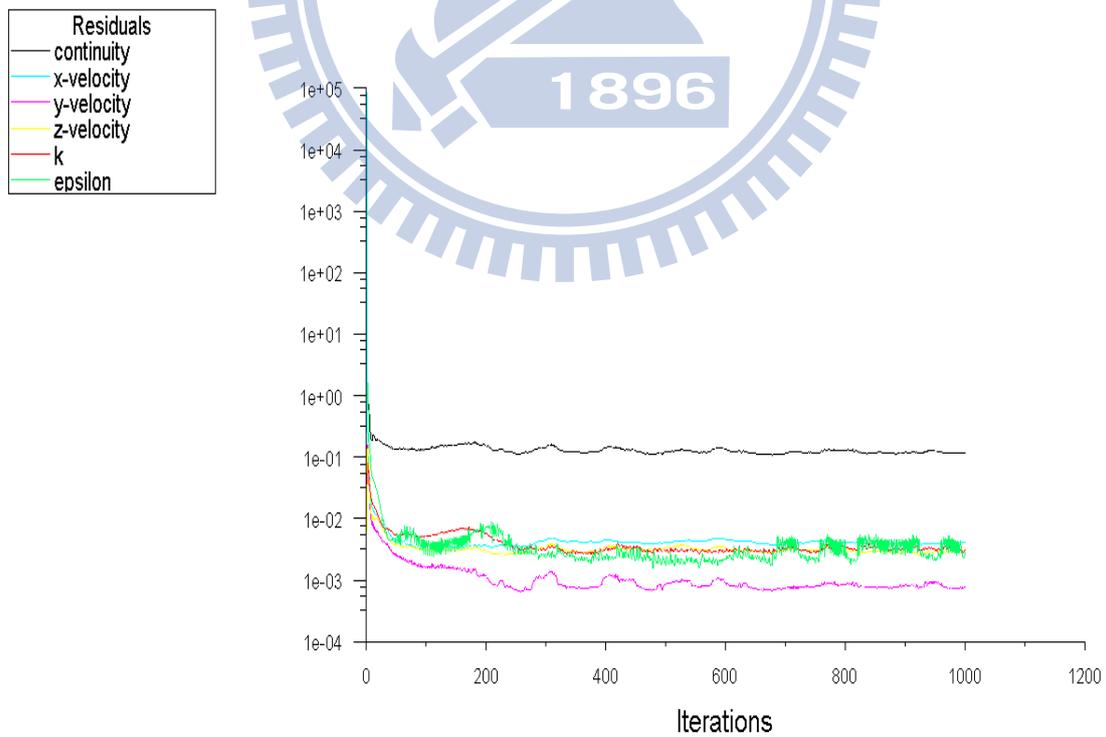


圖 3.30 雙對 65 度噴嘴疊代圖

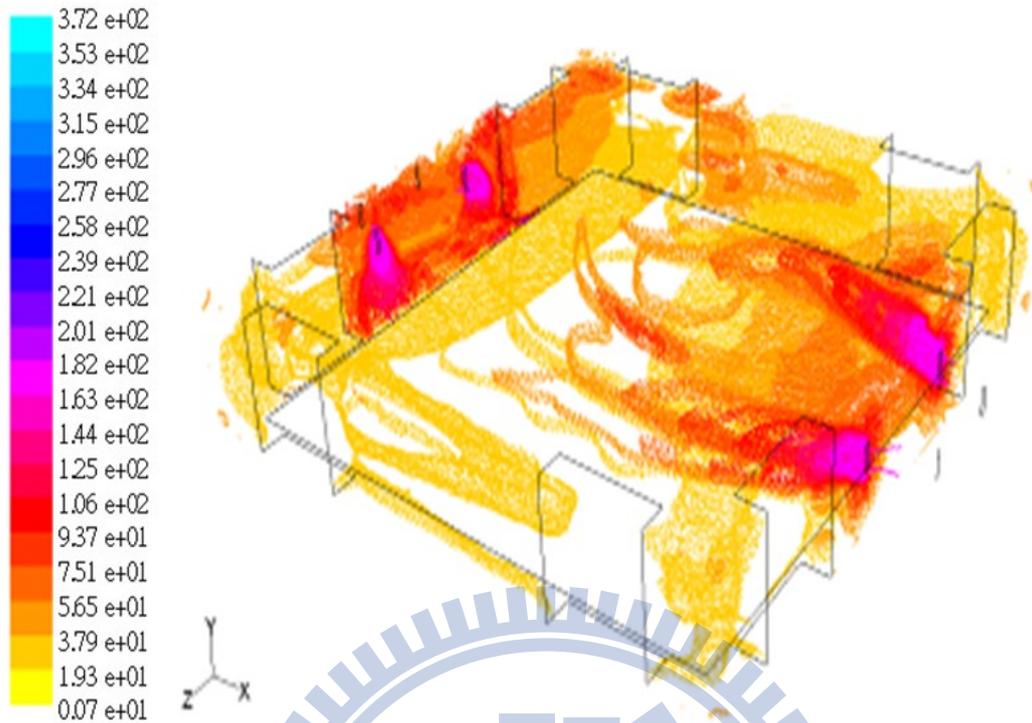


圖 3.31 雙對 65 度噴嘴紊流強度等角視圖

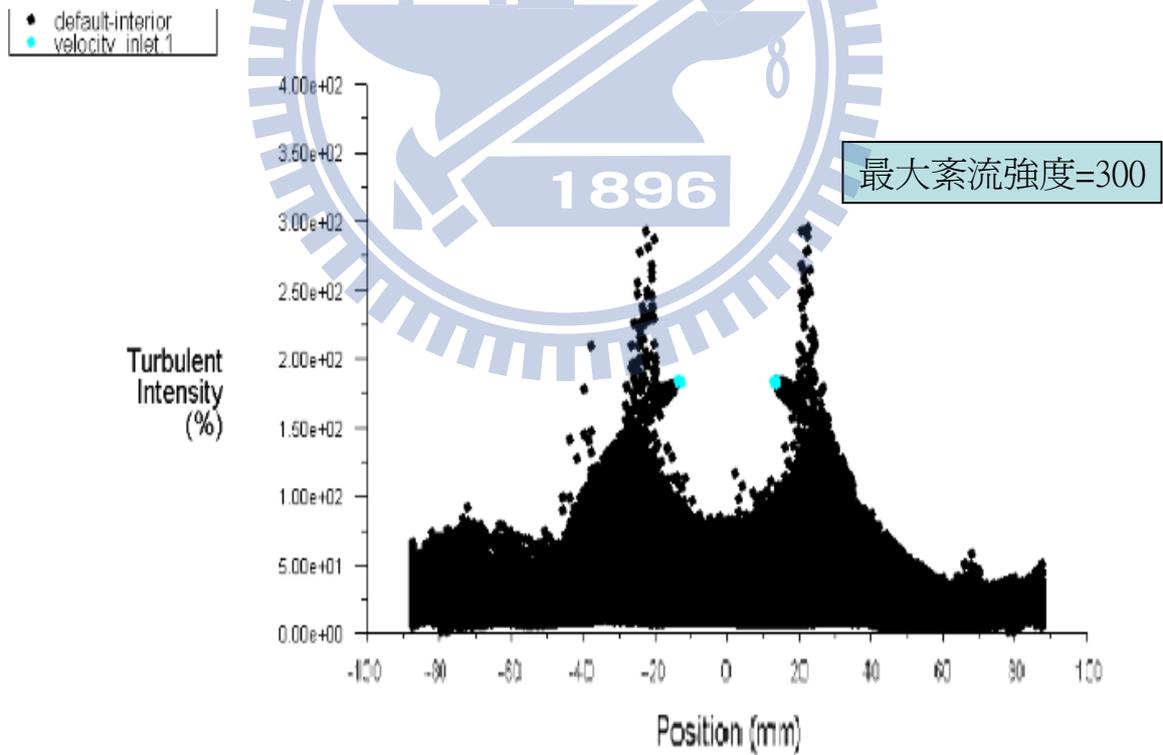


圖 3.32 雙對 65 度紊流強度與位置關係圖

### 3-5 實驗方法與過程

矽晶片於堆疊狀態時，因材料的平整度佳，加上材料重量以及長時間的推疊，造成彼此之間低於外界之大氣壓力，因此將矽晶片互相吸附，使用噴流分離過程中，必須要克服此負壓，才能將矽晶片分離，但在初始分離時，矽晶片將產生整個過程中最大的變形量，若是矽晶片原先有部分的缺陷，將會有破裂的情況產生，但有部分缺陷的矽晶片，若是堪用的情況下，仍然不允許破片的狀況發生，因此必須將吹離的狀態加以研究，讓吹離矽晶片的動作可以達到更佳的状态。

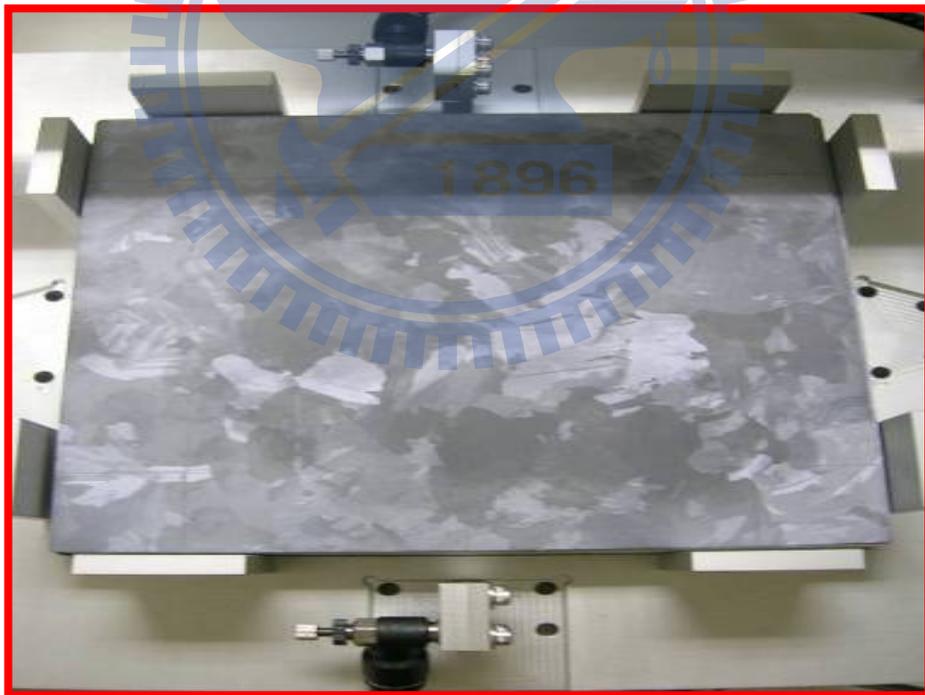


圖3.33 單對噴嘴實驗照片

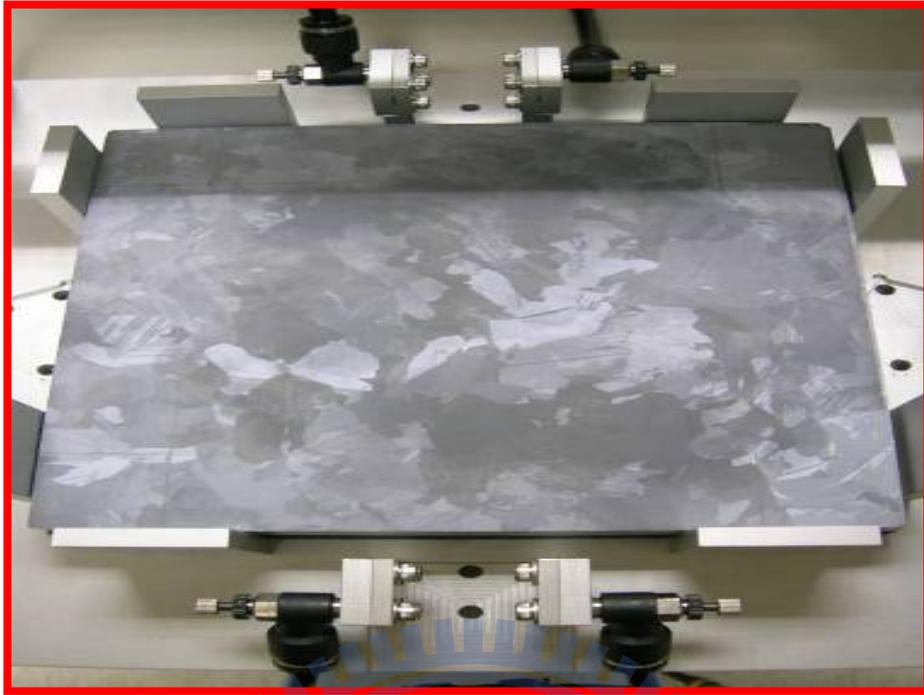


圖 3.34 雙對噴嘴實驗照片

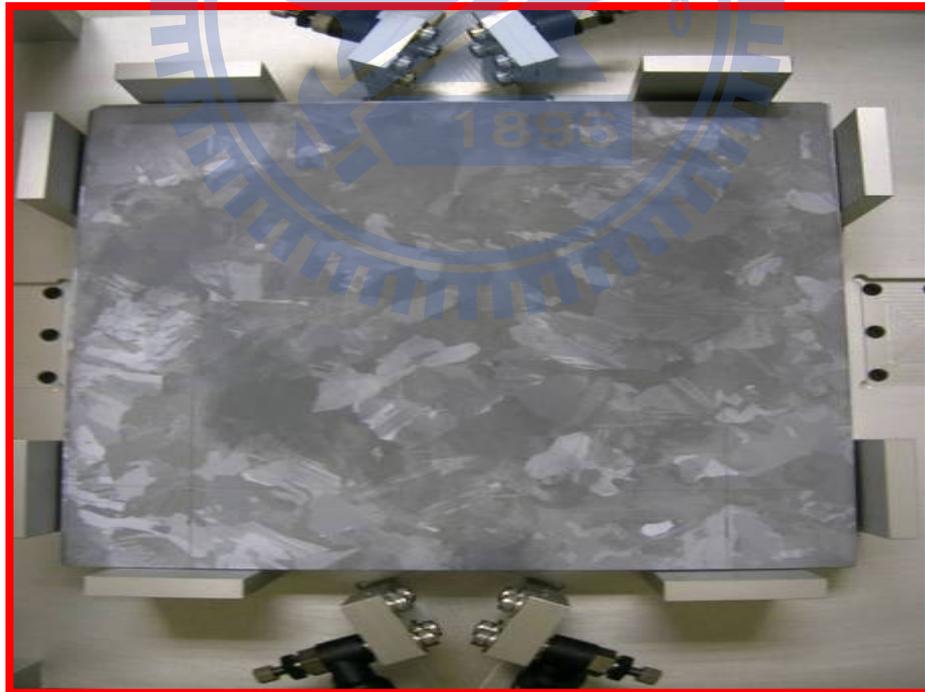


圖 3.35 雙對角度噴嘴實驗照片

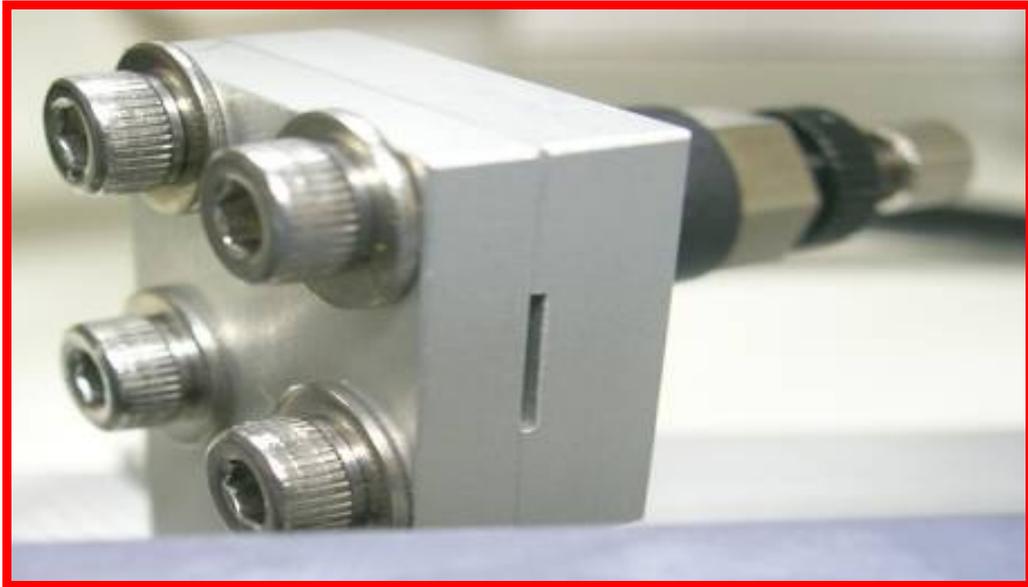


圖 3.36 噴嘴實物照片

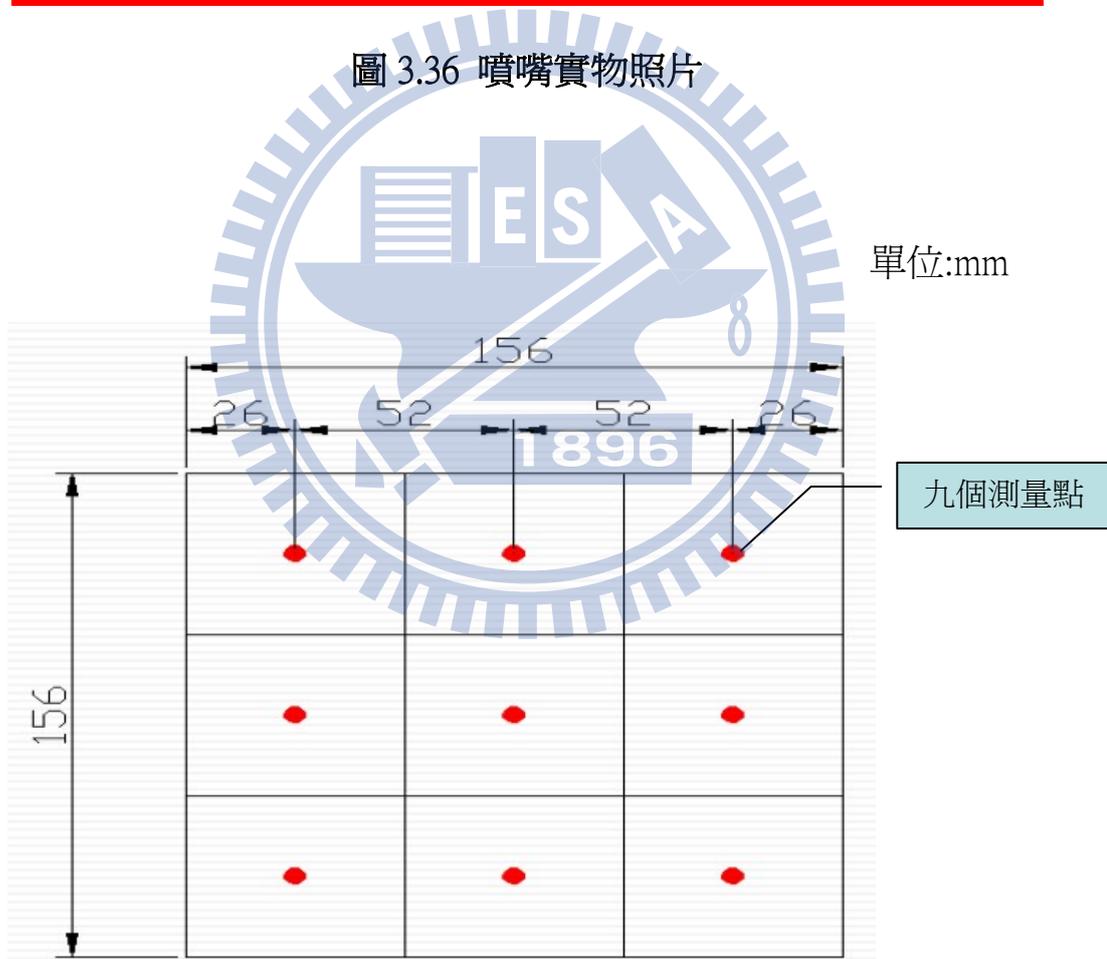


圖 3.37 矽晶片劃分九等分位置

### 3-5-1 變形量研究

關於矽晶片的變形量研究，使用三個感測器分別測量矽晶片的位置，首先將矽晶片劃分成九個位置(圖3.38)，並以三點測量的方式於噴嘴啓動同一時間測量形狀的變化，並將其差值計算得出變型量。

因矽晶片分離時，位置不斷的移動變化，在不影響測量準確性為前提之下，必須使用非接觸式的測量儀器，本實驗使用日本廠牌Keyence出產的工業用光電感測器，測定原理是當目標物位置變化時，在光學感測元件的受光位置改變，可因此測定物體的移動量(圖3.39)

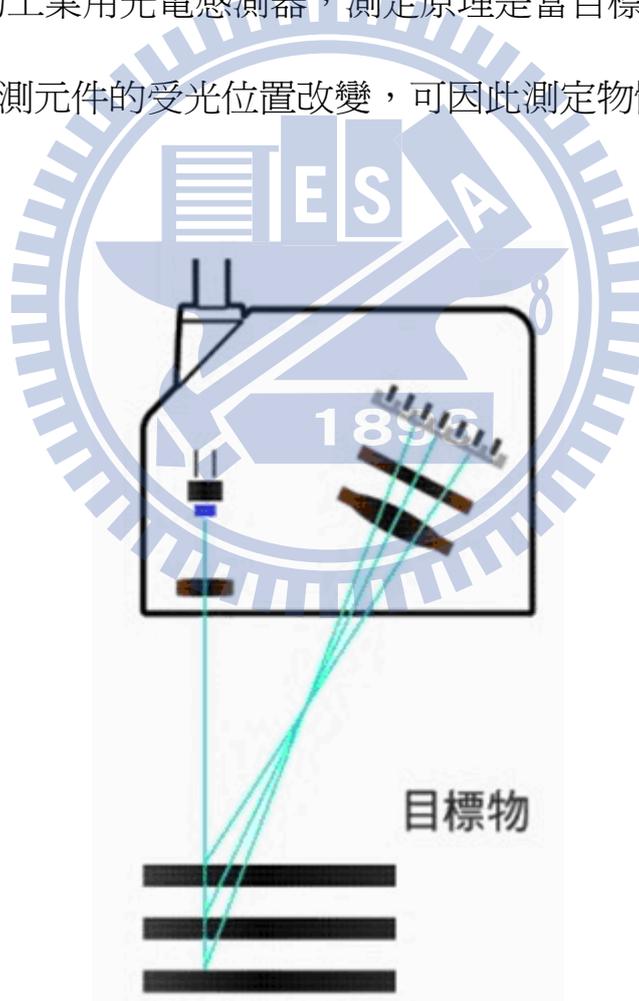


圖 3.38 非接觸式感測器原理示意圖

為了有效讀取變形量，感測器的讀取速度必須要能及時反應矽晶

片之變形量，本實驗使用 33ms 讀取速度測量，測定精度選用  $1\ \mu\text{m}$  等級，測定距離為 30mm(表 3.1)。

表 3.2 感測器規格

廠牌	型號	測量距離	重複精度	取樣速度
Kerence	IL-S025	30mm	$1\ \mu\text{m}$	33ms

矽晶片於氣浮的過程中，並非平行等高的上昇，會是以傾斜的狀態升高，因此必須要將三點位置的差距計算，才能得知變形量數值，計算方式如下：

$$(B+C)/2=D \quad (3)$$

$$A-D=\text{變形量} \quad (4)$$

上式先求得D點位置(3)，在將D點的位置與A點的位置相減(4)，可計算出當時矽晶片變形量。

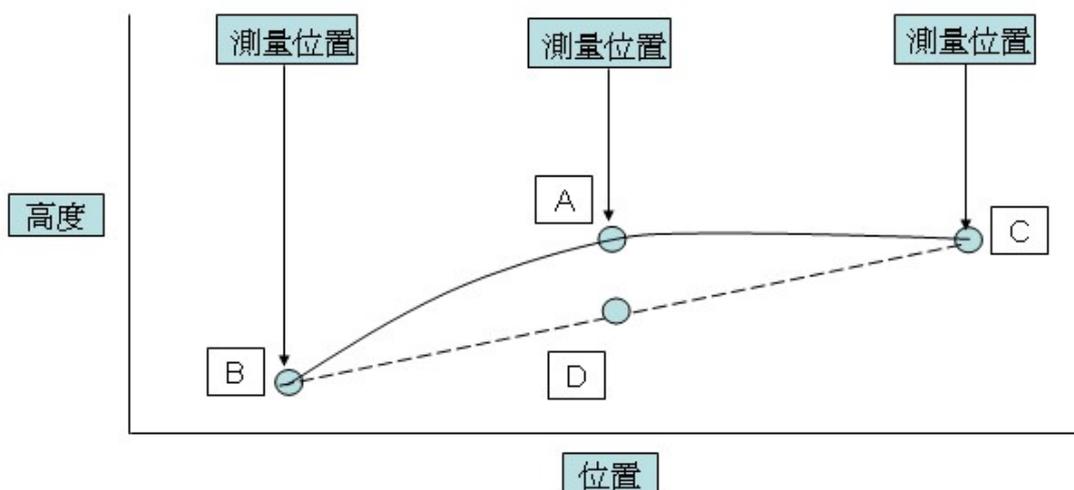


圖 3.39 高度與變形量計算方式圖示

若要能同一時間測量矽晶片於同一時間之變形，必須使用九個光電感測器，因目前器材只有三個感測器，因此必須要分段作實驗紀錄，將測量的次數分為六次，每壹次測量三個點位置。

單位:mm

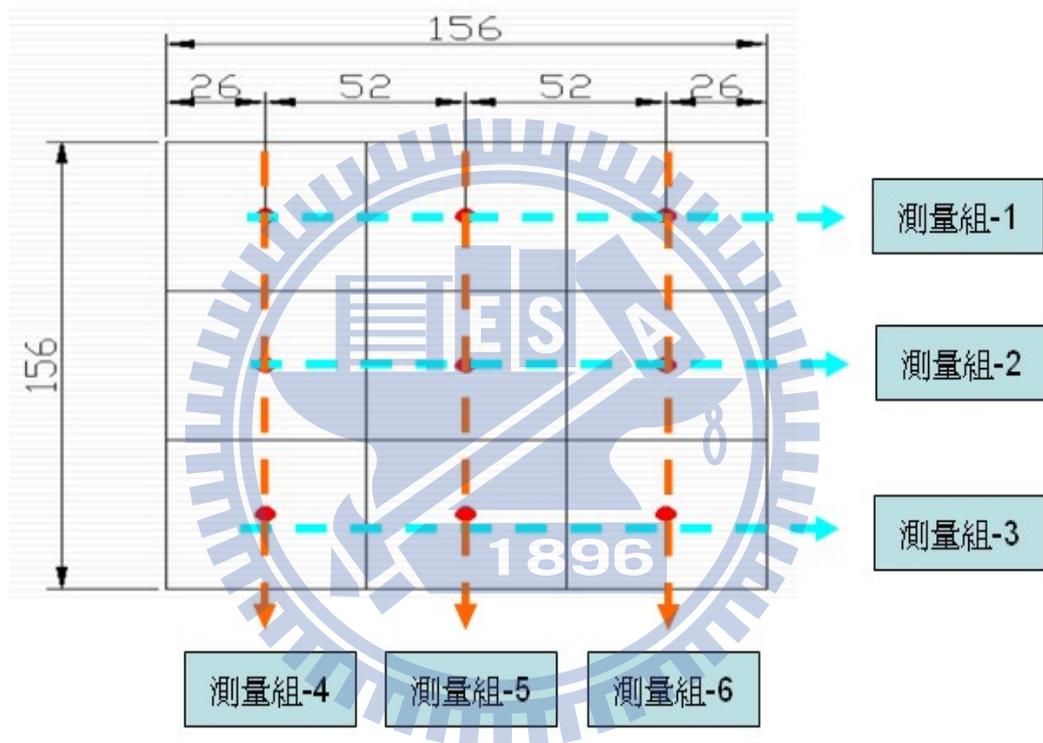


圖 3.40 測量組別說明

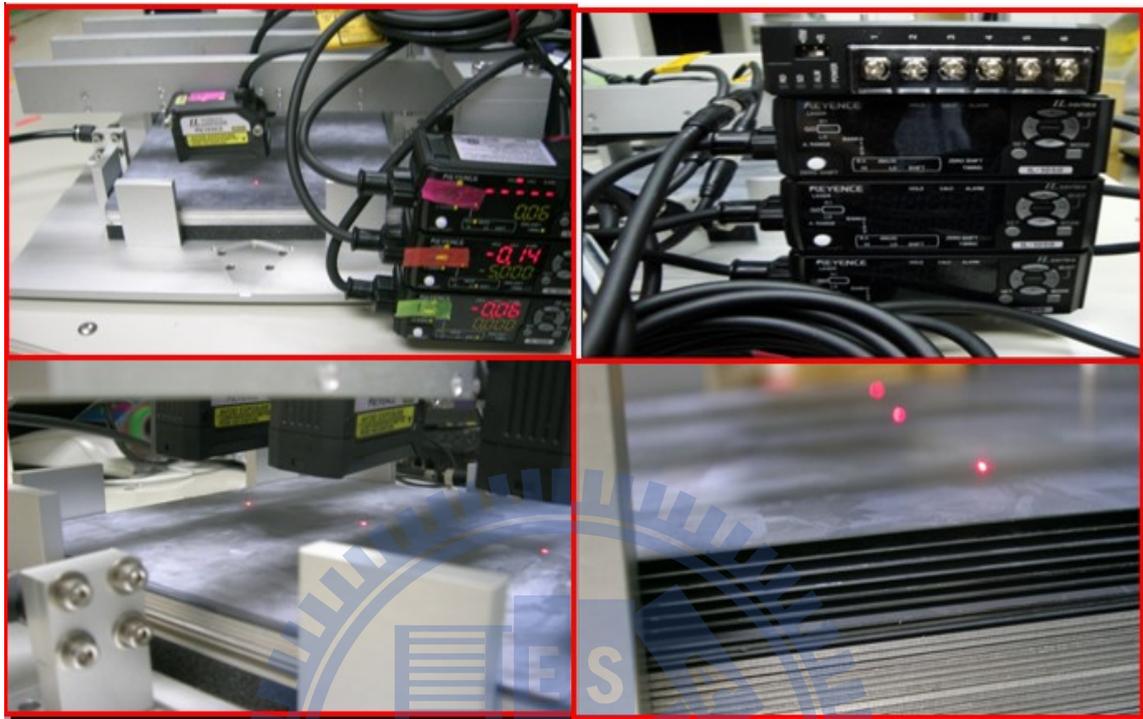


圖 3.41 實驗過程照片-1

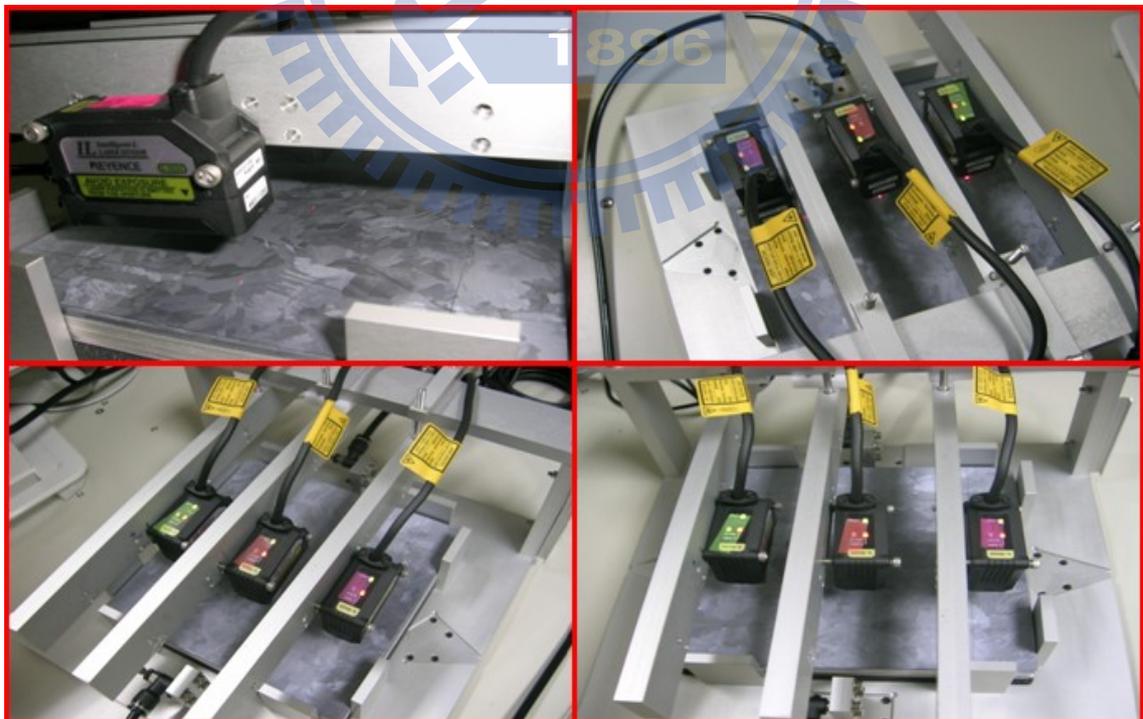


圖 3.42 實驗過程照片-2

### 3-5-2 加速度的研究

矽晶片使用氣體噴嘴分離後，到達穩定氣浮狀態時，必須等待機器手臂取走產品，一般應該要照正常的生產過程在一定時間內取走，但若是下遊設備因故停止時，矽晶片仍然以氣浮的狀態等待取片，而在氣浮穩態時，矽晶片會因為氣流而產生高頻的振動，本章節的實驗乃是針對噴流對矽晶片振動產生加速度的影響加以研究探討，因此必須用測量儀器讀取矽晶片表面的振動值。

本加速度實驗使用日本製造Keyence高頻位移感測器，測定原理是當矽晶片位置變化時，在光學感測元件的受光位置改變，可因此測定物體的移動量，感測器的最高頻率為400KHZ，檢測距離為30mm，足以應付本實驗的需求。

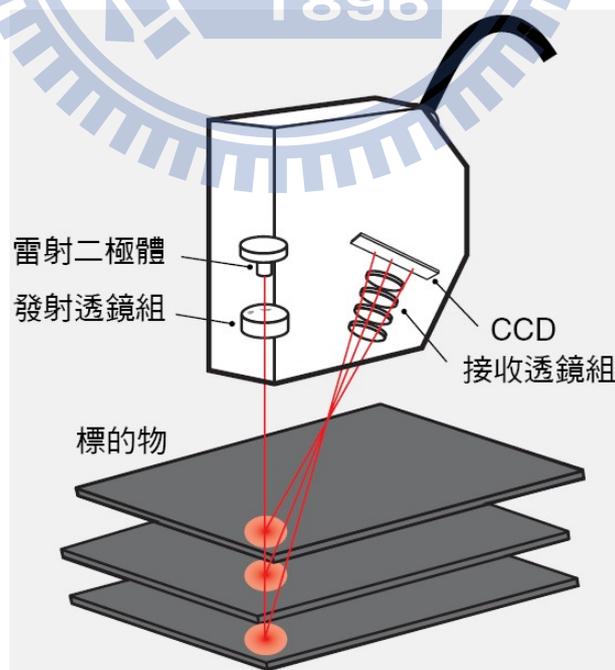


圖3.43 感測器使用原理

此感測器還必須搭配專用控制器以配合高速的量測以及監控感測器本體之狀態，另外，感測器本身之性能的調整必須由個人電腦設定，因此必須要安裝軟體，才可以進行的測量。

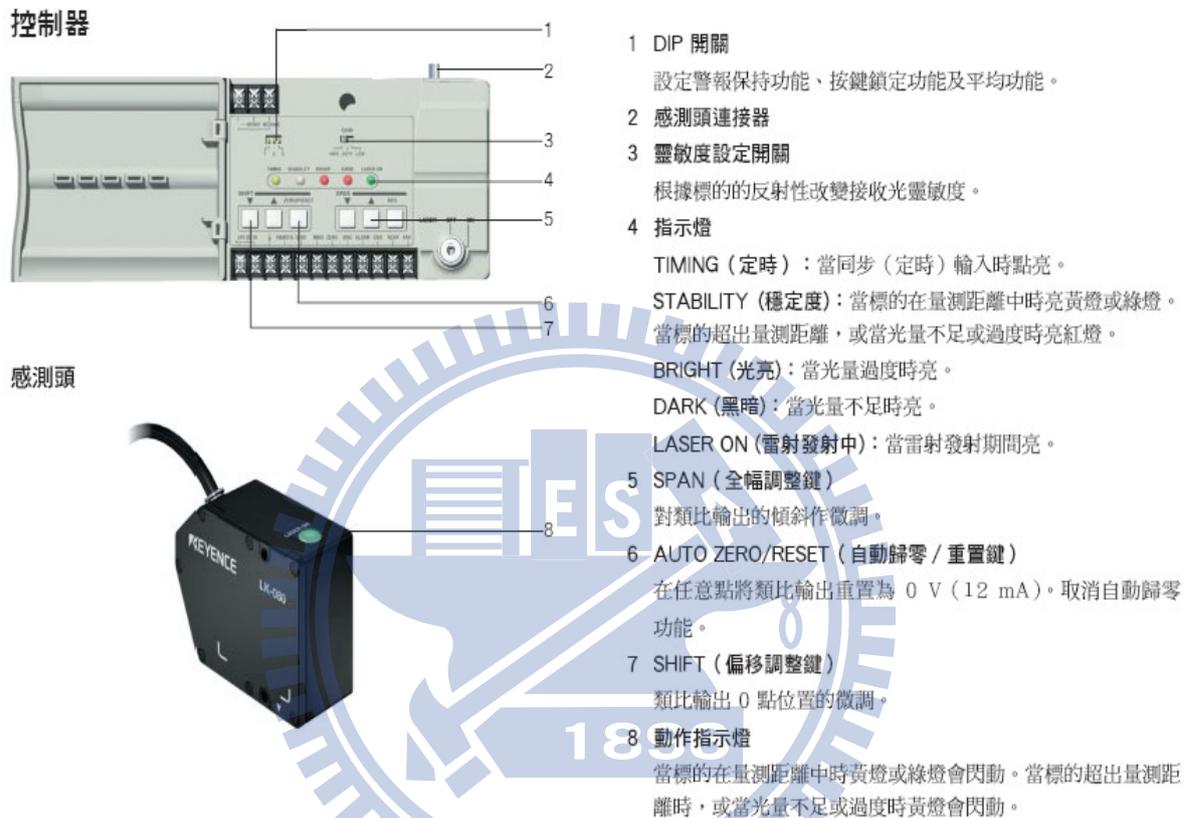


圖3.44 感測器部位功能明

此感測器可高速讀取，但本實驗使用速度為5ms，等於是200HZ之速度。(表3.2)

表 3.2 加速度感測器規格

廠牌	型號	測量距離	重複精度	取樣速度
Kerence	LK-030	30mm	1 $\mu$ m	5ms



圖3.45 加速度實驗過程照片

### 3-5-3 多晶矽材料試驗

本論文研究探討的對象為多晶矽材料，因此對材料的破壞應力特性做測試，試驗方法使用三點量測方式得知材料之特性。

試驗材料之特性的方式，使用三點測量法，將材料置放於兩個固定架上，並將壓力施加於材料之中心位置，在中心位置測量下降高度，同時紀錄壓力棒的讀值變化，於每增加50g重量時記錄當下的壓力以及位移的變化，一直到材料破裂為止。(圖3.47)

壓力測試元件使用的是日本OHBASIKI機械式推力計，此推力計可做推力以及拉力的測試，在本實驗則是使用推力部份之功能。(圖3.4，表3.2)

在試驗材料尺寸的部份，使用原有矽晶片之材料進行測試，也就是156mm x 156mm x 0.2mm的外觀尺寸。

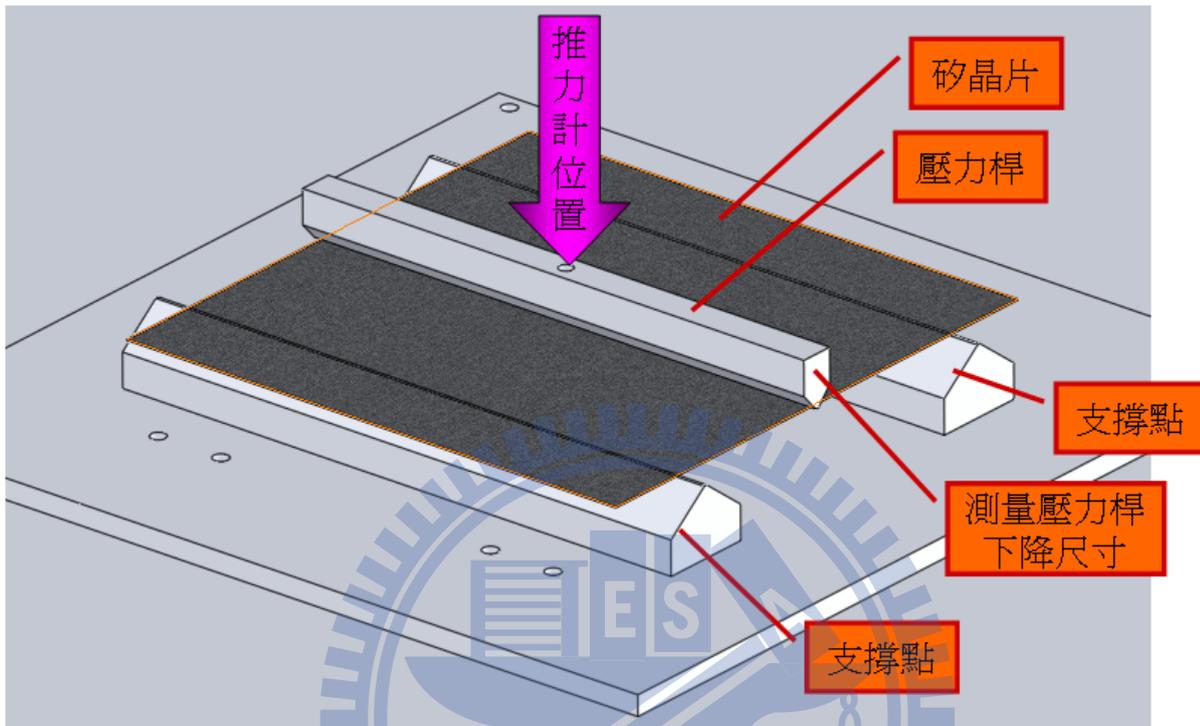


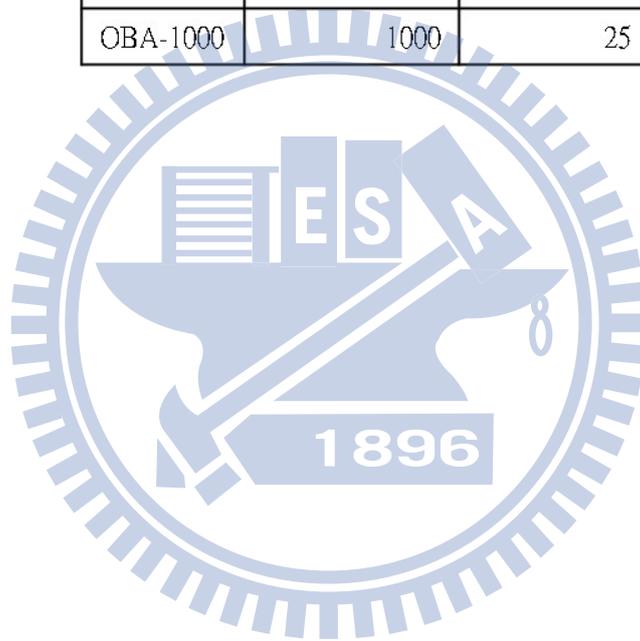
圖3.46 材料試驗說明圖



圖3.47 推力計照片

表 3.2 推力計規格表

型號	最大測定值(g)	單位讀值(g)
OBA-1000	1000	25



## 第四章 實驗結果與討論

### 4-1 變形量結果討論

若以參考本論文使用噴嘴之方式做應用，在不改變噴嘴距離以及角度的前提下，會影響矽晶片破裂的會是在厚度的尺寸，因此，若需要使用薄化的矽晶片，必須考量使用氣浮之變形量，本實驗將數據以圖示化方式表示，將該位置的變形量數值標示出來。若是只有參考變形量的問題，從實驗數據可以發現，流量、壓力與變形量成正比，但噴嘴的形式產生的變形量卻有另一方面的影響，因為同樣的流體壓力以及流量，在使用不同的噴嘴形式，將會有不一樣的變形量產生，這可使用流體產生應力的大小來思考。

關於矽晶片變型量的研究，將實驗分別做以下的說明：

將每壹形式的實驗做三次的測量以避免單次的誤差，因此所得數據再以平均值計算其差值，而變形的方向以矽晶片中間位置為基準，做正負號的區分，因此在計算上，必須使用最大值減最小值的即可取的該次測量的最大變型量，而數值的計算使用以下的方式：

$$A: \text{測量三次之(最大值平均)} - (\text{最小值平均}) \quad (5)$$

上式將測量三次的最大峰值平均在減掉最小值的峰值平均，最小值通常為負的數值。

$$B: \text{測量三次之(最大值)} - (\text{最小值}) \quad (6)$$

上式將測量三次之中產生的最大值減掉在三次中產生的最小值，最小值通常為負的數值。

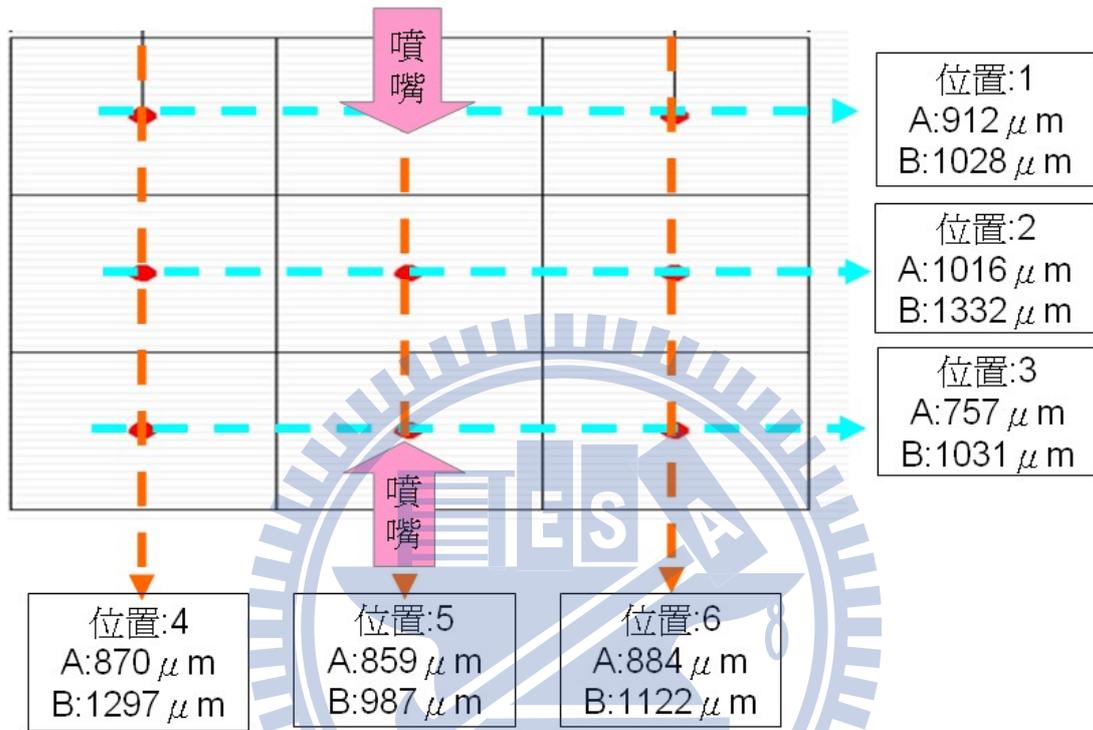


圖 4.1 單對噴嘴變形量(流體壓力  $3.5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

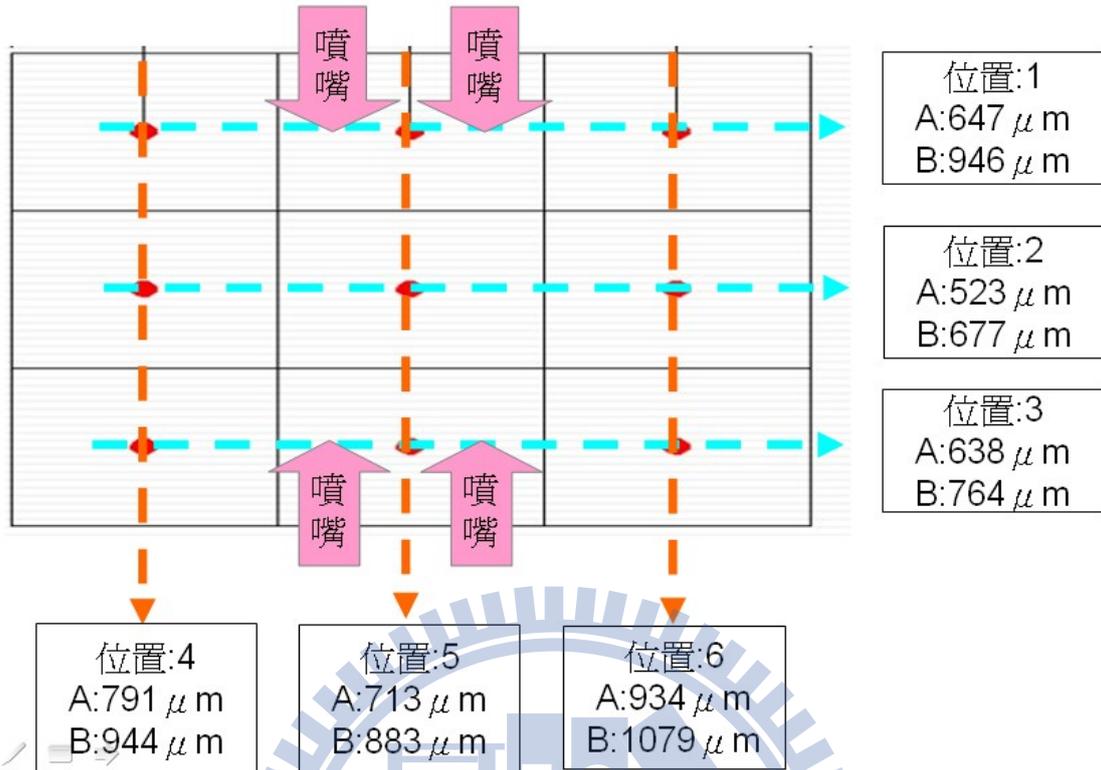


圖4.2 雙對噴嘴變形量(流體壓力3.5kg/cm<sup>2</sup>)

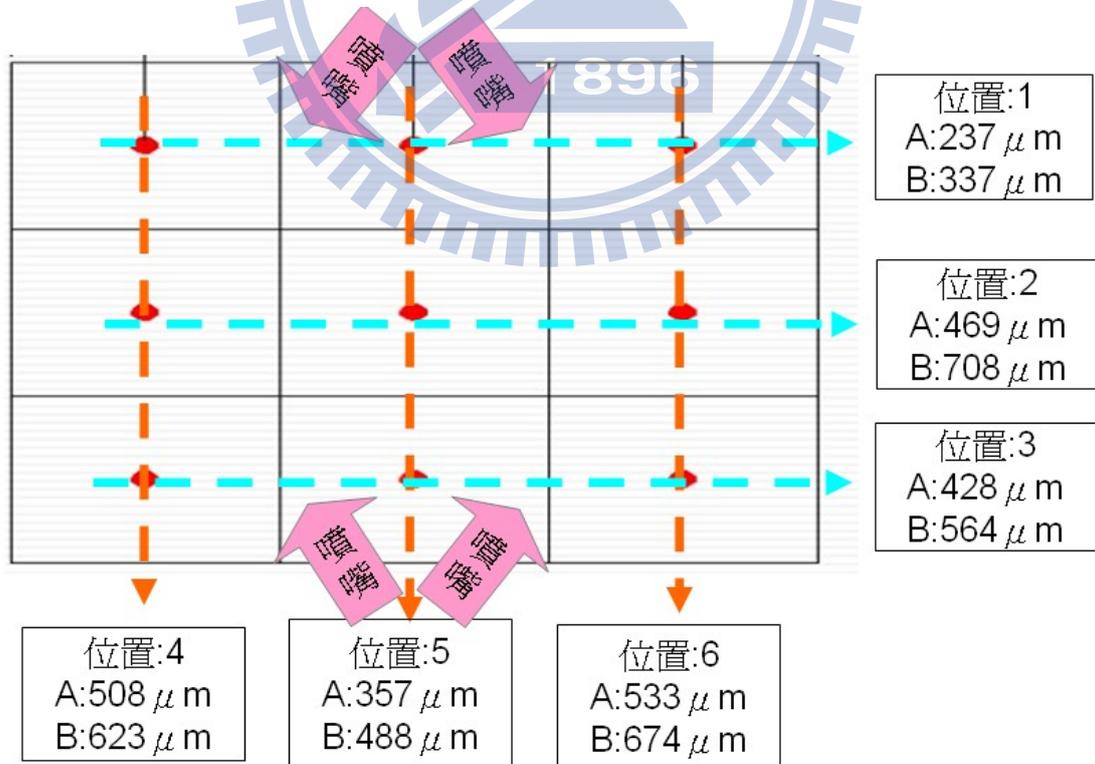


圖4.3 雙對65度噴嘴變形量(流體壓力3.5kg/cm<sup>2</sup>)

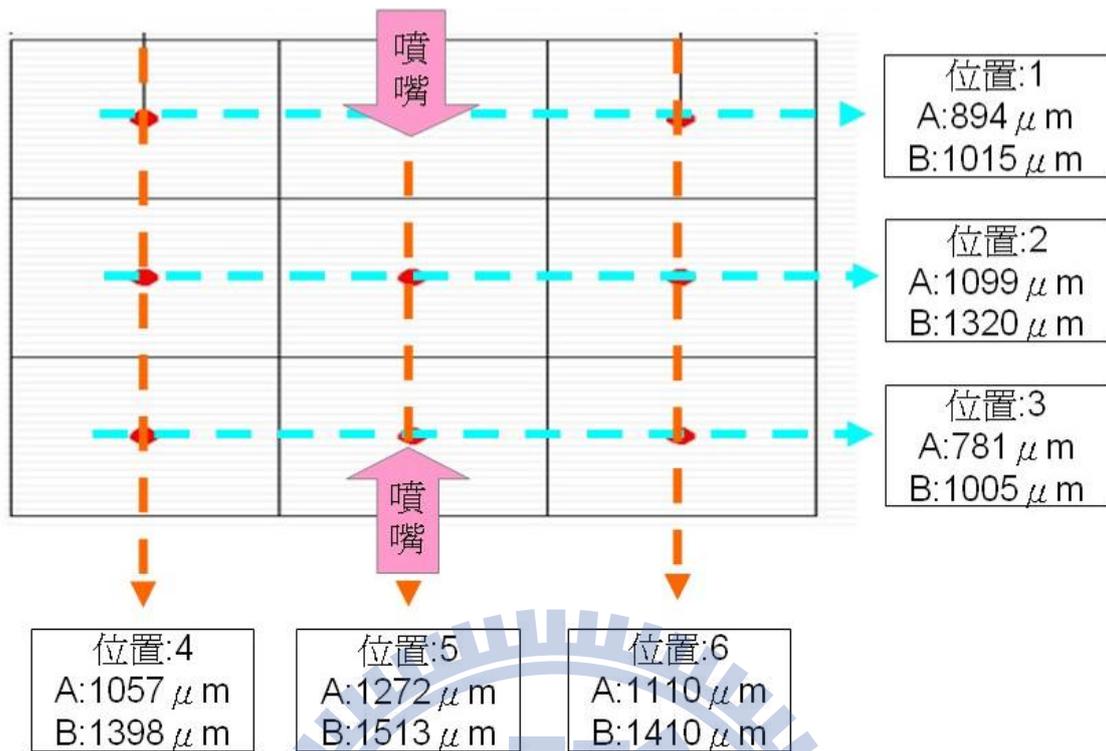


圖4.4 單對噴嘴變形量(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

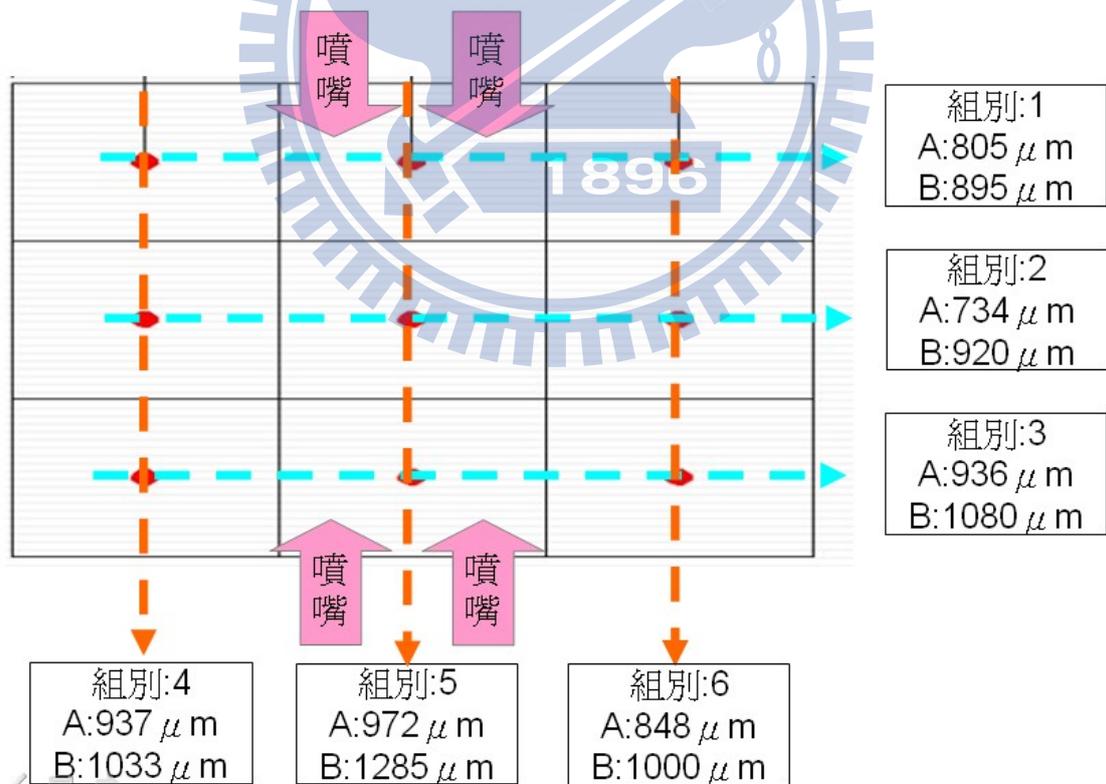


圖4.5 雙對噴嘴變形量(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

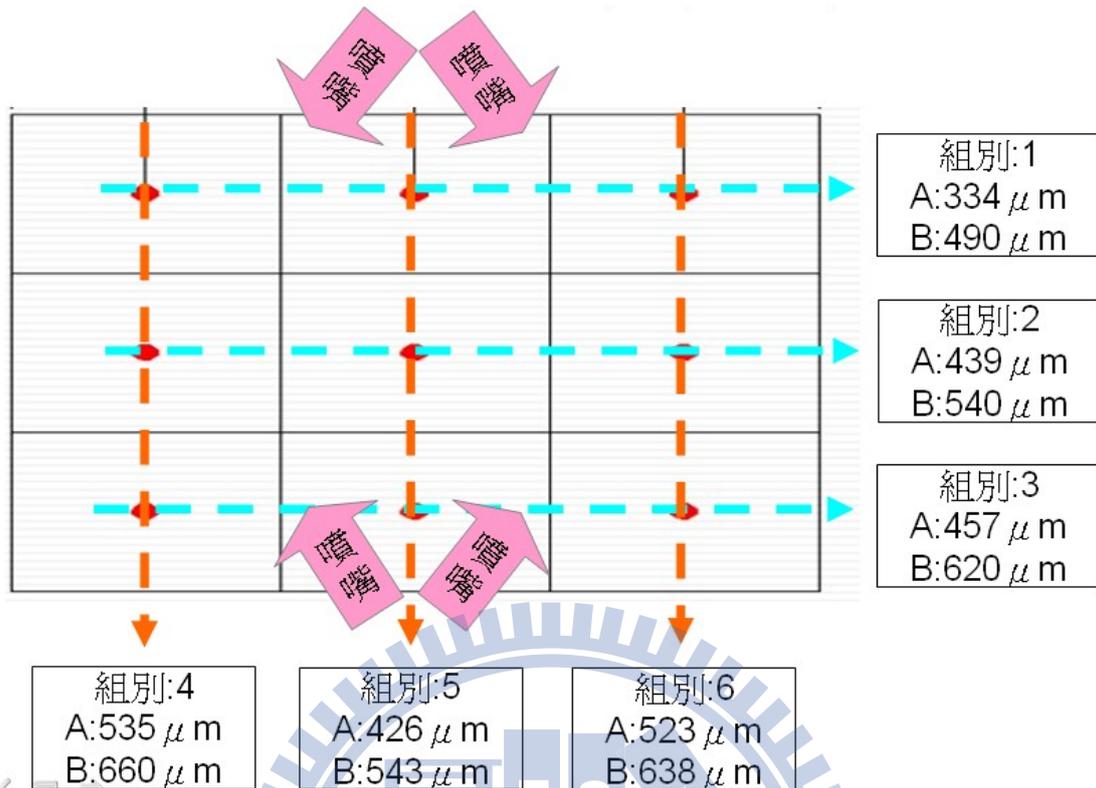


圖4.6 雙對65度噴嘴變形量(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

以上變形量之關係使用圖相表示更容易了解相互之間的關係，但以科學的實驗過程，仍然必須將實驗數值量化並且評比，將不同的流體壓力以及噴嘴形式做比較並置於同一表格判別優劣，每一組噴嘴各有其優缺點，於比較結果所呈現之現象仍然取決於資料使用人的需求。

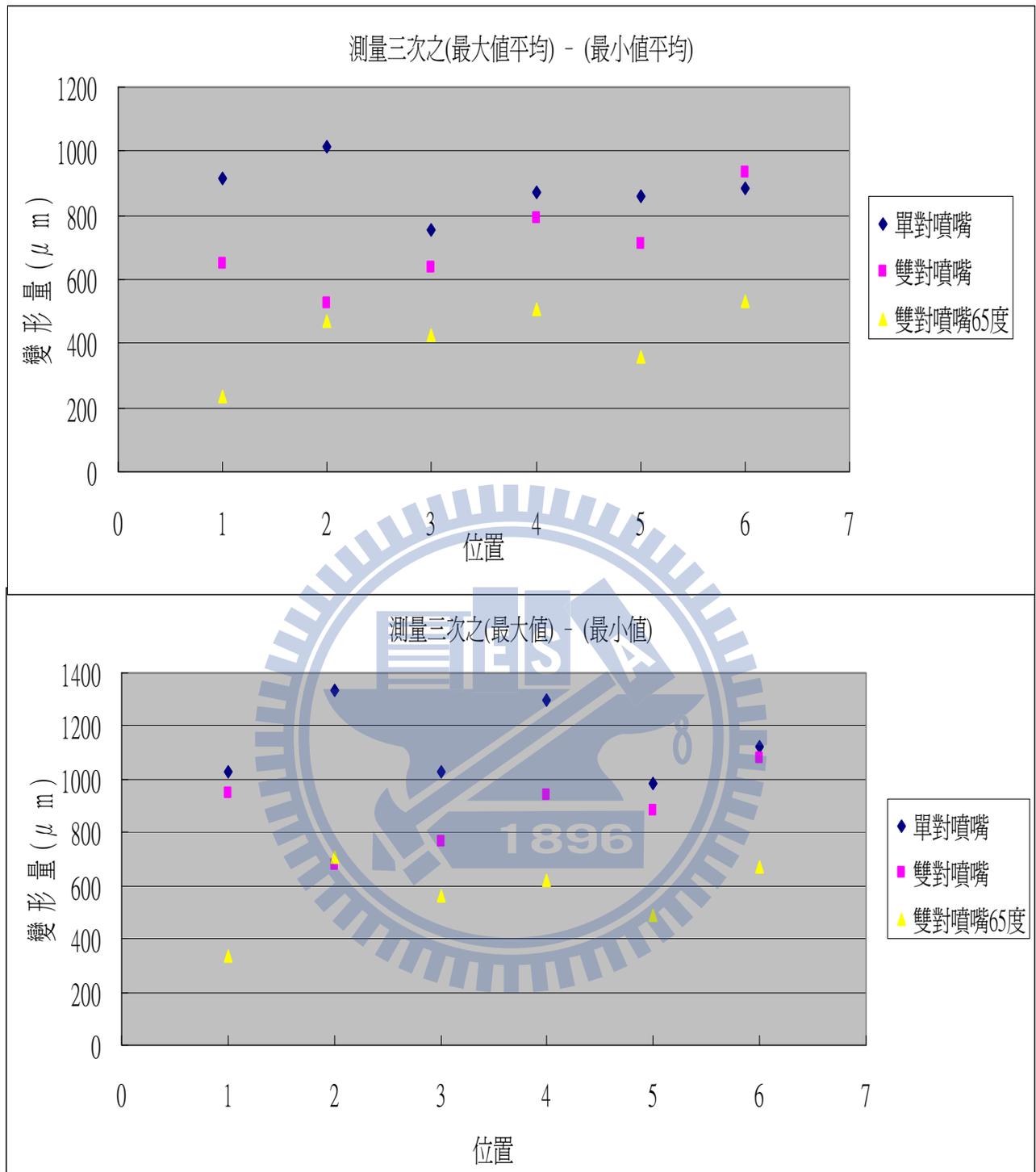


圖 4.7 流體壓力  $3.5 \text{ kg/cm}^2$  變形量比較表

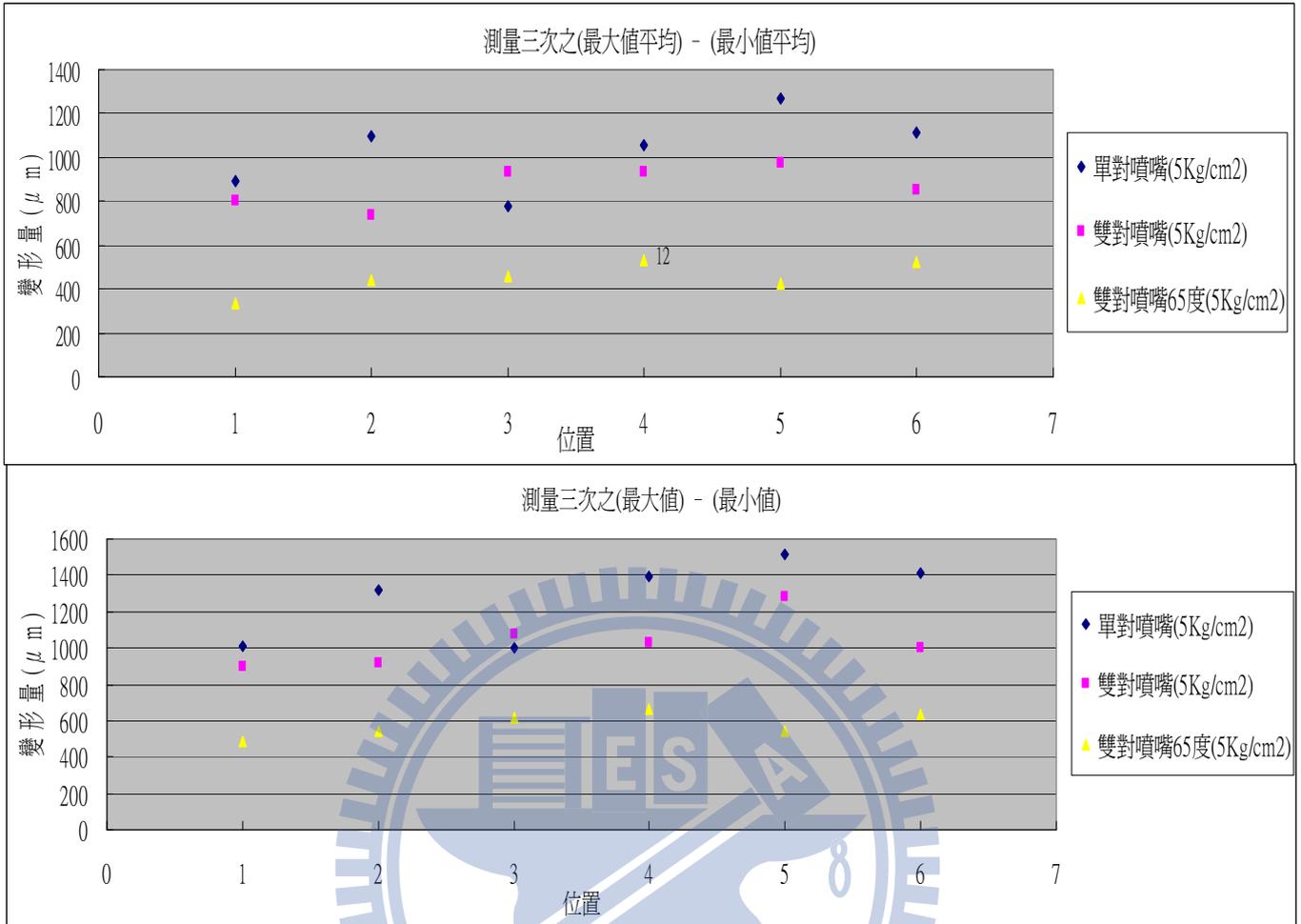


圖 4.8 流體壓力 5kg/cm<sup>2</sup> 變形量比較表

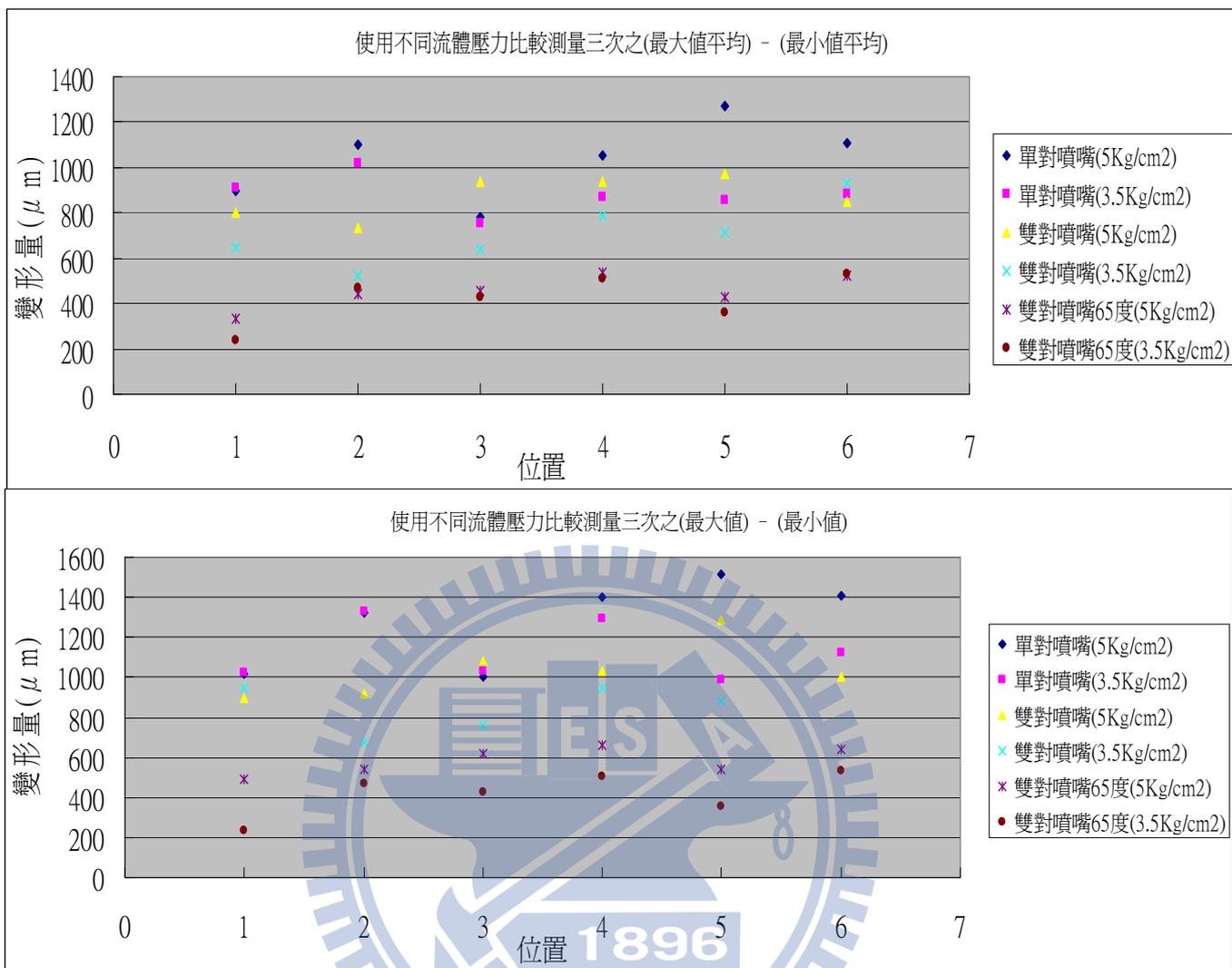


圖 4.9 不同流體壓力變形量比較表

## 4-2 加速度測量結果討論

加速度測量是考慮矽晶片使用更大的尺寸生產時，生產的過程是否影響到產品的破壞強度，若是由實驗之結果可發現，加速度產生的最大影響發生在矽晶片的邊緣，因此，若是要生產更大型之產品，可以考量此實驗之結果。

而且由實驗結果的數據來檢視，振動產生的加速度產生的位置有很明確的趨向，幾乎是呈現同一種的現象，也就是振動都是發生在矽晶片的四個角落，而振動加速度最小的位置在矽晶片的中心位置，但是在使用不一樣的流體壓力、流量以及噴嘴形式仍然會產生出許多不一樣的結果，這部份仍然值得探討研究。



- 使用流體壓力 $3.5\text{kg/cm}^2$ 實驗結果

				噴嘴							
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	
1	35	41.36	141.60	2	22	23.83	88.80	3	35	53.44	141.60
4	25	29.98	100.80	5	13	14.03	52.80	6	21	25.46	85.68
7	41	48.34	165.60	8	27	29.03	108.00	9	36	41.37	144.00

圖4.10 單對噴嘴加速度(流體壓力 $3.5\text{kg/cm}^2$ )

				噴嘴				噴嘴			
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m/sec}^2$ )	
10	21	29.36	84.36	11	17	24.58	68.40	12	23	21.05	91.20
13	16	15.45	63.84	14	7	7.99	29.64	15	17	17.42	68.40
16	23	22.75	91.20	17	17	15.03	66.12	18	21	21.02	84.36

圖4.11 雙對噴嘴加速度(流體壓力 $3.5\text{kg/cm}^2$ )

	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )		
19	7	7.68	29.90	噴嘴	20	12	10.19	46.00	噴嘴	21	10	8.35	39.10
22	7	7.67	29.90		23	3	3.73	13.80		24	10	7.95	39.10
25	9	7.61	36.80		26	18	8.91	71.30		27	9	8.98	36.80

圖4.12 雙對角度噴嘴加速度(流體壓力 $3.5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

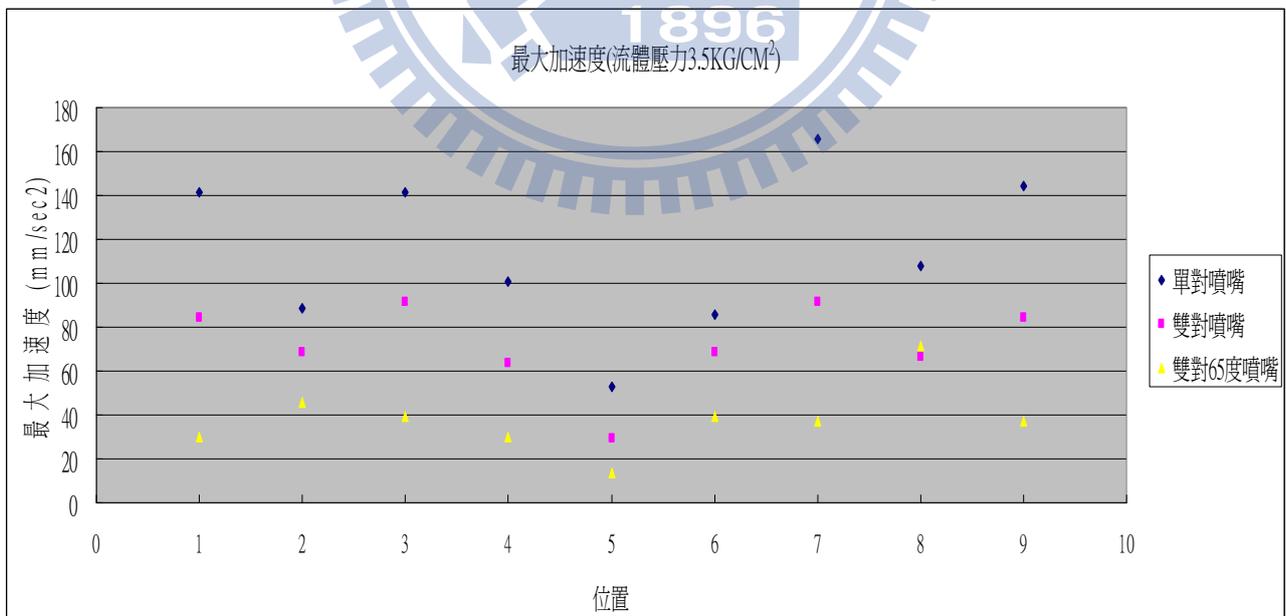


圖4.13 雙對角度噴嘴最大加速度(流體壓力 $3.5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

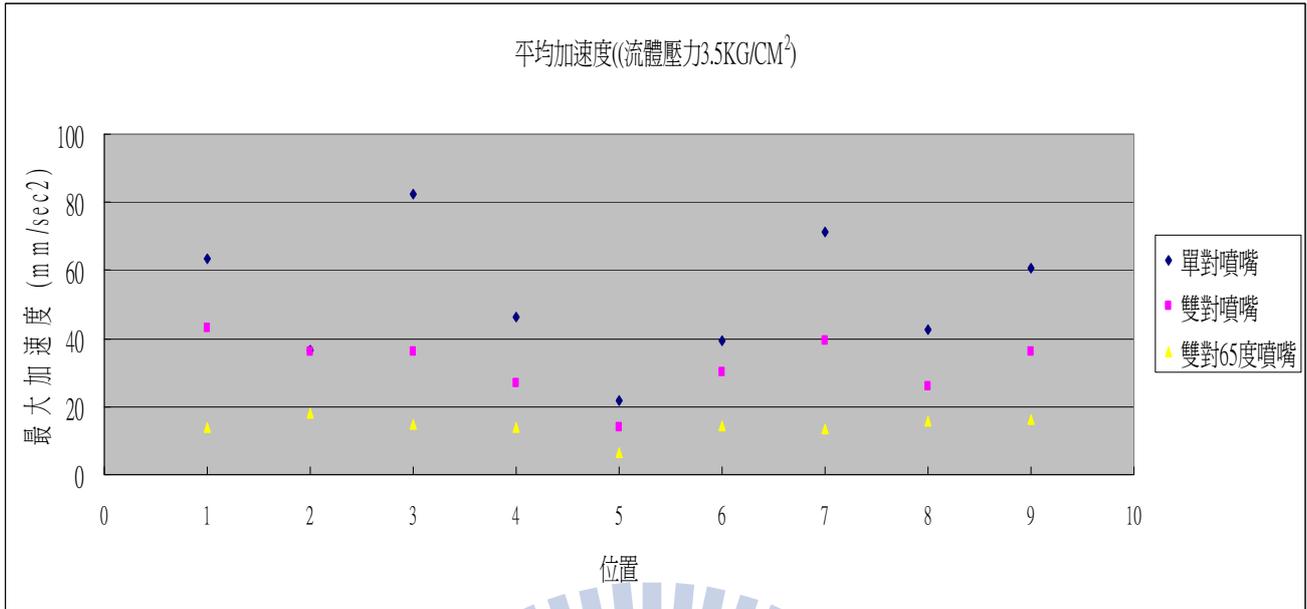


圖4. 14 雙對角度噴嘴平均加速度(流體壓力3.5kg/cm<sup>2</sup>)

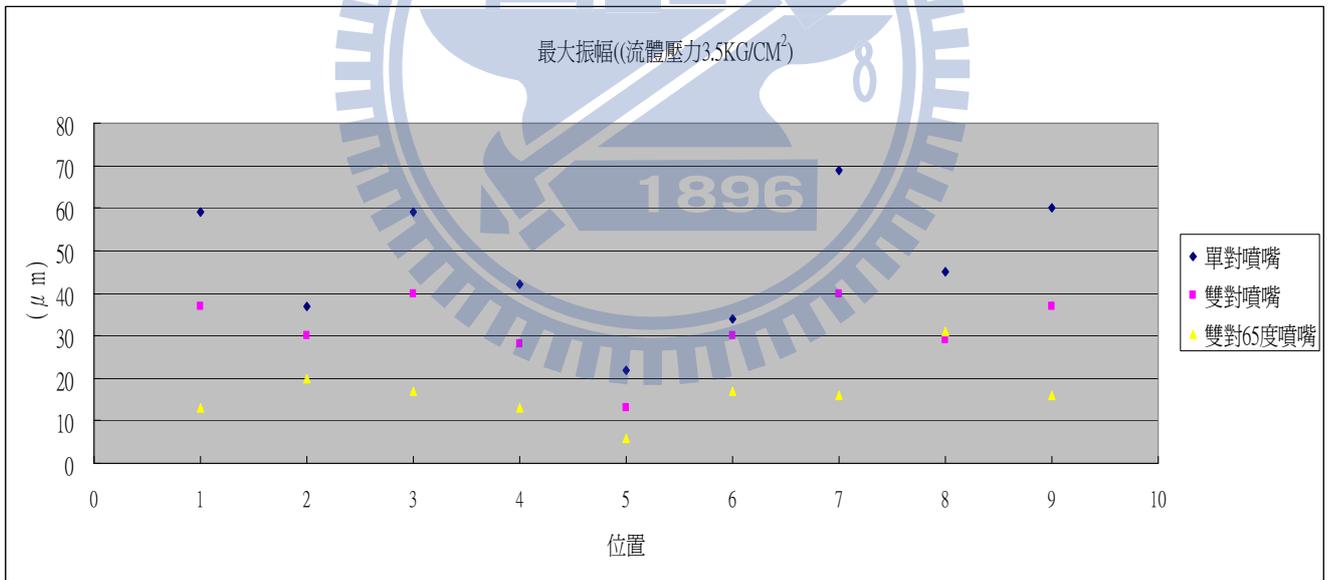


圖4. 15 雙對角度噴嘴最大振幅(流體壓力3.5kg/cm<sup>2</sup>)

● 使用流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 實驗結果

			噴嘴								
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )			
1	59	63.64	236.0	2	37	36.66	148.0	3	59	82.22	236.0
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )			
4	42	46.13	168.0	5	22	21.59	88.0	6	34	39.18	136.0
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )			
7	69	71.10	276.0	8	45	42.69	180.0	9	60	60.84	240.0

圖4.16 單對噴嘴加速度(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

			噴嘴			噴嘴					
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )
10	37	43.18	148.0	11	30	36.14	120.0	12	40	36.30	144.0
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )
13	28	26.63	112.0	14	13	13.77	52.0	15	30	30.03	116
最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )
16	40	39.22	160.0	17	29	25.91	116.0	18	37	36.24	148.0
			噴嘴			噴嘴					

圖4.17 雙對噴嘴加速度(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

	最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )		
19	13	13.71	52.0	噴嘴	20	20	18.19	80.0	噴嘴	21	17	14.91	68.0
22	13	13.69	52.0		23	6	6.65	24.0		24	17	14.19	68.0
25	16	13.59	64.0		26	31	15.92	124.0		27	16	16.04	64.0

圖4.18 雙對角度噴嘴加速度(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

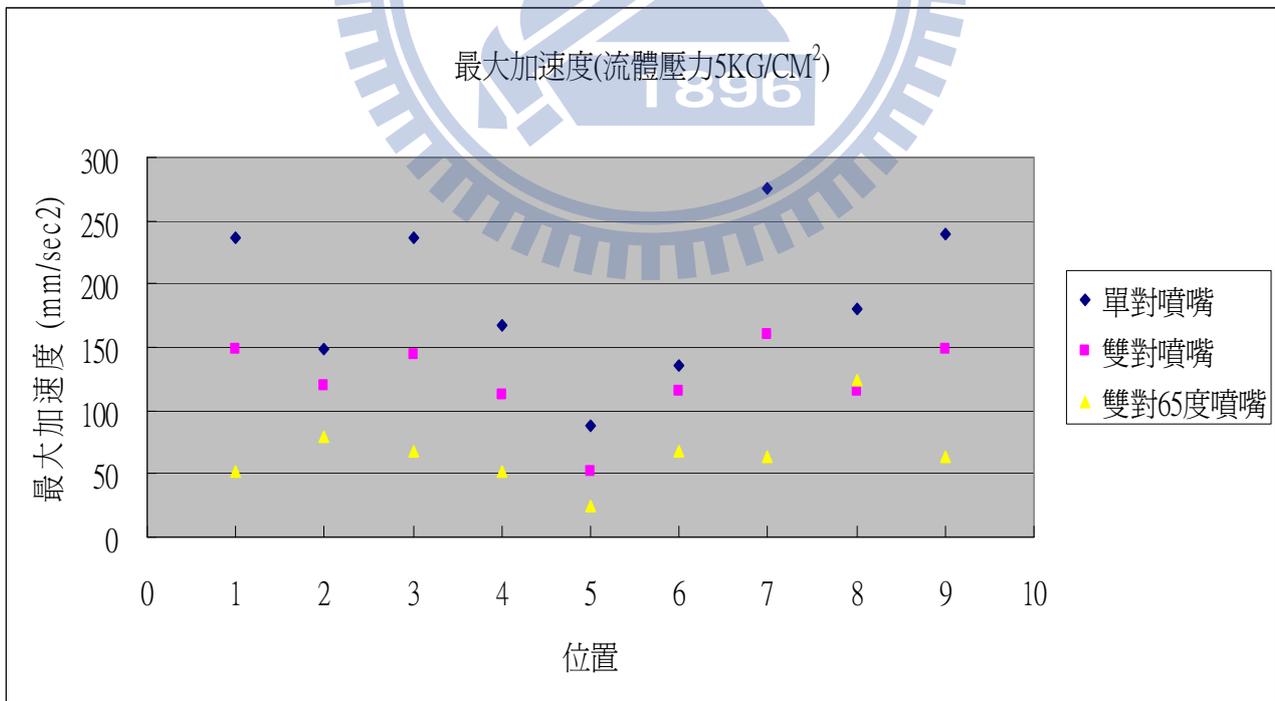


圖4.19 雙對角度噴嘴最大加速度(流體壓力 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ )

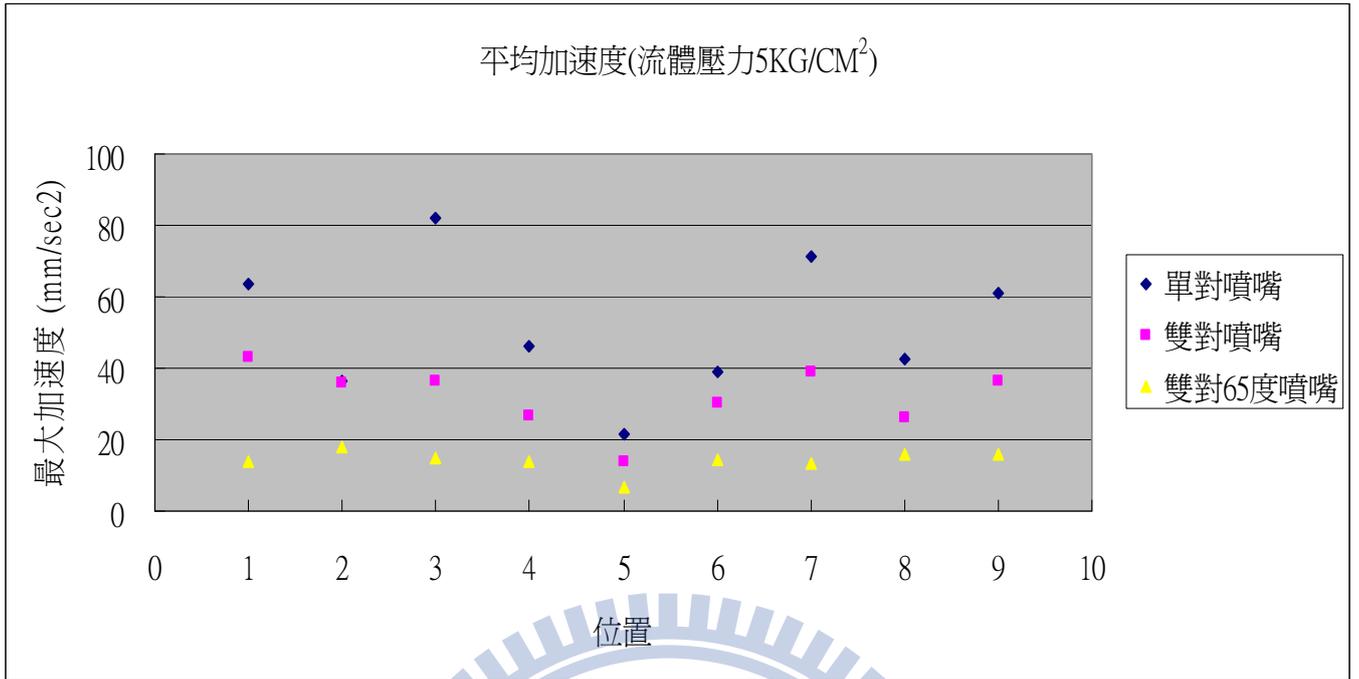


圖4. 20 雙對角度噴嘴平均加速度(流體壓力5kg/cm<sup>2</sup>)

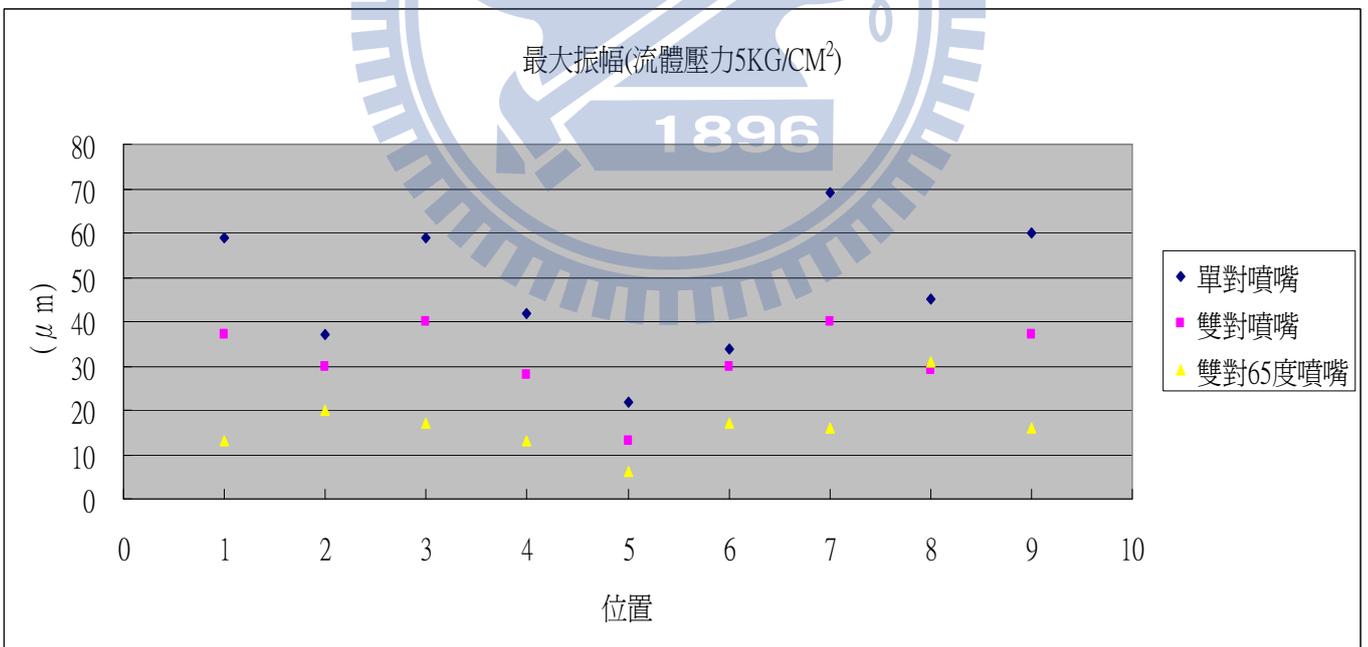


圖4. 21 雙對角度噴嘴最大振幅(流體壓力5kg/cm<sup>2</sup>)

● 不同流體壓力共同比對結果

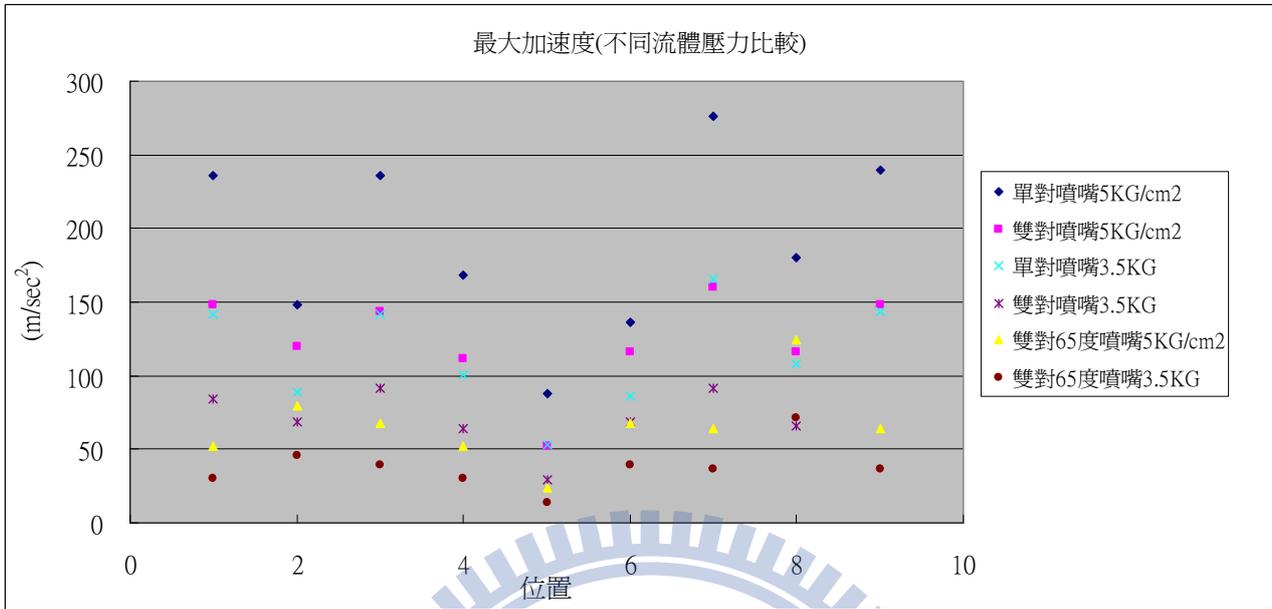


圖4.22 最大加速度比較表

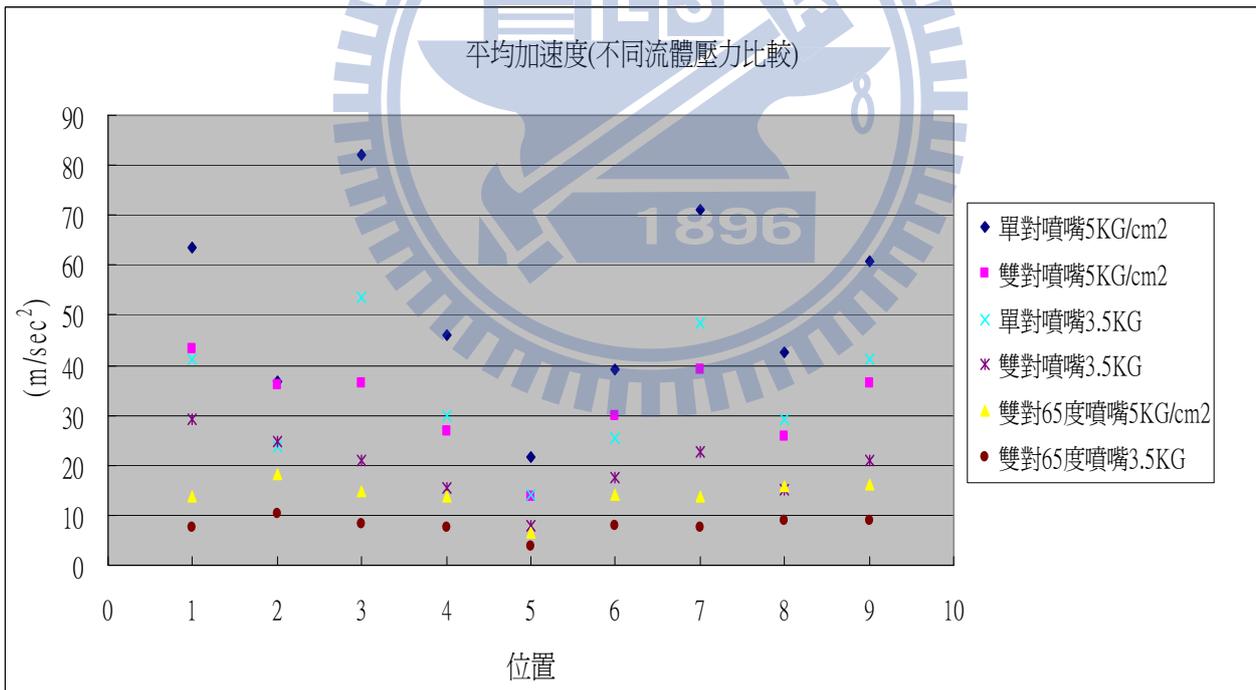


圖4.23 平均加速度比較表

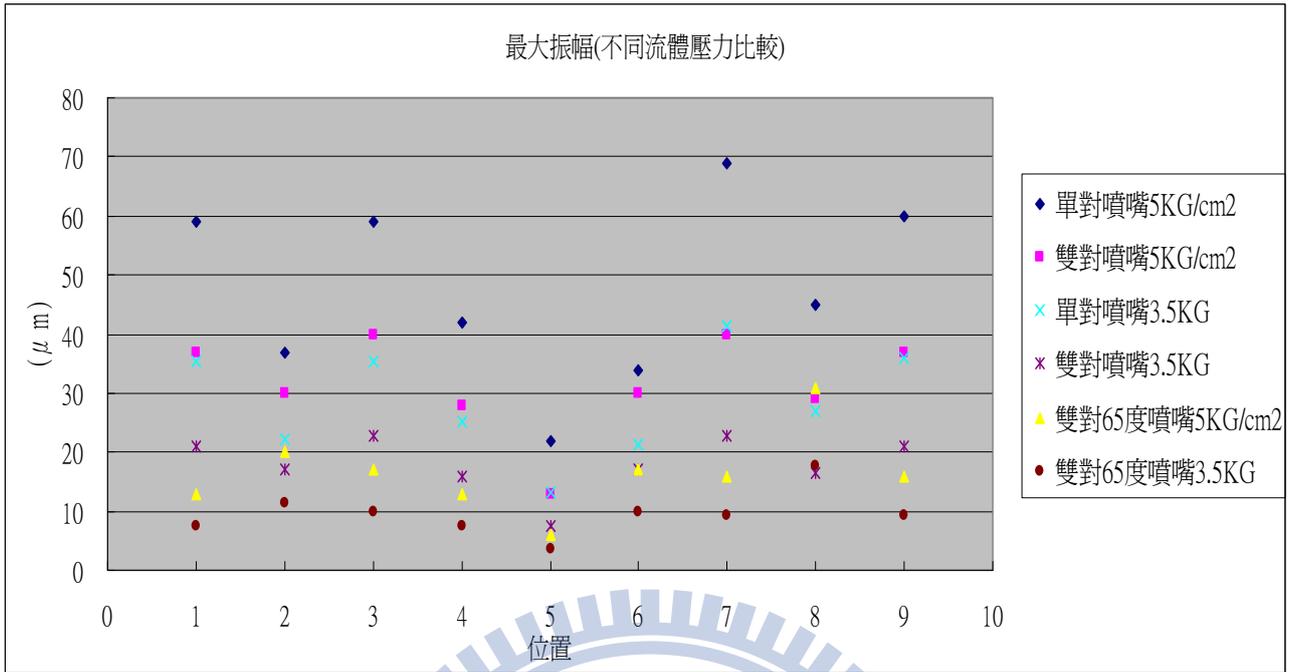


圖4.24 最大振幅比較表



表 4.1 測量結果-1

流體壓力 3.5KG						
形式		最大振幅 ( $\mu\text{m}$ )	平均加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )	平均速度 ( $\text{m}/\text{sec}$ )	最大速度 ( $\text{m}/\text{sec}$ )	最大加速度 ( $\text{m}/\text{sec}^2$ )
單對噴嘴 3.5KG	1	35	41.36	20.68	0.0708	141.60
	2	22	23.83	11.96	0.0444	88.80
	3	35	53.44	26.62	0.0708	141.60
	4	25	29.98	14.99	0.0504	100.80
	5	13	14.03	7.02	0.0264	52.80
	6	21	25.46	12.73	0.0428	85.68
	7	41	48.34	23.11	0.0828	165.60
	8	27	29.03	13.88	0.0540	108.00
	9	36	41.37	19.77	0.0720	144.00
雙對噴嘴 3.5KG	10	21	29.36	12.52	0.0422	84.36
	11	17	24.58	10.48	0.0342	68.40
	12	23	21.05	11.19	0.0456	91.20
	13	16	15.45	7.72	0.0319	63.84
	14	7	7.99	3.99	0.0148	29.64
	15	17	17.42	8.70	0.0342	68.40
	16	23	22.75	11.37	0.0456	91.20
	17	17	15.03	7.51	0.0331	66.12
	18	21	21.02	10.51	0.0422	84.36
雙對 65 度噴嘴 3.5KG	19	7	7.68	3.84	0.0150	29.90
	20	12	10.19	5.09	0.0230	46.00
	21	10	8.35	4.18	0.0195	39.10
	22	7	7.67	3.83	0.0149	29.90
	23	3	3.73	1.86	0.0069	13.80
	24	10	7.95	3.97	0.0195	39.10
	25	9	7.61	3.80	0.0184	36.80
	26	18	8.91	4.46	0.0357	71.30
	27	9	8.98	4.49	0.0184	36.80

表 4.2 測量結果-2

流體壓力 5KG/cm <sup>2</sup>						
形式	位置	最大振幅 ( $\mu$ m)	平均加速度 (m/sec <sup>2</sup> )	平均速度 (m/sec <sup>2</sup> )	最大速度 (m/sec <sup>2</sup> )	最大加速度 (m/sec <sup>2</sup> )
單對噴嘴 5KG/cm <sup>2</sup>	1	59	63.64	31.82	0.1180	236.0
	2	37	36.66	18.40	0.0740	148.0
	3	59	82.22	40.95	0.1180	236.0
	4	42	46.13	23.07	0.0840	168.0
	5	22	21.59	10.79	0.0440	88.0
	6	34	39.18	19.59	0.0680	136.0
	7	69	71.10	35.55	0.1380	276.0
	8	45	42.69	21.35	0.0900	180.0
	9	60	60.84	30.42	0.1200	240.0
雙對噴嘴 5KG/cm <sup>2</sup>	10	37	43.18	21.59	0.0740	148.0
	11	30	36.14	18.07	0.0600	120.0
	12	40	36.30	19.30	0.0720	144.0
	13	28	26.63	13.32	0.0560	112.0
	14	13	13.77	6.88	0.0260	52.0
	15	30	30.03	15.00	0.0580	116.0
	16	40	39.22	19.61	0.0800	160.0
	17	29	25.91	12.95	0.0580	116.0
	18	37	36.24	18.12	0.0740	148.0
雙對 65 度噴嘴 5KG/cm <sup>2</sup>	19	13	13.71	6.85	0.0260	52.0
	20	20	18.19	9.10	0.0400	80.0
	21	17	14.91	7.46	0.0340	68.0
	22	13	13.69	6.84	0.0260	52.0
	23	6	6.65	3.33	0.0120	24.0
	24	17	14.19	7.10	0.0340	68.0
	25	16	13.59	6.79	0.0320	64.0
	26	31	15.92	7.96	0.0620	124.0
	27	16	16.04	8.02	0.0320	64.0

### 4-3 噴流分離高度與速度討論

探討矽晶片分離的時間主要是爲了能增加生產的速度，若以現行各個矽晶片製造廠所使用的速度約爲3秒取走一次，目前仍然可行，但是未來的需求是要邁向更快速的生產模式，那麼就必須要探討更好的方式來因應此方案。

由變形量以及加速度的實驗中，得到許多與時間相關的數據，若將實驗數據中的時間特性擷取出來並且加以分析，可發現此數據依循著固定條件在變化，因此本章節主要探討噴流分離的時間與高度的數據。

若是由(圖4.25)可發現，時間與高度的關係一直維持著正比例的關係，所以可將兩個實驗數值一起探討分析，舉例以單對噴嘴搭配流體壓力 $5\text{KG}/\text{cm}^2$ 來說明，在時間到達1秒時，矽晶片的高度已經不再變化，原因是在時間到達1秒之前，氣流已經將晶片分離至最高位置，所以此形式的噴嘴是本實驗中能夠最快分離的款式。

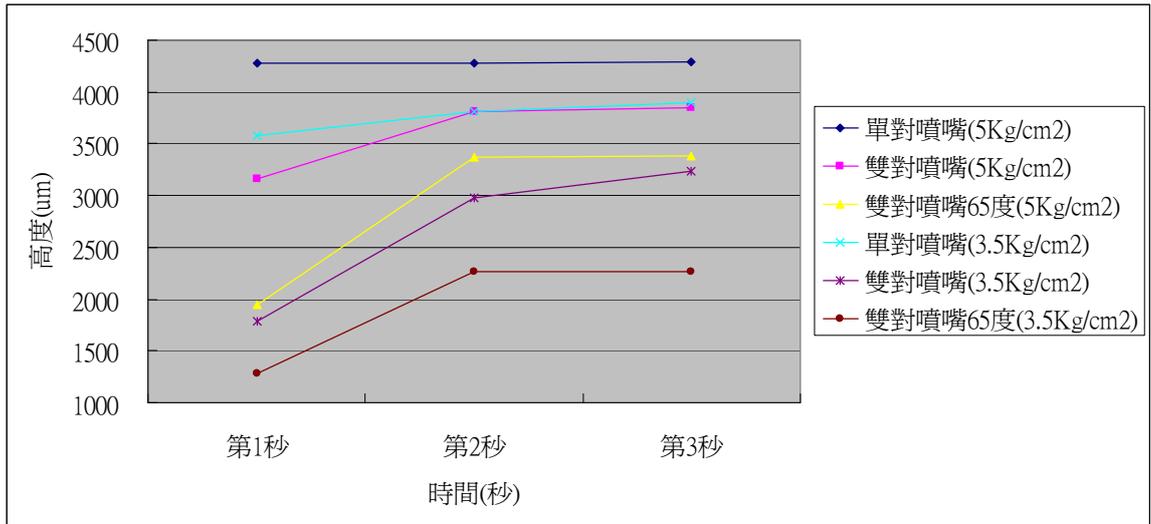


圖4.25 噴流分離高度與時間之關係圖



#### 4-4 材料試驗結果探討

矽晶材料目前廣泛應用於電子產品製造，雖有參考資料可依循，但矽晶片製造商生產方式之品質控管，仍然會照成產品的優劣差異，因此本論文使用目前實驗之矽晶片材料做為研究對象。

本試驗施力的下壓速度極為緩慢，而在使用噴嘴分離的過程相當快速，而且夾雜的晃動、變形、碰撞以及其它因素同時產生，因此材料之數據可列為參考項目之一，以實驗結果來看，平均變形為量7mm，若是在實際的噴嘴分離過程，矽晶片會破裂的值因該會小於這個實驗數值，在使用以下材料試驗表時，還需多方考量各總因素。

表4.3 矽晶片材料試驗表

材料試驗表				
材料尺寸(m)	實驗次數	楊氏係數(Gpa)	破裂點距離(m)	破裂點施力(kg)
0.156x0.156x0.002	1	130.9	0.006	0.40
	2	127.0	0.009	0.55
	3	166.1	0.007	0.55
	4	147.2	0.008	0.60
	5	151.0	0.007	0.50
	平均值		144.5	0.007

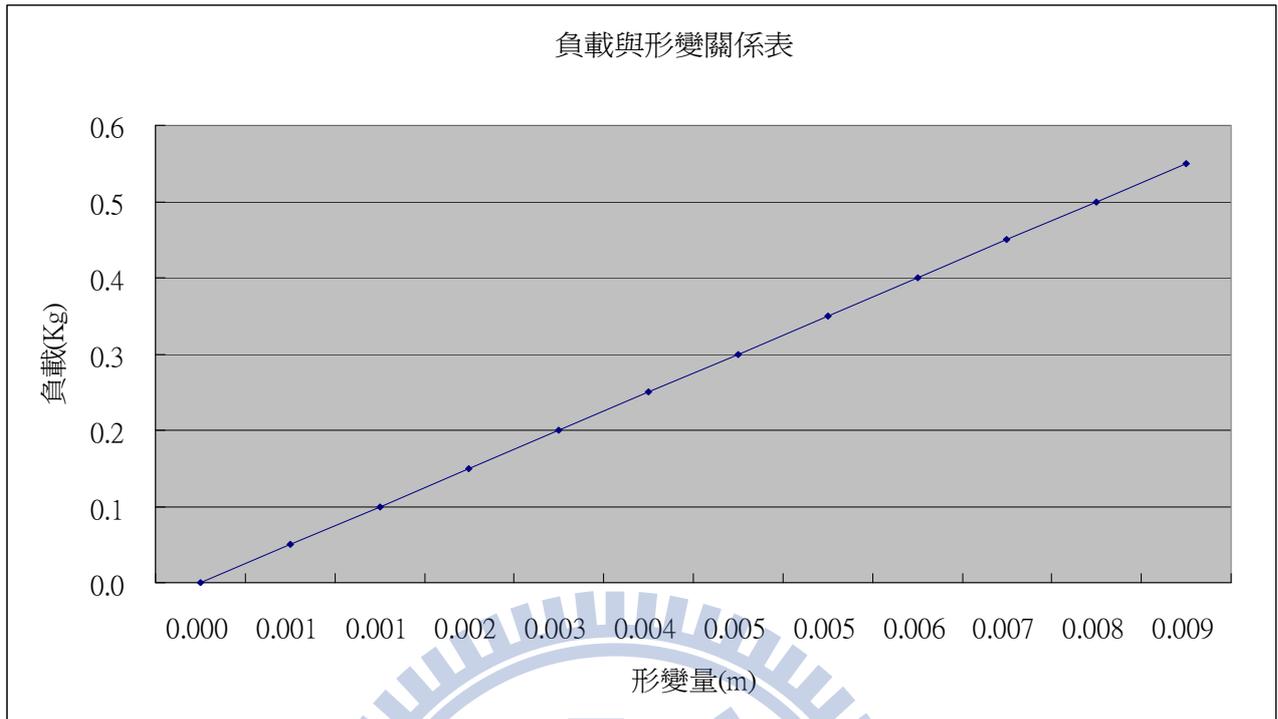


圖4. 26 負載與形變關係圖

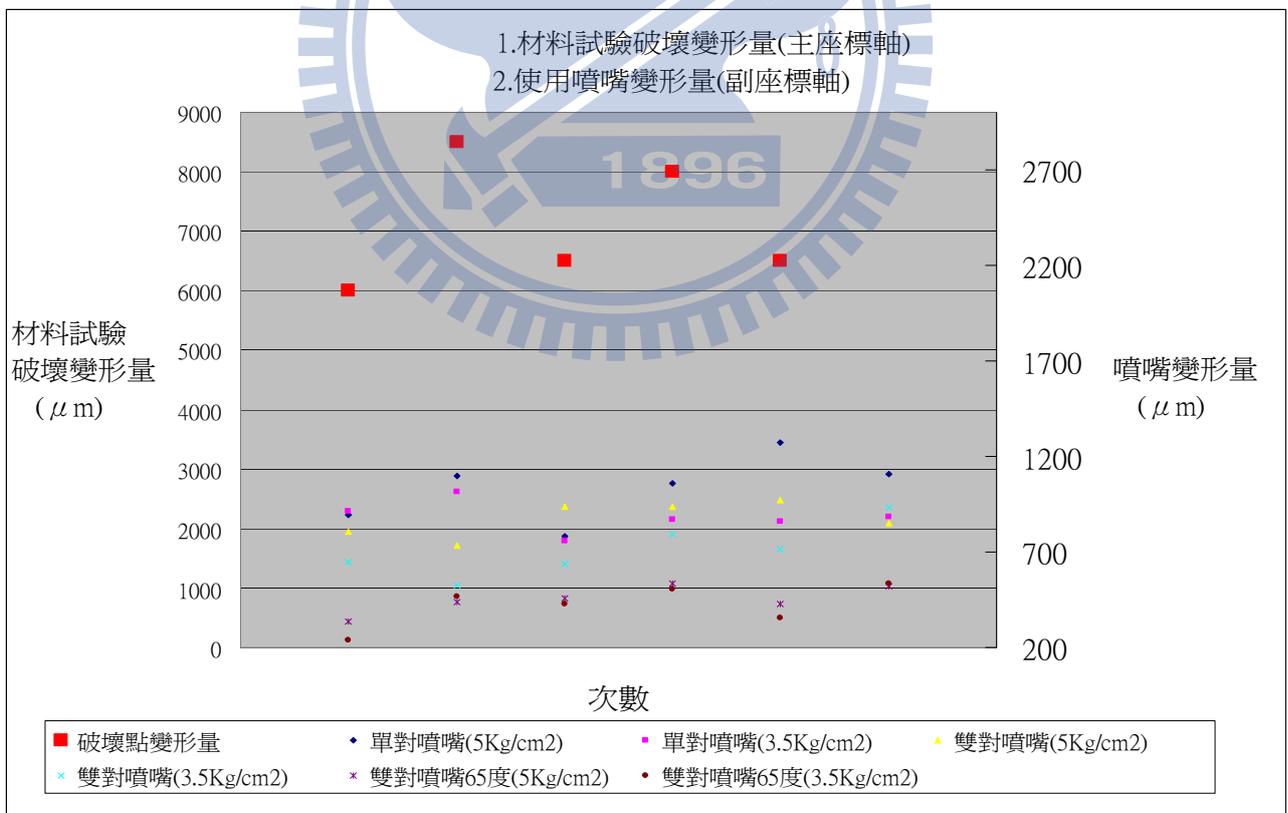


圖4. 27 噴嘴變形量與材料試驗破壞變形量關係圖

#### 4-5 各個模型共同比對

之前的內容在探討單一參數發生的現象，而本章節將所有測試結果做總和的比較表，因各參數所影響的層面不同，所以結果差異頗大，然而，沒有十全十美的方案，但是我們可以從實驗找出最適合的方式使用，而在選用參數時必須先考慮第一要務為何，再列出優先順序，並且取用適合的參數使用。

若將所有特徵同時比較優劣，因使用單位不一致，無法以同一性質比較，因此，本章節將六種噴嘴之優劣做排序，分別排名為從1到6，排名1為該項特徵中表現最差，排名第6則是該項特徵最優，可以使用四象限法則來看待本章節的性能比較表(圖4.28)。另一項評比方式，因為實驗所得數值大小差異大，無法放置在同一圖表格比較，必須將所得數據，乘上一固定比例，讓數值接近，例如將分離高度乘上一比例，使數值接進於變形量，當三者同時使用相同的倍數互相接近時，則可以進行比較(圖4.29)。

由各種比較圖表之中可以發現，實驗所得到的數據顯示，噴嘴形式的優缺點比須端視需要的特性為何，必須從變形量、加速度以及分離高度速度單一項目去評估(表5.1、表5.2、表5.3)。

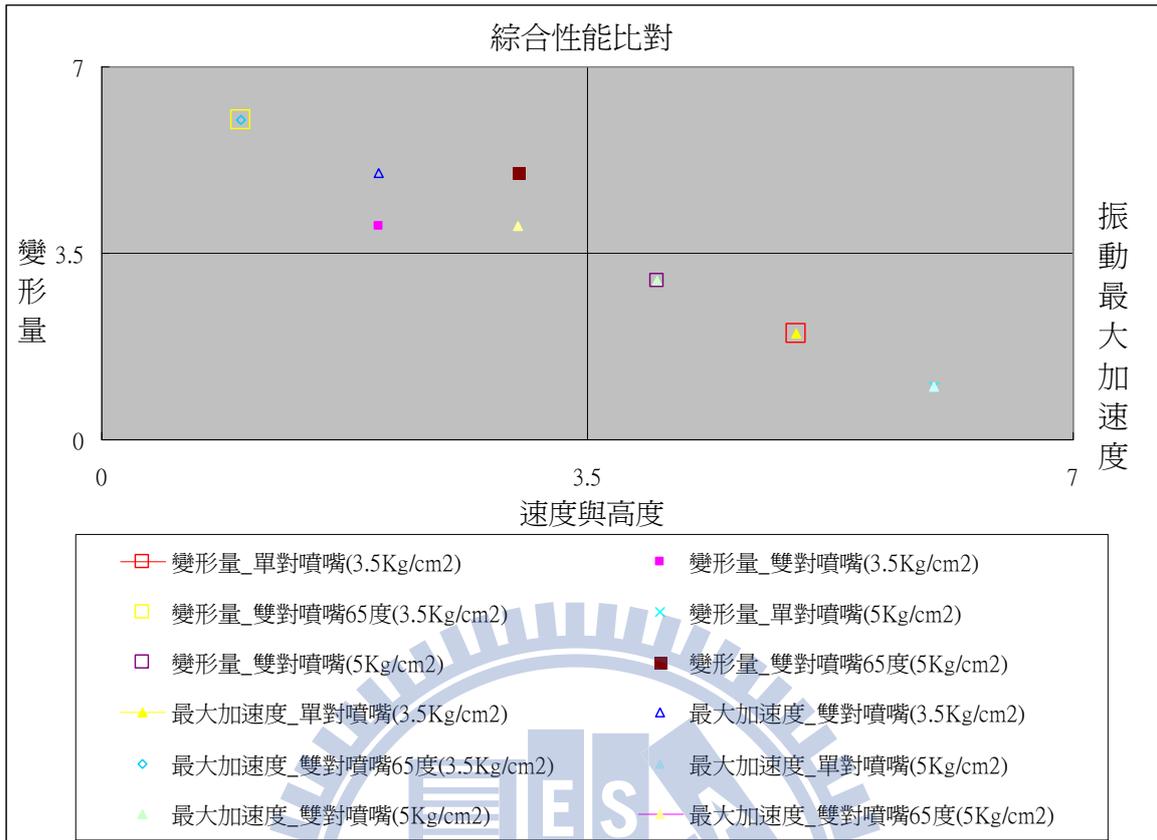


圖4.28 綜合性能比對四象限圖

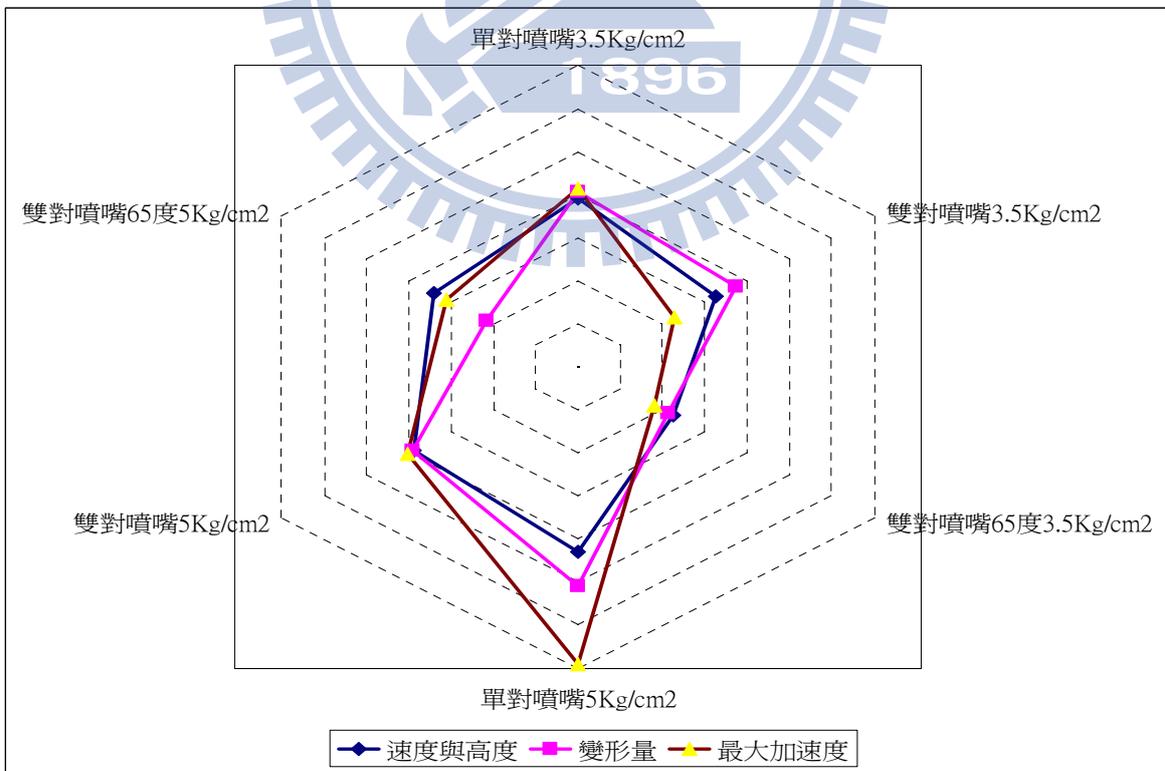


圖4.29 綜合模型性能比對雷達圖

表 4.4 分離高度優劣排列

噴嘴形式	優劣排序	分離高度( $\mu\text{m}$ )
單對噴嘴(5Kg/cm <sup>2</sup> )	1	4291
單對噴嘴(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	2	3900
雙對噴嘴(5Kg/cm <sup>2</sup> )	3	3851
雙對噴嘴 65 度(5Kg/cm <sup>2</sup> )	4	3388
雙對噴嘴(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	5	3235
雙對噴嘴 65 度(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	6	2260

表4.5 變形量優劣排列

噴嘴形式	優劣排序	變形量( $\mu\text{m}$ )
雙對噴嘴 65 度(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	1	533
雙對噴嘴 65 度(5Kg/cm <sup>2</sup> )	2	535
雙對噴嘴(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	3	934
雙對噴嘴(5Kg/cm <sup>2</sup> )	4	972
單對噴嘴(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	5	1016
單對噴嘴(5Kg/cm <sup>2</sup> )	6	1272

表4.6 最大加速度優劣排列

噴嘴形式	優劣排序	最大加速度( $\mu\text{m}$ )
雙對噴嘴 65 度(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	1	71
雙對噴嘴(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	2	91
雙對噴嘴 65 度(5Kg/cm <sup>2</sup> )	3	124
雙對噴嘴(5Kg/cm <sup>2</sup> )	4	160
單對噴嘴(3.5Kg/cm <sup>2</sup> )	5	166
單對噴嘴(5Kg/cm <sup>2</sup> )	6	276

## 第五章 結論

### 5-1 結論

本論文研究目的主要在探討使用噴流分離矽晶片的現象，矽晶片的製造過程要求破損率必須為0.2%，在看似不會造成破裂的情況下，卻是偶發的產生破裂狀況，使的設備穩定性遭到質疑，而未來的發展方向將會使用更薄的矽晶片為產品主流，能夠切出更薄的矽晶片，而且在生產過程中不產生破裂，將能夠取得更大的利益。

由實驗可得出以下結果。

- 使用流場模擬可預測噴嘴形式於穩態的紊流狀態
- 若是需要快速的分離矽晶片，應該使用較少的噴嘴數量，從實驗結果可以發現使用單對噴嘴分離速度最快，原本互相貼合的矽晶片會因為集中的噴流吹入而快速出現細縫。
- 雙對角度噴嘴的特點是變形量小，若未來生產薄化產品時，必須從噴嘴數量以及角度著手，特別是在噴流接觸矽晶片邊緣的長度會影響最大。
- 雙對噴嘴的表現位於各個實驗特徵之中性位置。
- 若是在特徵選擇上考量各項目結果的平衡，選用雙對噴嘴會是較佳的。
- 振動測量所得出的加速度數據可應用在未來更大型尺寸矽晶

片之生產，由加速度分佈位置可以發現，矽晶片外圍位置的加速度是最大值，而使用雙對噴嘴65度(3.5Kg/cm<sup>2</sup>)表現最佳。

- 本實驗綜合以上的結果，所有模型無法針對所有條件得出最好的解決方案，但是能對部分條件提供改善，在選用參數必須考慮優先順序，取得最適合的參數

## 5-2 未來展望

矽晶片製造過程的優化是一個很大的研究方向，在每一道的製程又可細分出更多的子項目，從中細分出來的子項目若要每一項深入探討，則必須要集結眾人的力量，以及各個專業領域之人才，未來仍然必須努力朝向全面的性能研究，而本研究探討矽晶片使用噴流分離的性能，是偏向於應用性的題目，並非以理論為基礎探討物理現象，當工程人員愈到相關問題時，可以試著在本文找到解答，而交通大學是一所與產業界整合、互動最佳的學府，期盼本研究能為學術以及產業貢獻一己之力。

## 參考文獻

- [1] 丘建宏，「不同空調通風條件對於室內空間流場之CFD模擬」，國立中央大學土木工程研究所，碩士論文，2010。
- [2] 陳子太，「太陽能電池產業製程及污染防治簡介」，財團法人台灣產業服務基金會，2007。
- [3] 台灣基恩斯產品網頁: <http://www.keyence.com.tw/>。
- [4] 速睦喜產品網頁: <http://www.smc.com.tw/>。
- [5] 李昆祐，「計算流體力學對雨屏強等壓性能之初探」，國立成功大學建築研究所，碩士論文，2006。
- [6] 葉啓田，「具傾斜侷限板之三維壁噴流數值數值模擬與分析」，逢甲大學材料與製造工程研究所，碩士論文，2009。
- [7] 昱晶能源科技網站，<http://www.gintech.com.tw>。
- [8] 陳寶珠，「新日光製程機台風險評估」，新日光能源科技股份有限公司，2008。
- [9] 葉啓田，「具傾斜侷限板之三維壁噴流數值模擬與分析」，逢甲大學材料與製造工程研究所，碩士論文，2009。
- [10] 倪松鵬，「計算流體力學的發展及應用」。
- [11] 王瑞金、張凱、王剛，「Fluent技術基礎與應用實例」，清華大學出版社，北京（2007）。

- [12] 任玉新、陳海昕，「計算流體力學基礎」，清華大學出版社。
- [13] 王君福，「計算流體力學分析」，清華大學出版社。
- [14] 四川大學網路教育系統，工程流體力學教學，  
<http://www.scude.cc/software/08/01/003/01/00001/index.htm>
- [15] 閻超，北京航空航天大学粘性流體力學講義。
- [16] 朱佳仁，國立中央大學土木工程系，紊流課程講義。
- [17] 王俊雄，「房車內乘客舒適度之數值模擬」，國立台灣科技大學  
機械工程研究所，碩士論文，2006。
- [18] C.P Chen , M.H.Leipold , " Fracture toughness of silicon, American  
Ceramic Society", 1980 .
- [19] 李中蘭，「薄片單晶矽太陽能電池片機械強度的研究」，浙江大  
學材料科學與工程系講義。
- [20] 陳啓宗，「機械性質與加工條件對硬脆材料劃切加工之影響」，  
國立成功大學機械工程研究所，碩士論文，2004。
- [21] 劉偉均，「材料實驗」，國立編譯館，1997。
- [22] 川田雄一，「材料試驗」，共立出版株式會社，1986