



經濟部

計畫編號：91-D0123

經濟部能源科技研究發展計畫

九十一年度執行報告

高效率能源技術研究發展計畫
—潔淨室省能技術與半導體製程省能技術
(第三年度)

全程計畫：自 89 年 03 月 01 日至 93 年 12 月 31 日

年度計畫：自 91 年 04 月 01 日至 91 年 12 月 31 日

委辦機關：經濟部能源委員會

執行單位：國立交通大學

中華民國九十二年五月

目錄

九十一年度政府部門科技計畫期末摘要報告.....	I
一、前言.....	1
1.1 研究背景.....	1
1.2 研究目的.....	8
二、計畫執行狀況檢討.....	11
2.1 與計畫符合情形.....	11
2.1.1 進度符合情形.....	11
2.1.2 目標達成情形.....	17
2.1.3 計畫延長或變更執行情形.....	18
2.2 資源運用檢討.....	19
2.2.1 人力運用情形.....	19
2.2.2 設備購置情形.....	19
2.2.3 經費運用情形.....	20
2.2.4 人員出國統計表.....	21
2.2.5 計畫收入繳庫數.....	23
2.2.6 保留款項執行情形.....	23
三、成果說明.....	24
3.1 重要研究成果統計表.....	24
3.2 重要研究成果清單.....	25
3.3 經濟效益分析（量化及非量化）.....	31
3.4 能源效益分析（量化及非量化）及估算方式說明.....	33
四、結論與建議.....	35
4.1 研究結果.....	35
4.2 執行檢討與建議.....	85
附件一、重要成果照片及說明.....	93
附件二、分包計畫摘要說明.....	100
附錄一、節能與環保成效自評說明.....	100
附錄二、政府部門研究計畫基本資料表(GRB).....	102

圖目錄

圖一、潔淨室幾何尺寸	37
圖二、潔淨室風機濾網機組排列情形	38
圖三、潔淨室照明燈具排列情形	38
圖四、更衣室幾何尺寸	39
圖五、浴塵室幾何尺寸	41
圖六、外氣空調箱內部構造	41
圖七、超音波風速計校正曲線圖	45
圖八、Y=3.03 米，Z=1.75 米處流場實驗量測結果	49
圖九、支樑下方之紊流強度	50
圖十、Y=3.03 米，Z=1.75 米處實驗與模擬結果之比較	51
圖十一、Y=4.232 米，Z=1.75 米處實驗與模擬結果之比較	52
圖十二、在 X 方向上之 non-uniformity 變化之實驗與數值模擬結果之 比較，兩側靠近回風道之 FFU 入口速度為 0.3m/s， Y=3.03 米，中間為工作機台位置	53
圖十三、FFU 之出口速度均為 0.35m/s 時，污染粒子分佈狀態	54
圖十四、左方 FFU 之出口速度降為 0.2m/s 時，污染粒子分佈狀態	55
圖十五、左方開孔率增加為 50% 時，污染粒子分佈狀態	56
圖十六、有機台存在時，污染粒子分佈狀態，風速 0.1m/s	56
圖十七 有機台存在時，污染粒子分佈狀態，風速 0.3m/s	57
圖十八、污染粒子個數與距離之關係	58
圖十九、利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作場效電晶體之閘極氧化層 其汲極電壓(VD)對汲極電流(ID)特性曲線圖。	60
圖廿、利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作場效電晶體之閘極氧化層 其閘極電壓(VG)對汲極電流(ID)特性曲線圖。	61
圖廿一、利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作薄膜電晶體閘極氧化層 之元件結構。	62
圖廿二、不同製程處理下薄膜電晶體閘極電壓(VG)對汲極電流(ID) 特性曲線圖。	62
圖廿三、低溫成長矽氧絕緣膜其溫度對 Si(OH) ₄ 濃度的關係。	64
圖廿四、顯微鏡下觀察低溫成長矽氧絕緣膜：(a)無成長， (b)選擇性成長，(c)全面性成長。	65

圖廿五、利用選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術製作奈米線寬的流程圖。	66
圖廿六、各個步驟的電子顯微鏡照相圖。	67
圖廿七、溫度的改變對沉積速率的影響。	68
圖廿八、不同的沉積溫度對漏電流的影響。	68
圖廿九、低溫液相沉積矽氧絕緣膜機台構造圖。	69
圖卅、BST 鐵電薄膜在 Er 不同摻雜濃度下之螢光光譜分析	71
圖卅一、BST 薄膜在 Er 不同摻雜濃度下，經由 700°C， 30 分鐘的熱處理後其漏電流密度對電場之關係。	71
圖卅二、BST 薄膜在 163 nm 波長入射下，折射率對不同 成份(X=0~1) 之關係圖，由圖中可知折射率約為 2.35。	72
圖卅三、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之薄膜 X-ray 繞射圖。	73
圖卅四、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之薄膜介電常數圖。	74
圖廿五、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之光激發光圖。	75
圖卅六、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之鈦酸鋇鋇薄膜之漏電流對不同電場之關係圖。	75
圖卅七、燈源加熱器之鹵素燈排列方式	77
圖三八、主動式加熱板結構：(a)側視圖， (b)頂視圖（斜線為加熱線位置），(c)加熱線結構	79
圖三九、單獨使用燈源加熱，晶圓溫度設定於 200°C 時之晶圓 溫度分布圖，所耗燈源功率為 6856KJ	81
圖四十、單獨使用主動式控溫板加熱，晶圓溫度設定於 200°C 時 之晶圓溫度分布圖，主動式控溫板所消耗功率為 9291.8KJ	82
圖四一、使用燈源配合六段電阻絲加熱時，晶圓溫度設定於 200°C 時 之晶圓溫度分布圖，燈源所耗功率為 1025.7KJ 以及主動式 控溫板所消耗功率為 4623.6KJ，總消耗功率為 5648KJ。	83

表目錄

表 1、變數及誤差值.....	47
表 2、利用不同矽氧絕緣膜製作場效電晶體閘極氧化層之萃取參數。	61
表 3、低溫液相成長矽氧絕緣膜閘極氧化層在不同製程處理下之元件參數。	63

九十一年度政府部門科技計畫期末摘要報告

計畫名稱：高效率能源技術研究發展計畫—潔淨室省能技術與半導體製程省能技術 (3/5)

審議編號：	91-1405-13-03-08	部會署原計畫編號：	91-D0123				
主管機關：	經濟部能源委員會	執行單位：	國立交通大學				
計畫主持人：	陳俊勳	聯絡人：	陳俊勳				
電話號碼：	(03)5712121 轉 55130	傳真號碼：	03-5721091				
全程期程：	自民國 89 年 3 月 1 日至民國 93 年 12 月 31 日						
研究經費：	[全程] 新台幣 43,203 仟元	[年度] 新台幣	5,100 仟元				
1.執行進度：	預定(%)		實際(%)		差異比較(%)		
	年度	A	100	B	100	A-B	0
	全程	C	60	D	60	C-D	0
2.經費支出：	預定(仟元)		實際(仟元)		支用率(%)		
	年度	E	5,100	F	5,100	F/E	100
	全程	G	23,203	H	23,034	H/G	99.27

[註] A: 100 B: 當年度至期末實際進度 C: 全程計畫累計至當年度之預定進度 D: 全程計畫累計至當年度之實際進度 E: 當年度預算數

F: 當年度實際支用數 G: 全程計畫累計至當年度之預算數 H: 全程計畫累計至當年度之實支數

壹、主要執行成果：〔約 2,000 字以內〕

本年度計畫為五年期計畫之第三年，今年度執行日乃從四月一日起至十二月三十一日止。各項研究項目皆按預定之進度完成，並無落後之情形。

本年度在研究成果方面的重要成果統計如下：

- 1) 論文 17 篇
- 2) 研討會及人才培訓 2 場 共 198 人次
- 3) 一般技術授權 1 項 金額 100,000 元

所完成的工作包括：

- 1) 完成 FFU 型潔淨室室內通風與機台位置之數值最佳化設計並完成實驗驗證，空氣不均勻性 NU 降低至 11% 以下。進行污染物擴散控制與新鮮空氣供應量之研究，距污染源 1m 處可以維持 class 10 等級。
- 2) 電漿處理低溫成長矽氧絕緣膜，降低一數量級絕緣漏電流，達到漏電流 10^{-9}A/cm^2 。高溫處理低溫成長矽氧絕緣膜，400°C 處理可有效改善電特性。
- 3) 應用低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)，達成電晶體開關電流比 On/Off current ratio $> 10^6$ 。
- 4) 低溫成長矽氧絕緣膜技術選擇性成長於矽基板於光阻上，達到選擇比大於 100。應用選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術開發完成奈米級 50nm 線寬。改善低溫成長矽氧絕緣膜技術設備，達到溫控 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。
- 5) 以完成低溫(500°C)成長 BST 薄膜技術並得到相關製程參數及建立相關數據資料庫。以完成 BST 薄膜之添加物並測得其光學折射係數為 2.35、物性介電常數在 400 以上、電性漏電流為 10^{-8}A/cm^2 比預期中好(預期目標為 10^{-7}A/cm^2)。

- 6) 完成快速加熱爐體建立、燈源建立。完成晶圓均溫性加熱系統建立，均溫性 ± 1.6 。完成晶圓均溫性測試，達成均溫性在 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 內，加熱時間可縮短 10%，節省能源 5% $^{\circ}\text{C}$ 。
- 7) 於 10/25 舉辦「半導體製程省能技術」短期人才培育班。於 12/6 舉辦「第三屆高效率能源技術研討會-潔淨室省能技術與半導體製程省能技術」。發行節能論文專刊一冊。

貳、計畫變更說明：[300 字以內之說明]

1. 博士生施智鋼由於已修畢學位，因此自九十一年度八月一日起改由博士生林家榮接任。

參、落後原因：[300 字以內之說明]

本計畫所有研究項目皆按預期之工作進度進行，並無任何落後之情形。

肆、主管機關之因應對策(檢討與建議)：

一、前言

1.1 研究背景

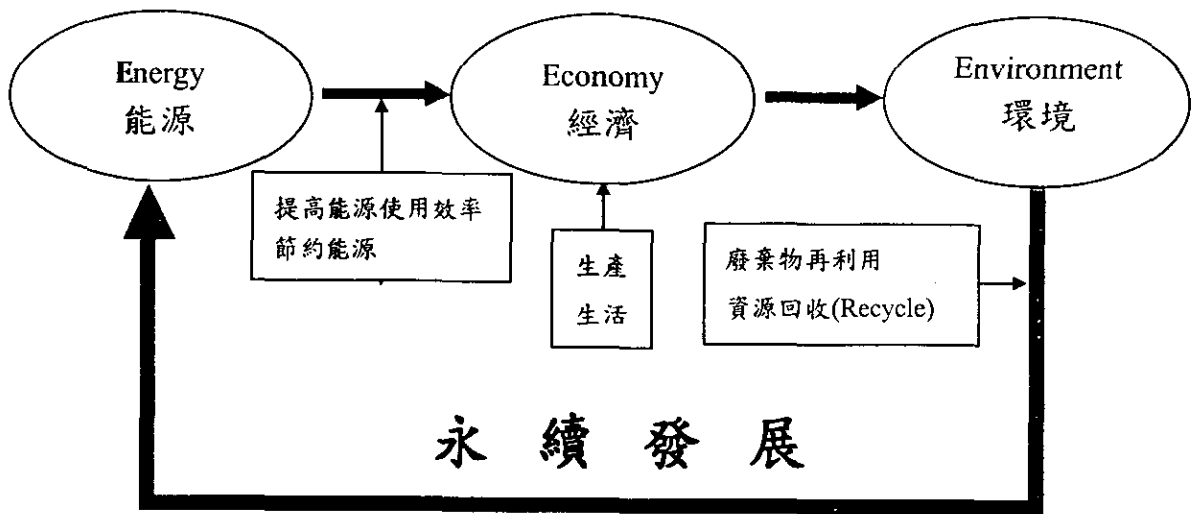
經濟部能源委員會為了加強推動能源科技發展，擴大能源科技團隊，提升能源科技整體研發績效，提出能源科技中心委辦計畫。本計畫乃依據此能源科技中心委辦計畫加以執行。

民國八十七年五月所召開之全國能源會議對我國能源政策做出多項結論，其中在能源結構調整方面獲致結論為『以全方位、多元化原則規劃未來能源結構調整方向』。另在能源效率提升與能源科技發展方面所獲致之結論為致力提升能源效率，應研訂具體計畫，逐步推動（1）工業部門能源效率提升；（2）交通運輸部門能源效率提升；（3）住宅商業部門能源效率提升。

過去五十年間，科技之突飛猛進，再加上經濟成長及人口之激增，造成能源及資源之過度開發及攝取，而連帶使環境遭到嚴重之破壞。當我國經濟發展在轉型成為成熟經濟的過程中，自應在國際互動的情勢下，規劃適宜的 CO₂ 排放目標，公平的承擔防治責任，有效的達成減量目標，同時維持社會和經濟的適量發展。因此，必須將氣候變遷防治措施整合於國家長期發展策略中，成為我國推動永續發展的新動力。所以今後應以永續發展為主要目標，並求經濟和環保間之平衡和諧。也就是藉由提高能源使用效率達成節約能源之目的，並積極開發創新技術以使能源對環境之衝擊降至最低，希望藉此能逐步解決溫室效應、酸雨等全球性之環保問題。對於能源有 95%以上依存進口的台灣地區，如何有效設計、製造或使用這些應用能源之系統或設備以節省能源、增加產能或提高系統使用率便益形重要。

基於這樣之理念，永續發展之推動需從能源(Energy)、經濟

(Economy)、環境(Environment)的 3E 理念同步進行才能有具體之成效，其關聯如下圖所示。因此如能針對這樣之特性，在規劃設計整體能源應用系統時即將能源節約及資源利用的觀念融入，並將國內近年來所開發各項節能技術、產品、資源循環再生、環境保護等技術成果加以整合，以建設成符合永續發展理念。這樣之推動不僅可落實過去多年之研發成果，更可在國內帶動風潮，使能源、經濟及環境三者能共生共榮，提供一個落實永續發展觀念之示範系統。



有鑑於國內近年來民生工業持續不斷發展，能源使用量大增，但在百分之九十五以上能源皆需仰賴能源進口，及國內土地、人工之成本日漸提高，外加環境保護意識高漲的限制條件下，經濟部能源委員會遂行主導，配合經濟發展，社會民主進步與產業競爭市場的需求下，積極領導學術界及產業界從事相關研究。

由於高科技技術之創新進步，製造技術的發展不僅要求關鍵技術的突破，對於製造環境的要求也愈來愈嚴格。在這樣的背景下，潔淨室的應用也就更加普及，除了大家所熟知的半導體廠，封裝測試廠、光電產業使用

外，在生化科技及醫藥科技的發展上，潔淨室也扮演不可或缺的角色，同時精密機械元件的製造甚至高級自行車的噴漆電鍍，也需在潔淨室中進行以確保其品質，這樣的趨勢在世界各地都是如此，所以潔淨室的需求會愈來愈增加。

針對近幾年來興起的半導體工業而言，潔淨室已是其不可或缺的重要設施。主要因為積體電路對於空氣中的浮游粒子、粉塵等之污染極為敏感，且對於產品的品質、可靠性及良率高低有著極大的影響。晶圓製作過程中，造成晶圓缺陷因素甚多。因微塵粒子污染所造成的缺陷佔非常高的比例，所以要如何降低房間內微塵粒子的數目，著實變成潔淨室研究最重要的課題。

雖然潔淨室在控制環境條件和排除微塵粒子的能力及效率，已比初期大大地改善增加，但隨著半導體工業持續朝著增加 IC 密度的方向發展，也日益精密，晶圓製造將從八吋進入到十二吋，元件的最小線徑將由目前的 $0.25\ \mu\text{m}\sim 0.18\ \mu\text{m}$ 進入 $0.11\ \mu\text{m}\sim 0.07\ \mu\text{m}$ 深次微米世紀，而同時 DRAM 容量亦將從 64MB~128Mb 前進至 256MB~1GB 左右的領域，相對於生產環境溫度、濕度和粒子控制的條件，必須有著更嚴格的要求。而潔淨室的建造成本也是水漲船高，為了降低潔淨室的構造成本，新的潔淨室構造概念應運而生。也就是說，在基於成本花費的考量之下，必須研究發展出新的技術方法。而迷你環境潔淨室(Minienvironment Clean Room, MCR)配合 SMIF(Standard Mechanical Interface)之設計概念即為滿足上述要求的構造方法之一。

不論是潔淨室或迷你環境潔淨室，都必須對其內部各項參數做極為嚴格的控制，其中包括氣流速度、氣流分佈、壓力和濕度大小、污染源分佈等等，相對的也耗費了大量的電力，因此，如何設計最佳化的控制

參數以減少能源的消耗是一個很重要的課題。

多年來，以數值方法做二維或三維空間流體的熱流場分析一直都是學術界或工業界所努力的方向。早在 70 年代就有 Hirt 和 Cook 求算三維空間突起物四週的流場分佈。接著 Brown 和 Solvason 則討論矩形隔板兩側的自然對流。近年來，由於電腦科技的進步，更有不少的學者積極投入此方面的研究，例如 Weathers 和 Spilter 即以實際尺寸對室內空氣做實驗和數值法的比較，並同時以層流，壁函數的 $K-\varepsilon$ 模型、低雷諾數的 $K-\varepsilon$ 模型，在空間表面設計不同位置的氣流的入出口，做速度場的分析。而 Chen 及 Van Der Kooi 則以有限元素法陸續對室內空氣的品質、氣流的流場、空調耗能等做多項討論，並以不同數值模式、不同邊界條件來看室內氣流的變化。Murakami 等人更在紊流對流型式的潔淨室內擺設不同位置的障礙物及污染源，研究污染物在室內的濃度大小分佈。Garrison 等人對這通風設計問題，以 N_2 、 CO_2 、 SF_6 等不同的氣體進行模擬量測有害氣體在室內不同位置的濃度，所測量得到的實驗數據，建立一資料庫，並推導一簡單之數學模式，求得在不同時間，有害氣體的濃度變化。同時，在有關供氣式進排氣口的位置排列及不同位置的室內污染源的研究方面，Woods 在 1983 年以實驗方法找出室內有害氣體濃度最高位置，並以相對暴露指數評估何處是屬高危險區域或安全區域。1988 年 Kuenh、對於 10 級的全面層流型式潔淨室作風速和污染粒子擴散的研究，其指出風速的分佈雖然可以用數值模擬的技巧有效地掌握，但是污染粒子的擴散係數卻因不易確定而失去準確性。1993 年 Fujita 利用數值與實驗的方法，討論直管型空氣艙的潔淨室氣流特性，並提出使用此型式的潔淨室可得到潔淨度為 100 級的均勻流場。1994 年 Lang 等人利用數值方法，討論多區潔淨室內，因某特定區域機台發熱，造成室內流場與濃度場的變化，並且建議，當室內有高溫熱源時，可考慮使用向上垂直層流方式通風，

以避免因自然對流與強迫對流的衝突，而造成紊流現象。Nishioka 等人以實驗的方式，用 1:10 尺寸的模型，找出影響 HEPA 過濾器的氣流均勻性之參數。

目前，在潔淨室設備之研發及製造方面，工研院能資所及各大空調設備廠商均已投入大量人力物力，從事相關產品之研發改良。以能資所而言，目前已完成低噪音離心式風機研製、風機濾網機組 (Fan-Filter Unit, FFU) 開發、全熱換氣窗型機開發及管排與板片冷卻水塔分析等研發項目，均已獲致豐碩之成果，因此以單一設備而言，其能源使用效率已提升不少。不過，潔淨室之目的在於提升製程之良率，雖然增加換氣量可以提高潔淨度，使得良率提高，但相對的其耗能也增加許多，因此以經濟觀點，建立通風條件與製程良率之曲線，求得各種製程環境下之最佳化通風控制條件，才能降低能源成本，提升能源使用效率，因此針對整個通風系統、半導體製程與耗能之間關係的釐清是一個值得研究的方向。

考慮到廠務送風系統與製程機台的配置，除可有效的控制粒子污染源的控制外，對通風效率亦有很大的決定作用，另外亦對人身及消防安全也有直接的影響，所以本年度定為研究的對象。

自從積體電路發明以來，半導體元件相關製程一直都是在高溫環境下進行，包括利用高溫熱氧化成長絕緣氧化層、利用低壓化學氣相沉積法沉積複晶矽膜或氮化矽膜、離子佈植後之熱退火處理等，大部份都需要高溫高耗能的儀器設備，以製作高品質的元件。

在成本降低及功能提升的要求下，元件閘極尺寸持續不斷地微縮，許多元件製程也跟著調整以製作出更高性能的元件，此時高溫製程面臨一些難以克服的問題，包括熱預算、熱應力等，於是大量的低溫製程及快速製程研究被提出，其最主要的目標便是降低元件製程中的熱預算，以製作出

尺寸更小性能更好的元件。在這些製程當中，大致分為電漿製程及快速熱退火製程兩種，電漿製程主要利用各種方式(如平行板、電子迴旋共振、電感耦合等)產生高能量電漿源，再以此電漿源在低溫環境下激發化學反應進行沉積，目前電漿製程可以進行的包括絕緣膜沉積、複晶矽沉積及各種金屬沉積等，由於電漿製程可以在低溫環境下進行，所以可以大大地降低製程的熱預算。另外在快速熱退火製程方面，它保有傳統的高溫製程，為了降低熱預算，只好降低製程的時間，如此便可達到同時保有高溫高品質以及較低熱預算的製程，缺點是只能進行少部份的製程(包括熱退火處理及超薄氧化層成長等)。

為了能達到省能的製程，本實驗室開發了室溫成長矽氧絕緣膜技術，利用六氟矽酸超飽和溶液加水後析出矽氧化物，以成長矽氧絕緣膜於矽晶片上，此技術在室溫下進行，可達到省能的要求並且製程設備簡單，不需要昂貴的機台。利用液相沈積法於室溫下成長的矽氧絕緣膜，本實驗室在經過數年的研究下，已充分掌握了此矽氧絕緣膜之成長機制及物性、化性及電性等，並可穩定地成長均勻且高品質之矽氧絕緣膜。在元件微縮至奈米世代後，為了保持元件的高性能，超薄氧化層成為大家爭相研究的課題，在薄化的同時，如何保持氧化層的強度及維持低漏電流，是大家努力的目標，各種改善的製程，包括氮化處理、堆疊結構、高介電質材料等，都被使用來改善氧化層特性。為了確保利用液相沈積法成長的矽氧絕緣膜在未來半導體元件應用的可行性，必須進一步薄化並改善提升其膜質。除了熱退火處理方法外，我們打算從低溫之電漿處理方法尋求突破，在薄化的同時，利用各種電漿處理，加強矽氧絕緣膜膜質，希望能夠改善降低一數量級絕緣漏電流，並保持其介電強度，使此技術能運用在奈米世代元件上。除此之外，液相沈積之矽氧絕緣膜具有選擇性沉積的特性，為了擴大該低溫技術在奈米科技領域的應用，擬探討有機/無機材料之間選擇性低

溫成長矽氧絕緣膜的可行性，藉以發展 50nm 奈米級線寬圖案。

另一方面，由於科技的快速發展，為了增加資訊存取的效率，各種電子元件皆朝向微小化的目標邁進，以高密度、高集積度、高速率、高機能性以及小型化為發展目標，另一方面為了顧及環境保護與節省能源，薄膜材料與元件製程也朝向低溫製程之方向進行。由於鍍膜技術的成熟及對材料特性的了解，鐵電薄膜(ferroelectric thin films)因其多功能而越來越受重視。

一般常用的鐵電材料大多為鈣鈦礦(perovskite)結構，其結構式為 ABO_3 ，以鈦酸鋇($BaTiO_3$)為例，在單位晶包(unit-cell)結構中 Ba 佔據了立方體的八個角落，Ti 佔據了體心位置，而 O 則位於面心位置。鈦酸鋇其主要的應用範圍是在正方晶系結構區，所以我們可以藉由一些等價離子的添加取代 Ba 或 Ti 離子，以改變其居禮溫度及改善其介電特性。常用的添加物有：以 Pb^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Sr^{2+} 來取代 Ba^{2+} ，或是以 Zr^{4+} 、 Sn^{4+} 、 Hf^{4+} 來代替 Ti^{4+} ，其中添加 Sr、Zr、Sn、Nb 會降低居禮溫度。另一方面，由於添加會造成晶格缺陷，而導致擴散係數增加，這種增加會使薄膜的製程溫度降低，達到低溫製程的目的。

由於半導體工業的蓬勃發展和光電元件逐漸實用化，新的薄膜技術也不斷的被開發出來，其中以溶膠-凝膠法(MOD)因其製程簡單、製程溫度低、成本低、對於多成分系統組成控制精確等優點，使得該技術成為最適合應用於高集積度的鐵電記憶元件製程中及改變組成、成分之研究上。

目前微電子製程主要發展之重點是將積體電路的尺寸縮到最小，以及材料和製程的多樣性。在這同時，晶圓的尺寸增大到 12 吋，所以薄膜厚度均勻性就顯的更重要，而單一晶圓製程能提供最好的薄膜均勻性與再重現性，特別是在大尺寸晶圓。快速加溫製程(RTP)探討的就是在單晶圓熱

製程中除了利用降低製程溫度外並且減少加熱時間，可將製程熱預算降到最低，除此之外單一晶圓的製程比整批是爐管在先天上有幾項優點：(1) 單一晶圓製程的晶圓溫度較容易控制、(2) 晶圓表面溫度分佈較多晶圓均勻、(3) 製程溫度範圍大以及(4)環境控制較簡單。

RTP 原本是使用在晶圓退火(annealing)製程中，雖然此應用仍然是最普遍，但快速加熱方法已經延伸到氧化、化學汽相沉積(CVD)與磊晶，而快速加熱製程會遇到的問題分別是：晶圓的加熱及冷卻過程時溫度之均勻性、在製程中如何能夠保持大晶圓之均溫性以及晶圓溫度的量測。本計畫主要的研究重點在於設計新的晶片加熱及控溫系統，提昇晶片溫度的均勻性。我們同時採用 lamps 加熱及傳統的電阻式加熱方法，並加入等溫板，以得到較佳的晶片溫度均勻性。

1.2 研究目的

潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立

1. 利用 Star-CD 之 3D 流體力學數值模擬軟體分析潔淨室與迷你環境室內之流場及溫度場變化，建立分析能力。
2. 模擬之結果，可作為進一步實驗分析之參考。
3. 建立數值模擬、實驗及設計之一貫化程序，以簡化設計流程。
4. 縮短潔淨室設計時間，並節省測試縮花費之人力、物力及金錢。

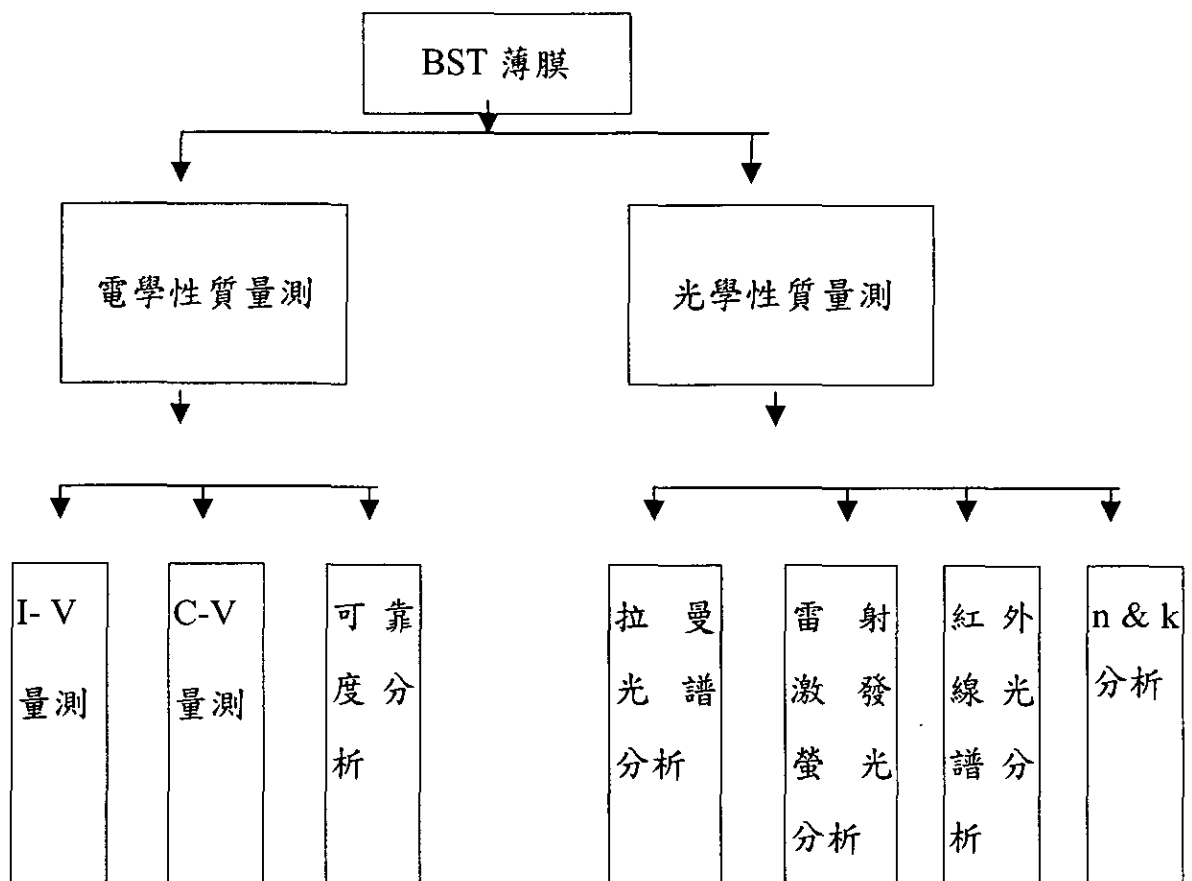
低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

利用液相沈積法於室溫下研發成長的矽氧絕緣膜，雖然物性、化性都已掌握，但為了確保其在未來半導體元件的應用可行性，必須進一步改善提高膜質。同時，為了擴大該低溫技術在奈米科技領域的應用，有必要進一步探討低溫選擇性成長矽氧絕緣膜技術。

低溫製程之研發

由於溶膠-凝膠法(MOD)法具有：(1)純度高(2)膜厚均勻(3)成本低(4)容易製作大面積的薄膜(5)低溫製成(6)精確的化學劑量比(7)易改變系統組成成分等優點，因此本計畫是利用溶膠-凝膠法來製備鈦酸鋇鋇(BST)鐵電薄膜。其中以二甲氧基乙醇與醋酸調配適當比例當溶劑，摻入鋇、鋇-的醋酸化物及四異丙醇基鈦為溶質。在製程條件選擇中，由於適當的選擇前導溶液及添加螯合劑，使得在 500°C 低溫製程下得到良好結晶性高介電常數及低漏電流密度的薄膜。其量測過程如下：

BST 薄膜之電性及光學性質量測項目如下：



BST 薄膜的製程溫度將與使用的起始溶液之濃度與添加物的種類與量相互關聯，並尋求可降低製程溫度的有關起始原料與添加物的參數。這些低溫薄膜並進行電學和光學性質之量測；HP4156 使用來作 I-V 量測，藉 HP4194A 在 100 kHz 進行 C-V 量測，並量測薄膜的雷射激發螢光分析及折射係數，並探討添加物的濃度對薄膜光學性質之影響，所得到的數據將與本計劃上年度所得報告數值作比較，以期添加物來進一步改善 BST 薄膜的特性，所得的數據庫將作為有關半導體工業與光電工業應用的基礎。

12 吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫程省能技術之研發

由於目前實際製程中著重於如何將晶圓表面溫度快速加熱至設定溫度及加熱過程中之晶圓表面溫度均勻性，甚至到達設定溫度後不可有 overshooting 的情形產生，以免燒壞原本沉積在晶圓表面上的 Patterns；目前有些許的製程需要在晶圓到達設定溫度後，持續保持晶圓表面溫度並開始進行反應，但此時要單獨利用燈源將晶圓維持在設定之溫度，且晶圓表面須有良好的均溫性，不容易達到所需之標準。為了要到達晶圓表面溫度均勻性，單獨使用燈源則必須花較長的時間對晶圓加熱，此時，能源損耗也較大。本研究的主要目的是建立快速加熱爐中 12 吋晶圓均溫加熱技術，提昇晶圓之均溫性，同時亦可減少能源使用，達到節省能源的目標。

本研究旨在改進國家之全國能源會議及國際之氣候變化綱要公約所揭櫫之能源使用效率及環境保護之問題，並期望由研究之所得加速提昇我國經濟發展，共同為地球村謀求後代子孫之幸福。

近十年來我國的經濟由於半導體相關產業的發展而持續進步，但也由於其需要高容量及高品質的電力供應，使得我國的能源供應浮現了一些問題，加以環境保護意識的抬頭，更使得能源政策受到了前所未有的挑戰，

因此，除了增設電廠等開源的方法外，如何提升半導體相關產業的能源使用效率，降低其能源消耗更是重要的課題。其中，半導體廠普遍使用的環境潔淨室部分，由於需要極穩定的溫度及流場控制，且必須控制空氣中之微粒子數量，對能源的需求量相當大。除此之外，半導體製程中的快速加熱製程及各項鍍膜長膜製程中均需加熱至一定溫度，也耗費了相當多的電力。所以，本計畫針對『潔淨室省能及先進冷凍空調技術』與『半導體製程省能技術』兩大項目進行探討及研究，以期提升相關產業之能源使用效率，降低生產成本，進而促進經濟發展。

二、計畫執行狀況檢討

2.1 與計畫符合情形

2.1.1 進度符合情形

(1) 實際進度與預定進度比較

1. 潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立

工作項目	比重 %	進度	91 年												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
完成數值模擬之物理模型的建立	10	預定				■	■	■	*1						
		實際				■	■	■	*1						
完成數值模擬之省能設計	15	預定							■	■					
		實際							■	■					
完成潔淨室數值模擬之實驗驗證	40	預定								■	■	■			
		實際									■	■	■		
執行污染物擴散控制與新鮮空氣供應量之研究	35	預定													*4
		實際													*4
合計	100	預定累計						35		70				100	
		實際累計						35		70				100	

2. 低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

工作項目	比重 %	進度	91 年												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
探討低溫成長矽氧絕緣膜的電漿處理效應；探討低溫成長矽氧絕緣膜的高溫處理效應	30	預定				██████████									
		實際				██████████									
低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)的應用開發	20	預定					██████████								
		實際					██████████								
選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的探討	10	預定						██████████							
		實際						██████████							
選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的應用開發	20	預定						██████████							
		實際						██████████							
低溫成長矽氧絕緣膜技術設備的自動化改善	20	預定										██████████			
		實際										██████████			
合 計	100	預定累計				45			75			100			
		實際累計				45			75			100			

3. 低溫製程之研發

工作項目	比重%	進度	91 年												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
完成低溫薄膜的光學性質之量測	15	預定				■	■	■	*10						
		實際				■	■	■	*10						
完成添加物對低溫薄膜物理性質之影響分析	20	預定						■	■	*11					
		實際						■	■	*11					
完成添加物對低溫薄膜電學性質之影響分析	30	預定								■	■	*12			
		實際								■	■	*12			
完成添加物對低溫薄膜光學性質之影響分析	35	預定										■	■	■	*13
		實際										■	■	■	*13
合計	100	預定累計				45			75			100			
		實際累計				45			75			100			

4. 12吋圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術開發

工作項目	比重%	進度	91 年												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
完成低溫薄膜的光學性質之量測	15	預定				■	■	■	*14						
		實際				■	■	■	*14						
完成添加物對低溫薄膜物理性質之影響分析	20	預定						■	■	*15					
		實際						■	■	*15					
完成添加物對低溫薄膜電學性質之影響分析	30	預定								■	■	*16			
		實際								■	■	*16			
完成添加物對低溫薄膜光學性質之影響分析	35	預定										■	■	■	*17
		實際										■	■	■	*17
合計	100	預定累計				45			75			100			
		實際累計				45			75			100			

5. 半導體製程及設備省能技術短期人才培訓班及研討會

工作項目	比重 %	進度	91 年												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
人才培訓班講師邀請及時間、場地確定	10	預定				■	■	■	*18						
		實際				■	■	■	*18						
研討會第一次籌備	10	預定							■	■					
		實際							■	■					
人才培訓班郵寄簡章及上網公告；研討會第二次籌備	30	預定											■		
		實際											■		
完成研討會海報文宣製作；人才培訓班舉辦	30	預定												■	
		實際												■	
研討會舉辦	20	預定													■
		實際													■
合 計	100	預定累計				45			70			100			
		實際累計				45			70			100			

(2) 查核點說明

查核點	預定時間	查核點概述	實際時間	差異說明
*1	91年06月	完成數值模擬之物理模型的建立	91年06月	無差異
*2	91年07月	完成數值模擬之省能設計；數值上降低空氣不均勻性 $NU < 11\%$	91年07月	無差異
*3	91年09月	完成潔淨室數值模擬之實驗驗證，降低空氣不均勻性 $NU < 11\%$	91年09月	無差異
*4	91年12月	執行污染物擴散控制與新鮮空氣供應量之研究，距污染源 1m 處維持 class 10。	91年12月	無差異
*5	91年06月	完成探討低溫成長矽氧絕緣膜的電漿處理效應（漏電流降低一位數）；探討低溫成長矽氧絕緣膜的高溫處理效應（ 400°C 為目標）	91年06月	無差異
*6	91年07月	完成低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)的應用開發(電晶體具有卓越電流-電壓特性, $\text{On/Off} = 10^6$)	91年07月	無差異
*7	91年09月	完成選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的探討(選擇比 > 100)	91年09月	無差異
*8	91年11月	完成選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的應用開發(奈米級 50nm 線寬)	91年11月	無差異
*9	91年12月	完成低溫成長矽氧絕緣膜技術設備的自動化改善(溫控 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)	91年12月	無差異
*10	91年06月	完成低溫薄膜的光學性質之量測，達成光學折射係數 2.35	91年06月	無差異
*11	91年07月	完成添加物對低溫薄膜物理性質之影響分析，介電常數達 400 以上	91年07月	無差異

*12	91年09月	完成添加物對低溫薄膜電學性質之影響分析，漏電流為 $10^{-7}/\text{cm}^2$	91年09月	無差異
*13	91年12月	完成添加物對低溫薄膜光學性質之影響分析	91年12月	無差異
*14	91年06月	完成快速加熱爐爐體建立	91年06月	無差異
*15	91年07月	完成快速加熱爐之燈源建立	91年07月	無差異
*16	91年09月	完成晶圓等溫加熱系統建立，均溫性可達 $\pm 1.6^\circ\text{C}$	91年09月	無差異
*17	91年12月	完成晶圓等溫性測試，加熱時間可縮短 10%，節省能源 5%	91年12月	無差異
*18	91年06月	人才培訓講師邀請及時間、場地確定	91年06月	提前完成
*19	91年07月	研討會第一次籌備	91年07月	無差異
*20	91年09月	人才培訓班郵寄簡章及上網公告；研討會第二次籌備	91年09月	無差異
*21	91年10月	完成研討會海報文宣製作；人才培訓班舉辦	91年10月	無差異
*22	91年12月	研討會舉辦	91年12月	無差異

2.1.2 目標達成情形

計畫目標	達成狀況	差異檢討
<p>1. 潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計</p>	<p>1)完成 FFU 型潔淨室室內通風與機台位置之數值最佳化設計並完成實驗驗證，空氣不均勻性 NU 降低至 11%以下。</p> <p>2)進行污染物擴散控制與新鮮空氣供應量之研究，距污染源 1m 處可以維持 class 10 等級。</p>	<p>完全符合進度，無差異情形</p>
<p>2. 低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用：</p>	<p>1)電漿處理低溫成長矽氧絕緣膜，降低一數量級絕緣漏電流，達到漏電流 $10^{-9}A/cm^2$。</p> <p>2)高溫處理低溫成長矽氧絕緣膜，400°C 處理可有效改善電特性。</p> <p>3)應用低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)，達成電晶體開關電流比 On/Off current ratio $> 10^6$。</p> <p>4)低溫成長矽氧絕緣膜技術選擇性成長於矽基板於光阻上，達到選擇比大於 100。</p> <p>5)應用選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術開發完成奈米級 50nm 線寬。</p> <p>6)改善低溫成長矽氧絕緣膜技術設備，達到溫控 $\pm 1^\circ C$。</p>	<p>完全符合進度，無差異情形</p>

計畫目標	達成狀況	差異檢討
3. 低溫製程之研發	1) 以完成低溫(500°C)成長BST 薄膜技術並得到相關製程參數及建立相關數據資料庫。 2) 以完成BST 薄膜之添加物並測得其光學折射係數為2.35、物性介電常數在400以上、電性漏電流為 10^{-8} A/cm ² 比預期中好(預期目標為 10^{-7} A/cm ²)。	完全符合進度，無差異情形
4. 12吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術研發	1) 完成快速加熱爐體建立、燈源建立。 2) 完成晶圓均溫性加熱系統建立，均溫性 $\pm 1.6^{\circ}\text{C}$ 3) 完成晶圓均溫性測試，達成均溫性在 $\pm 2.0^{\circ}\text{C}$ 內，加熱時間可縮短10%，節省能源5%	完全符合進度，無差異情形
5. 半導體製程及設備省能技術短期人才培訓班及研討會	1) 於10/25舉辦「半導體製程省能技術」短期人才培育班。 2) 於12/6舉辦「第三屆高效率能源技術研討會-潔淨室省能技術與半導體製程省能技術」。 3) 發行節能論文專刊一冊。	完全符合進度，無差異情形

2.1.3 計畫延長或變更執行情形

本計畫自91年4月1日開始執行至12月31日，並無任何延長或變更執行之情形，完全符合預定之進度。

2.2 資源運用檢討

2.2.1 人力運用情形

單位：人年

分項計畫		職 稱					學 歷					合計
		研究員級	副研究員級	助理研究員級	研究助理員	技術員級以下	博士	碩士	學士	專科	其他	
潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立	預計	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
	實際	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用	預計	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
	實際	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
低溫製程之研發	預計	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
	實際	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
12吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術開發	預計	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
	實際	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
半導體製程及省能技術短期人才培訓班及研討會	預計	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
	實際	0.375	---	0.375	0.45	---	0.375	0.375	0.45	---	---	1.2
總 計	預計	1.875	---	1.875	2.25	---	1.875	1.875	2.25	---	---	6
	實際	1.875	---	1.875	2.25	---	1.875	1.875	2.25	---	---	6

【備註】本表中之橫短線(---)表示原計畫書中並無該項預估值。

2.2.2 設備購置情形

儀器設備名稱 (中、英文)	國別/廠牌 /型號	功能 / 用途	主 要 規 格	購置金額 及 日期	財產 編號
(無)					

2.2.3 經費運用情形

自91年4月1日至91年12月31日止

會計科目	預算數		流用後		決算數	
	金額(仟元) (B)	佔經常及資本門總額% C=(B/A)	金額(仟元) (D)	佔經常及資本門總額% E=(D/A)	金額(仟元) (F)	佔預算數各科目執行率% G=(F/B)
一、經常支出						
1.人事費	1,855	36.37	1,855	36.37	1,855	100.00
2.旅運費	264	5.18	185	3.62	185	70.08
3.材料費	1,318	25.84	1,318	25.84	1,318	100.00
4.維護費	—	—	—	—	—	—
5.業務費	850	16.67	929	18.22	929	109.29
6.設備使用費	350	6.86	350	6.87	350	100.00
7.管理費	463	9.08	463	9.08	463	100.00
8.其他(含公費)	—	—	—	—	—	—
經常門合計	5,100	100.00	5,100	100.00	5,100	100.00
二、資本支出						
1.土地						
2.房屋及設備						
3.機械及設備						
4.雜項設備						
5.其他權利						
資本門合計	—	—	—	—	—	—
總計(A)	5,100	100.00	5,100	100.00	5,100	100.00

【備註】本計畫年度結算金額 5,099,914 元(請填寫至個位數)。

2.2.4 人員出國統計表

出國編號	出國目的	出國地點	出國期間	參加人員	出國內容摘要 / 對本計畫之助益
	1. 參加國際會議 「第二屆奈米級光譜及奈米技術國際研討會」 2. 參訪日本公司 (1) Organo Corporation (2) Daikin Corporation 3. 邀請講師來台	日本	11/24 ~ 11/30	葉清發	<p><u>會議大要</u></p> <p>奈米製造技術之演進已促使半導體奈米構造、不論物性上或電子、光電元件應用上有進一步發展。為了評測這類奈米構造，已有各種不同光譜技術被開發出來，它們的側面解像力都比 100nm 還好。2000 年 12 月 11~14 於意大利舉辦之第一屆奈米級光譜及在半導體上應用之國際研討會，曾有來自 13 個國家 74 位參加者，雖屬小規模研討會，但頗具特色，也受到國際注目。本屆繼上一屆，在此快速成長領域，不論是科學或技術知識上，提供研究者一個交流機會，尤其邀請的科學家遍及工業界、學術界、國家實驗室，連同參加者共有 150 位左右。</p> <p>研討會的焦點有下列數項：</p> <ul style="list-style-type: none"> i) Spectromicroscopy with synchrotron radiation (PEEM, Fresnel zone plates, Schwarzschild optics, SXTM) ii) Electron microscopy (CL-TEM, CL-SEM, SAM, TEM-EELS, SEM-FA) iii) Scanning probe techniques (STS, SNOM, CL-STM, OBIC) iv) Nanostructures (quantum dots, quantum wires, nanotubes) v) Nanofabrication technology (nanolithography)

					<p><u>參觀日本公司</u></p> <p>(1)Organo Corporation , Electronics Plant Division , (接洽人今岡孝之博士) , 東京都江東區新砂 1-2-8 , 高效率減廢之功能水(含氫水及臭氣水)設備暨設計公司。</p> <p>(2)Daikin Corporation , Chemical Division , (接洽人：板野充司博士)。</p> <p><u>邀請講師</u></p> <p>(1) 今岡孝之博士(Organo Corp.)：半導體暨 LCD 之高效率節水清洗技術。</p> <p>(2) 板野充司博士(Daikin Corp.)：半導體之高效率化學濕式蝕刻技術。</p> <p>(3) 國井泰夫博士(日立國際電氣會社)：半導體薄膜省能技術。</p>
--	--	--	--	--	---

2.2.5 計畫收入繳庫數

科 目		金額(新台幣元)	備 註	
財 產 收 入	不動產租金	---		
	動產租金	---		
	廢舊物資售價	---		
	權 利 售 價	技術授權	80,000	與德商麥士特有限公司(台灣分公司)簽訂一般技術授權合約,技術授權項目名稱:潔淨室 Calamity 系統。
		權利金	---	
		先期技術授權	---	
		製程使用	---	
其他	---			
罰金罰鍰收入		---		
其 他 收 入	供應收入—			
	資料書刊費	---		
	服務收入—	---		
	教育學術服務	---		
	技術服務	---		
	業界合作	---		
	廠商配合款結餘			
	收回以前年度歲出	---		
孳息收入	---			
其他什項	---			
合 計		80,000		

【備註】

- 一、本表所列金額係指實際繳庫數,已扣除營業稅、印花稅...等必要支出。
- 二、備註欄內請註明項數及家數。
- 三、本表中之橫短線(---)表示原計畫書中並無該項預估值。

2.2.6 保留款項執行情形

本年度無前一度保留款項之執行。

三、成果說明

3.1 重要研究成果統計表

成 果 項 目				預 定	實 際 達 成	成 果 項 目				預 定	實 際 達 成
專 利 權 (項數)	申 請	國 內		0	0	研 究 技 術 報 告 調 查 (篇 數)	技 術 研 究 報 告 調 查 訓 練 出 國 分 包	技 術		4	4
		國 外		0	0			調 查		0	0
	獲 得	國 內		1	0			訓 練		1	1
		國 外		0	0			出 國		1	1
	運 用	國 內		0	0			分 包		0	0
		國 外		0	0			件 數		0	0
論 文 (篇數)	期 刊	國 內		2	0	技 術 引 進 一 般 技 術 授 權	件 數 廠 家 數 技 術 授 權 金 權 利 金 其 他	件 數		0	1
		國 外		8	12			廠 家 數		0	1
	研 討 會	國 內		5	1			技 術 授 權 金		0	100
		國 外		2	5			權 利 金		0	0
業 界 合 作 (一) 合 作 研 究	件 數 廠 家 數 配 合 款 先 期 技 術 授 權 金 權 利 金			0	0	技 術 服 務	件 數 項 數 金 額	件 數		0	0
				0	0			廠 家 數		0	1
				0	0			配 合 款		0	0
				0	0			先 期 技 術 授 權 金		0	0
				0	0			權 利 金		0	0
業 界 合 作 (二) 先 期 參 與	件 數 廠 家 數 技 術 服 務 費 先 期 技 術 授 權 金 權 利 金			1	0	分 包 研 究	學 界 件 數 金 額 業 界 件 數 金 額	學 界 件 數		0	0
				1	0			金 額		0	0
				0	0			業 界 件 數		0	0
				100	0			金 額		0	0
				0	0			研 討 會		1	1
促 進 投 資 生 產	項 數			0	0	(座 談 會、 示 範 觀 摩 會)	場 次 人 數 金 額	場 次		1	1
	件 數			0	0			人 數		80	123
宣 導 手 冊	數 量			0	0	推 廣 活 動	場 次 金 額	場 次		0	1(培 訓 班)
	金 額			0	0			金 額		0	65

備註：1. 「預定」係指本計畫本年度預定目標。

2. 「實際達成」請填寫本計畫本年度開始至本期期間之累計統計數字。

3. 技術服務之件數係指服務之廠家數；項數係指本計畫各項技術之名稱。

4. 凡金額數字皆以仟元計。

3.2 重要研究成果清單

(1) 表 A：專利申請一覽表

項次	申請編號	專利名稱	申請日期	國家	類別
1	(無)				

(2) 表 B：專利獲得一覽表

項次	專利證號	專利名稱	獲證日期	國家	類別	發明人	專利時間
1	(無)						

(3) 表 C：專利運用一覽表

項次	專利證號	專利名稱	運用廠商	效益說明
1	(無)			

(4) 表 D：論文一覽表-I

項次	論文名稱	刊出日期	期刊名稱 / 期別	國家	起迄頁數
1.	Highly Reliable Liquid-Phase-Deposited SiO ₂ with Nitrous Oxide Plasma Post-Treatment for Low-Temperature-Processed Polysilicon Thin Film Transistors	October 15, 2002	Japan Journal of Apply Physics/ vol. 41, Part 1 No. 10	日本	pp. 1-8

2.	An improved two-frequency method of capacitance measurement for SrTiO ₃ as high-k gate dielectric	Sep. 2002	IEEE Electron Device Lett., 23(9)	美國	pp.553-555
3.	Microwave penetration depth measurement for high-Tc superconductors by dielectric resonators	2002	IEEE Trans. On Instrument and Measurement, 51(3)	美國	pp.433-439
4.	Deep electron trapping centers in Te-doped (Al _x Ga _{1-x}) _{0.5} In _{0.5} P layers grown by MOCVD	2002	Jpn. J. Appl. Phys., Vol.41, part 1, #6A,	日本	pp.3671-72
5.	A model of non-homogeneous damped electromagnetic wave and heat equation in ferrite materials	2002	J. Magnetism and Magnetic Materials, 239	美國	pp.402-405
6.	Dependence of luminescence efficiency on dopant concentration and sintering temperature in the erbium doped Ba _{0.7} Sr _{0.3} TiO ₃ thin films	August 2002	J. Appl. Phys., 92(4)	美國	pp.1868-1872
7.	Electrical and dielectric behavior of MgO doped Ba _{0.7} Sr _{0.3} TiO ₃ thin films on Al ₂ O ₃ Substrate	2002	Appl. Phys. Lett., 80(10).	美國	pp. 1797-1799
8.	Enhanced ferroelectric properties of Pb(Zr _{0.53} Ti _{0.47})O ₃ thin films on SrRuO ₃ /Ru/SiO ₂ /Si substrates	2002	Appl. Phys. Lett., 80	美國	pp.3790-3792
9.	A method to characterize the dielectric and interfacial properties of metal-insulator-semiconductor structure by microwave measurement	April 2002	J. Appl. Phys., Vol. 91, #8,	美國	pp.5275-5282
10.	Dielectric tenability of barium strontium titanate films prepared by a sol-gel method	2002	Thin Solid Film, 408	英國	pp.194-199
11.	Electrical and dielectric properties of (Ba _{0.5} Sr _{0.5})TiO ₃ thin films prepared by a hydroxide-alkoxide precursor-based sol-gel method	(in print) 2002	Materials Chem. And Phys.,	荷蘭	P281

12.	Composite and multilayer ferroelectric thin films: processing, properties and applications – a review	2002	Journal of Mater. Sci. Materials in Electronics, 13	美國	pp.439-459
-----	---	------	---	----	------------

表 D：論文一覽表-2

項次	論 文 名 稱	刊出日期	會議名稱 / 期別	國 家	起迄頁數
1.	Novel Post CMP Cleaning Using Buffered HF Solution and Ozone Water	October 21-25	Fourth International Symposium on Control of Semiconductor Interfaces	日本	pp.1-8
2.	Novel Device Transfer Technology by Backside Etching (DTTBE) for High Performance Poly-Si TFTs on Plastic Substrate	July 1-3, 2002	2002 Asia-Pacific Workshop on Fundamentals and Applications of Advanced Semiconductor Devices	日本	pp.175-178
3.	Impact of Airborne Molecular Contamination to Nano-device Performance	August 26-28, 2002	Proceedings 2002 2nd IEEE Conference on Nanotechnology	美國	pp.461-464
4.	Electrical properties of SrTiO ₃ gate dielectric	Aug.25-28, 2002	Abstract of Electroceramics VIII	Roma	
5.	A novel method to characterize the dielectric and interfacial properties of Ba _{0.5} Sr _{0.5} TiO ₃ /Si by microwave measurement		ICMETS 2002	愛爾蘭	paper ref. #32
6.	Measurements Airflow and Analysis Factors Influencing Laminar Level in Class 10 Pilot Scale Clean Room	Dec6 2002	第三屆高效率能源技術研討會	台灣	

(5) 表 E: 報告一覽表

項次	報告名稱	類別	完成日期	語言	機密等級	頁數
1	Highly Reliable Liquid-Phase Deposited SiO ₂ with Nitrous Oxide Plasma Post-Treatment for Low Temperature Processed Poly-Si TFT's	技術報告	2002.10	英文	公開	12
2	利用MOD低溫製程鈦鍍銀薄膜之添加物電性及光學性質研究	技術報告	2002.08	中文	公開	23
3	12吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術研發	技術報告	2002.11	中文	公開	14
4	國內外潔淨室節能現況及研究	技術報告	2002.12	中文	公開	12
5	日本出國報告	出國報告	2002.12	中文	公開	2
6	潔淨室省能技術與半導體製程省能技術人才培訓班	訓練報告	2002.10.25	中文	公開	164
7	高效率能源技術研討會 潔淨室省能技術與半導體製程省能技術	研討會論文集	2002.12.6	中文	公開	229

(6) 表 F: 技術引進一覽表

項次	技術名稱	技術來源	引進金額(仟元)	效益說明
1	(無技術引進)			

(7) 表 G：一般技術授權一覽表

項次	技術授權項目名稱	廠商名稱	簽約日期	授權金(仟元)	權利金(仟元)	合約期間
1	潔淨室 Calamity 系統	德國商麥士特有限公司 (台灣分公司)	2002.06.21	100	0	2002.06.21~2003.06.21

(8) 表 H：業界合作一覽表

項次	合作項目名稱	廠商名稱	配合款	先期技術授權金	權利金	技術服務費	合作方式	成果及效益說明
1	(無)						合作研究	
2							先期參與	

(9) 表 I：分包研究一覽表

項次	分包項目名稱	主持人	金額(仟元)	簽約日期	執行期間
1	(無)				

(10) 表 J：技術服務一覽表

項次	技術服務名稱	技術服務費	服務對象	項次	技術服務名稱	技術服務費	服務對象
1	(無)			2			

(11) 表 K：促進投資生產一覽表

項次	投資項目名稱	廠商名稱	投資金額 (仟元)	內容及效益說明
1	(無)			

(12) 表 L：活動一覽表

項次	活動名稱	舉辦地點	主辦單位	舉辦日期	人次	形態
1	潔淨室省能技術與半導體製程省能技術人才培訓班	交大工程五館三樓視廳教室(R324)	高效率能源技術研究中心	2002.10.25	65	人才培訓班
2	高效率能源技術研討會	交大浩然圖書館國際會議廳	高效率能源技術研究中心	2002.12.06	123	技術研討會

【備註】型態包含研討會、座談會、示範觀摩會及推廣活動等。

(13) 表 M：宣導手冊一覽表

項次	手冊名稱	數量	出版日期	金額	備註
1.	(無)				
2.					

3.3 經濟效益分析 (量化及非量化)

潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立

- 潔淨室模擬技術之掌握。
- 確立 Star-CD 在潔淨室流場設計之準確性，可提供業界參考。
- 模擬及實驗結果可提供業界參考，節省業界研發時間預計可達 3 個月，節省研發經費估計可達 200 萬以上。

低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

1. 低溫成長矽氧絕緣膜整合型機台(清洗、藥品配置及沉積整合槽、過濾管線及恆溫機)- 約 50 萬/台
2. 高溫熱氧化機台(石英管、加熱設備及溫控設備)- 約 100 萬/台
3. 電漿輔助化學氣相沉積系統 (電漿產生器、真空幫浦、沉積腔體、加熱設備及電腦控制系統)- 約 300 萬/台
 - A. 整合型機台對高溫熱氧化機台
建置費用 可節省約 $(100-50)/100 = 50\%$
 - B. 整合型機台對電漿輔助化學氣相沉積系統
建置費用 可節省約 $(300-50)/300 = 83\%$

根據以上計算，使用低溫成長矽氧絕緣膜整合型機台至少可節省 50% 以上的建置成本。

低溫製程之研發

1. 利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鋇(BST)鐵電薄膜，可節省整體製程約 45% 的時間。
2. 利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鋇(BST)鐵電薄膜，有較佳的薄膜特性，使得漏電流由預期的 10^{-7}A/cm^2 降至 10^{-8}cm^2
3. 利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鋇(BST)鐵電薄膜，所使用的設備機台較為簡便，可大大節省機台設備費。

12 吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術開發

「一度電」就是 1,000(W)瓦耗電的用電器具，使用一小時所消耗的電量。RTP 設計時須考量 ramp up 之速率，所以通常需要較大的能量，從文獻數據得知熱通量約為 100 W/cm^2 。在單晶圓熱製程中以長氧化層為例，晶圓必須較長時間加熱，估計整個晶圓約需 72900W(其中包括了晶圓所吸收的熱量與散失到外界的熱量)，若此 RTP 設備使用一小時需要 72.9 KWH，大約為 73 度電，一年總共消耗了 $73 \times 24 \times 365 = 639480$ 度電。若製程中熱通量可少於 80 W/cm^2 就可省近 1/5 的用電量。

半導體製程及設備省能技術短期人才培訓班及研討會

本中心於研究中舉辦一場節能之人才培訓班，共有 65 為學員參加，期望透過人才培訓之方式將節能之觀念與技術推廣至各界；另舉辦一場研討會共有 123 為國內外學者參與，並邀請於節能方面具相當豐富經驗之日本專家學者蒞臨指導，以期能提昇國內之節能技術。

3.4 能源效益分析 (量化及非量化) 及估算方式說明

潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立

本研究中，顯示經由 FFU 風速之控制，在 class 10 的條件下，其電力之消耗可降低 5.7%。

估算方式：以本中心之潔淨室而言，在有發熱機台存在，並設定入口風速 0.5m/s，其未加改善之耗電量為 $220V \times 35A = 7700W$ 。但當改善後，入口風速可降低至 0.3m/s，電壓不變，但電流減少為 30A，則耗電量為 $220V \times 33A = 7260W$ ，其將低耗電量可達 $(7700-7260)/7700=5.7\%$

低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

A. 以低溫成長矽氧絕緣膜整合型機台成長 1000Å 矽氧絕緣膜

恆溫機輸出功率 500W，攪拌機輸出功率 26W，真空馬達輸出功率 400W。

1. 藥品配置:

溶液攪拌耗能 $24 \text{ hrs} \times 26 \text{ W} = 0.624$ (千瓦-小時)

恆溫機耗能 $24 \text{ hrs} \times 500 \text{ W} = 12$ (千瓦-小時)

2. 藥品過濾:

真空馬達耗電 $1 \text{ hr} \times 400 \text{ W} = 0.4$ (千瓦-小時)

3. 成長矽氧絕緣膜:

恆溫機耗能 $6 \text{ hrs} \times 500 \text{ W} = 3$ (千瓦-小時)

總耗能: $0.624 + 12 + 0.4 + 3 = 16.024$ (千瓦-小時)

B. 以高溫熱氧化機台成長 1000Å 矽氧絕緣膜

高溫爐加熱設備最大輸出功率 11760W，流量控制器輸出功率 4 W。

1. 加熱升溫:(以最大功率輸出)

$$0.5 \text{ hr} \times 11760 \text{ W} = 5.88 \text{ (千瓦-小時)}$$

2. 高溫成長:(假設平均以 70% 最大輸出功率輸出)

$$1.5 \text{ hr} \times 8232 \text{ W} = 12.348 \text{ (千瓦-小時)}$$

3. 流量控制器耗能:

$$1.5 \text{ hr} \times 4 \text{ W} = 0.006 \text{ (千瓦-小時)}$$

$$\text{總耗能: } 5.88 + 12.348 + 0.006 = 18.234 \text{ (千瓦-小時)}$$

以低溫成長矽氧絕緣膜技術成長矽氧絕緣膜節能效益：

$$\text{效益 } (18.234 - 16.024) / 18.234 = 12.1 \%$$

所以利用省能低溫成長絕緣膜技術成長絕緣膜可節省能源約 12 %。

低溫製程之研發

1. 由於製程條件的改善，使得利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鉬(BST)鐵電薄膜，可節省整體製程約 25%的電量
2. 利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鉬(BST)鐵電薄膜，可節省約 8%的材料費

12 吋晶圓快速加熱製程省能技術開發

在本研究中熱通量為 40 W/cm^2 (12 吋晶圓面積為 729.66 cm^2 ，加熱燈源熱量為 29000W)，一般業界為溫度上升速率為 100°C/s 所需的熱通量大約為 100 W/cm^2 ，故要節省能源則必須縮短製程時間以及有良好的絕熱，以減少熱散失。在本實驗結果中，晶圓經過 295sec 的加熱後，燈源以及主動式控溫板能源消耗為 5648 kJ 。但在單晶圓製程中，成長 SiO_2 所需一分鐘的時間(燈源可提供熱量為 72900W)，估計燈源消耗能源大約為 21870 kJ 。

四、結論與建議

4.1 研究結果

4.1.1 潔淨室送風系統與機台配置最佳化及污染物擴散之實驗建立

本潔淨室省能技術之研發去年之研究內容為針對一特定尺寸之潔淨室，設定其機台之位置及發熱量，研究機台對潔淨室通風系統設計之各項參數之影響。其結果對機台所產生之熱堆積及熱擴散做一初步的研究，並對二氧化碳的產生做一些探討。

因為由去年結果，我們發現機台發熱是造成潔淨室內氣流流動不穩定的重要原因之一，因此今年我們針對機台發熱的問題作進一步探討，在增加相關模擬條件下，更進一步接近真實狀況。研究內容完全符合預度進度且無落後情形，各查核點如下所述：

(一)完成數值模擬之省能設計；數值上降低空氣不均勻性 $NU < 11\%$

本查核點為 7 月底查核，在模擬上我們初步確立模擬所需要的物理模型，例如空間的尺寸、初始條件及邊界條件，並確立數值模擬之紊流方程式，壁函數，使用之數值方法及收斂條件，並根據事先預設之環境變數展開模擬。模擬其詳細結果如期中報告所述。

(二)完成潔淨室數值模擬之實驗驗證，降低空氣不均勻性 $NU < 11\%$

根據上述查核點所得出之結果，我們進一步以實驗加以驗證。此部分分為 1.對實驗條件之釐清。2.實驗設備之建立。3.設備之校正及歸零。4.實驗結果驗證。5.不準度分析。最後再將所得之結果與數值之結果比較。

實驗設備

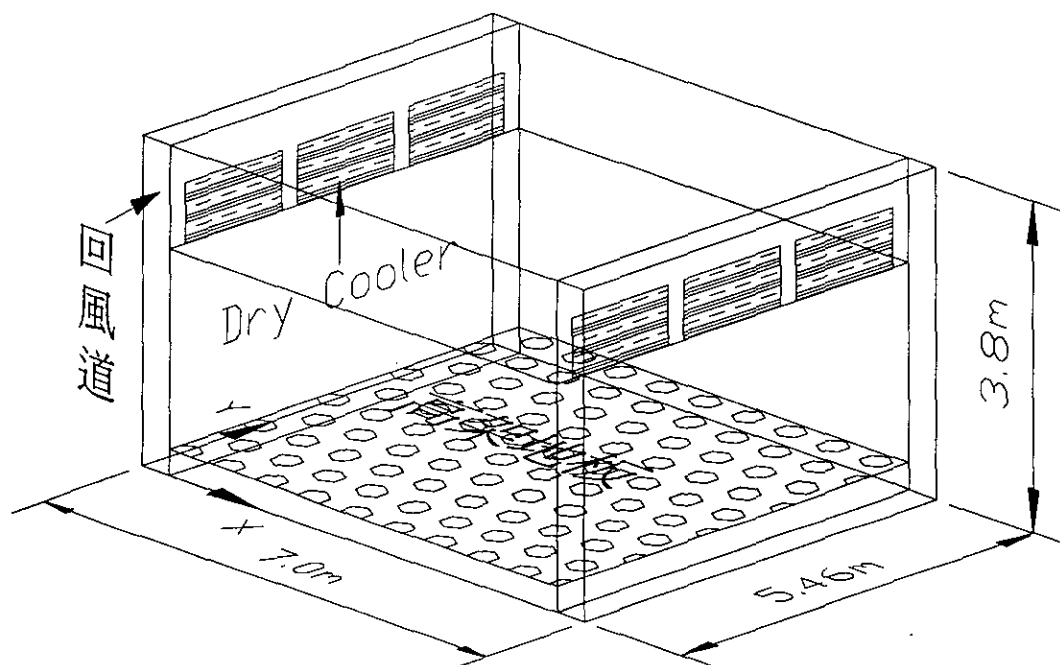
本研究的實驗內容是針對一個規模較小的潔淨室實際進行流場速度之量測，量測潔淨室室內氣流場的分佈情形，能瞭解一些氣流影響因子對潔淨室流場的影響範圍，將有助於潔淨室的設計與規劃。本研究的實驗設備包括小型的潔淨室及潔淨室流場量測專用超音波風速計。

潔淨室

本研究所進行流場量測之潔淨室位於交通大學工程五館 505 室，此潔淨室於民國 90 年 10 月 30 日建造完成，潔淨度等級依照美國聯邦標準 FS209E 為等級 10 之潔淨室，其中主要的部分包括：等級 10 之潔淨室、等級 1000 之更衣室、浴塵室及外氣空調箱等。

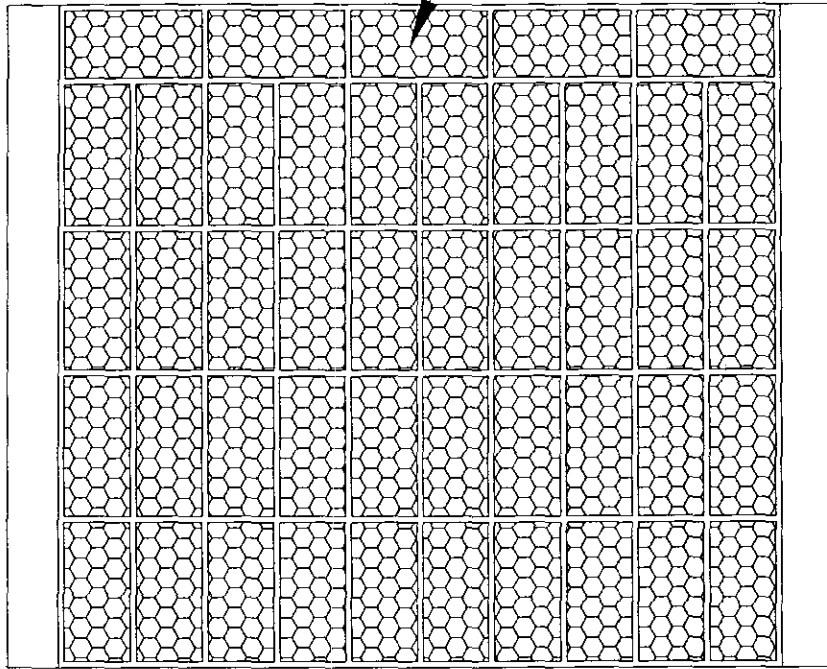
潔淨室

505 室潔淨室的幾何尺寸大小如圖一所示，中間區域為潔淨度等級為 10 的潔淨空間，長寬高分別為 $7.0\text{m} \times 5.46\text{m} \times 3.8\text{m}$ ，其中高架地板的高度為 0.3m ，兩旁是循環空氣的回風道，也是外氣空調箱注入新鮮空氣的地方，它的寬度為 0.42m 。潔淨室上方佈滿 45 個風機濾網機組，提供潔淨室內均勻的層流流場，如圖二所示，前面 4 排各由 10 個風機濾網機組所組成，最後一排為 5 個風機濾網機組組成。照明設備為 16 支 4 尺燈，如圖三所示，一共有 4 列，每列由 4 支 4 尺日光燈組成，並且在日光燈外圍有流線型的燈罩保護著，這也是為了避免干擾潔淨室室內的流場。

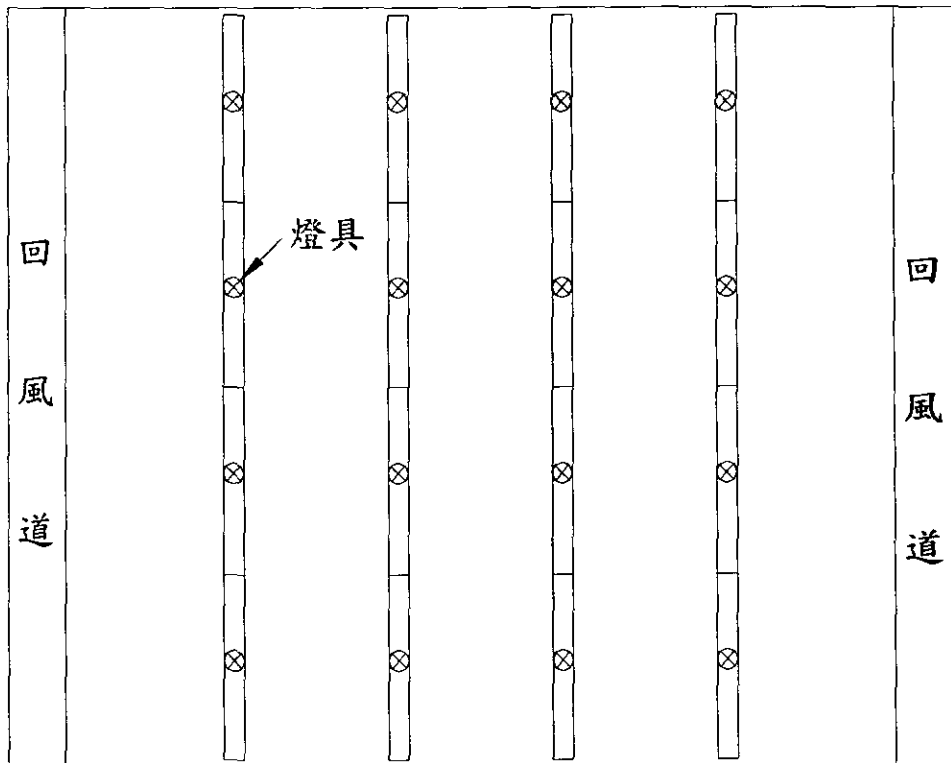


圖一、潔淨室幾何尺寸

風機濾網機組



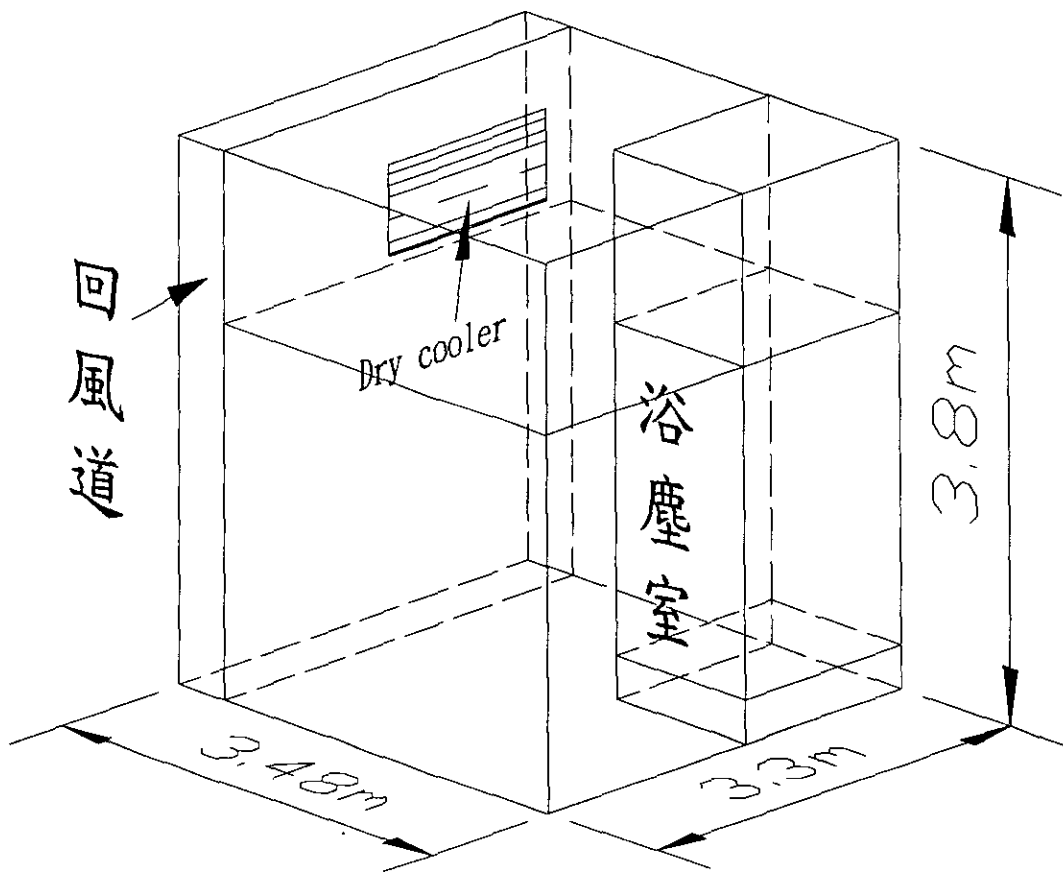
圖二、潔淨室風機濾網機組排列情形



圖三、潔淨室照明燈具排列情形

更衣室

更衣室幾何尺寸如圖四所示，長寬高分別為 3.06m x 3.3m x 3.8m，因為浴塵室也包括在這個範圍裡面，因此實際的更衣間要再扣除浴塵室的空間，更衣間的上方滿佈 8 個風機濾網機組，但是沒有高架地板，而是在右側的庫板上裝上 6 個回風百葉，長寬為 12ft x 8ft，這是由於更衣室並不需要高潔淨度的空間，所以更衣式的潔淨度等級為 1000。



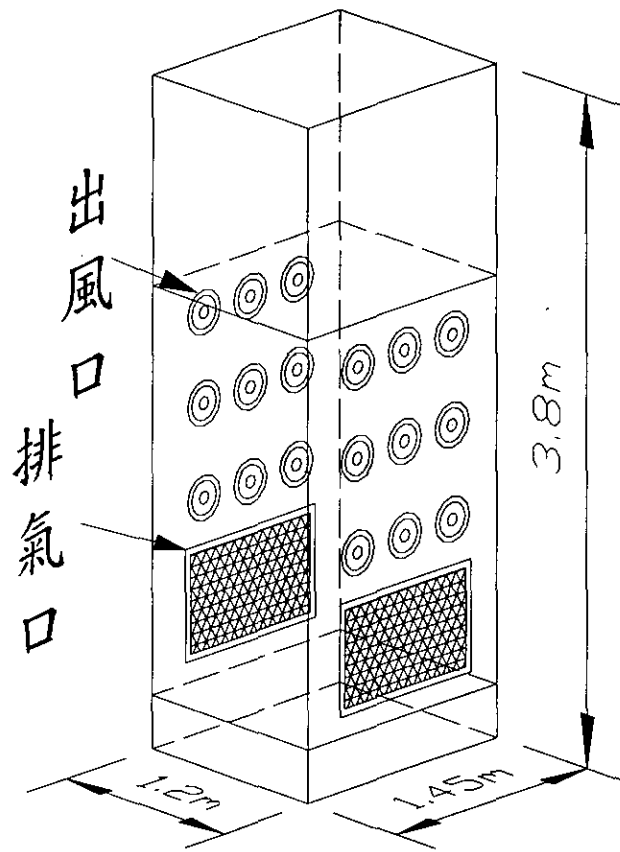
圖四、更衣室幾何尺寸

浴塵室 (Air Shower)

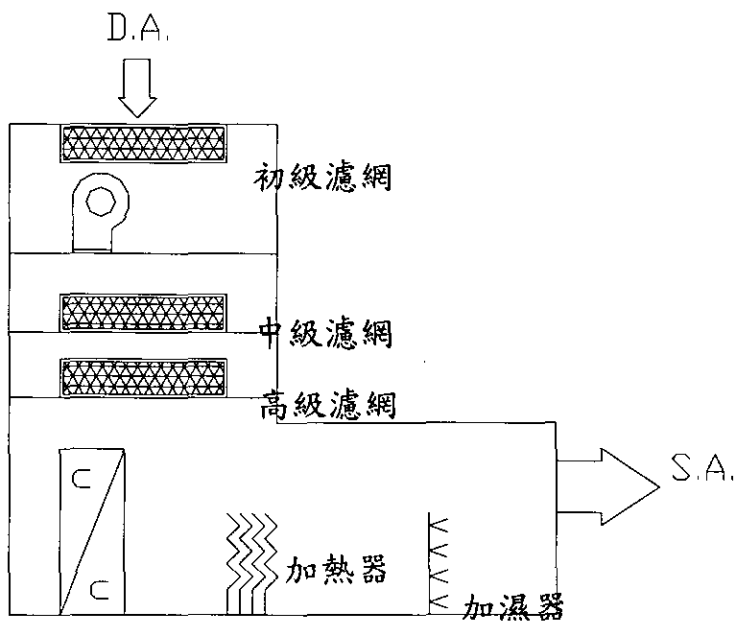
浴塵室幾何尺寸如圖五所示，長寬高分別為 1.2m× 1.45m× 3.8m，可以看到圖中兩側各有八個小圓圈，及下方有一個出風口，分別為浴塵氣流入口與浴塵氣流回風口。浴塵室主要的作用是過濾掉附著在無塵衣上微粒，避免經由操作人員將污染物由低潔淨度空間帶到高潔淨度空間，這是相當重要的，因為低潔淨度的污染粒子多，所以要進入高潔淨度空間必須先浴塵，才能進入。使用時人員應高舉雙手，並緩慢轉動以使全身上下都能接受到沖洗的效果。空氣浴塵室的空氣過濾系統包括初級過濾器、中級過濾器及高級過濾器，風速大於為 25m/s。空氣浴塵室的進出門為有效管制洗塵效果，故安裝有連鎖反應裝置，其除塵時間並有定時器 (Timer) 控制，內部並亦裝有自動感應裝置，門一關閉，感應裝置立即動作，告知送風機運轉，唯在送風動作只有於人員進入潔淨室時方有作用。

外氣空調箱 (MAU)

外氣空調箱幾何尺寸如圖六所示，因為要配合 505 室潔淨室的空間需求，特別將外氣空調箱設計成 L 型，空氣由吸入到送進潔淨室，通過初級、中級與高級濾網三層過濾，以確保空氣之潔淨度，並且再經過溫、濕度調整之後，才能送入潔淨室的回風道。外氣空調箱除了控制潔淨室內的濕度外，還有一個重要的功能，也就是調整潔淨室內的靜壓值，使之保持大於室外大氣壓力值，能防止潔淨室外之髒空氣由出風口回流灌入潔淨室內。



圖五、浴塵室幾何尺寸



圖六、外氣空調箱內部構造

超音波風速計

整套儀器是由日本 KAIJO 公司所生產，包括風速計主機 (Anemometer Main Body)、探針頭 (Probe)、連結盒 (Junction Box) 及可在電腦上處理資料的軟體。其量測原理為都卜勒效應 (Doppler Effect)。都卜勒效應是指由於波源或觀測者的運動，造成觀測頻率與波源頻率不同的現象。對於彈性波來說，所謂波源和觀測者的運動或靜止，都是相對於波在其中傳播的連續介質而言的。在彈性波以速率 u 通過某種介質時，速率 u 由介質的性質決定，而與波源及觀測者無關。為簡化問題的分析，假設波源或觀測者的運動都發生在彼此之間連線上。用 v_s 表示波源相對於介質的速度，以趨近觀測者為正；用 v_o 表示觀測者相對於介質的速度，以趨近波源為正。都卜勒效應依波源及觀測者的相對運動關係可以分為三類，波源相對於介質靜止，觀測者以 v_o 速度移動；波源以 v_s 速度移動，觀測者相對於介質靜止；波源及觀測者相對於介質分別以 v_s 、 v_o 移動。超音波風速計雖然波源及接收源兩端都是固定的，但是介質卻是以一速度移動著，相對地說，可以看成是波源及接收端同時相對於介質移動的情形，根據都卜勒效應的推導可以得到觀測頻率與波源頻率的關係式如下，

$$f' = \frac{u + v_o}{u - v_s} f \quad (1)$$

依據都卜勒效應觀測者頻率與波源頻率兩者間的關係就可以得知介質的移動速度。這套儀器主要適用來量測潔淨室內的流場。探針的發射端送出固定頻率的超音波，週期時間是 t_1 ，超音波經過風速的作用後，其頻率會產生變化，相對地週期也變為 t_2 ，經由探針量出的兩個週期時間，在傳送到風速計主機，再以 RS232C 形式送到個人電腦，利用程式轉換為風速量。整套設備中各個儀器 (包括產品的型

號)的說明和簡介於下：

a. 風速計主機 (Anemometer Main Body)：

風速計主機是由 KAIJO 公司生產，型號 WA-590，量測風速的範圍最大可以到達 10 m/s，對於潔淨室的測量已經是很足夠，正確性方面，在校正過零點之後，誤差率為 $\pm 2\%$ ，精確度為 0.005 m/s，反覆量測的頻率為每秒十次，資料的傳輸是利用 RS232C，可以利用一個轉接頭和電腦的平行埠連接，來傳送量測得來的資料。傳輸的速度為 9600bps，傳輸率為每秒十次，資料的形式是 ASCII，主機適用的環境為溫度在 0°C~40°C，相對濕度為 0%~85%之間，使用的電源是 12V 直流電。在主機後方有一個歸零的按鈕，實驗之前要先用密封的套子將探針包住並且綁緊，再按下歸零鈕，等待訊號燈不再閃爍時，即表示歸零完成，可以進行實驗量測。

b. 連接盒 (Junction Box)：

連接盒也是由 KAIJO 公司所生產，型號 OA-60T (C)。連接盒有三組接頭，兩組用來和探針相連接，用來控制三組探針頭超音波訊號的發送及接收，再將量得的訊號傳送回主機。

c. 探針頭 (Probe)：

探針頭也和先前的主機及連接盒一樣都是 KAIJO 公司所生產，型號 TR-90T，探針頭有三對量測端，可以用來量測三個方向上的速度分量大小，每一對互相相距 5 公分，探針頭有三對發射及接收端和一個可以固定在物體上的螺絲孔，發射端與接收端相距 50 公分，且各自角度相差 120 度，可以取得三個方向的速度向量。

實驗步驟

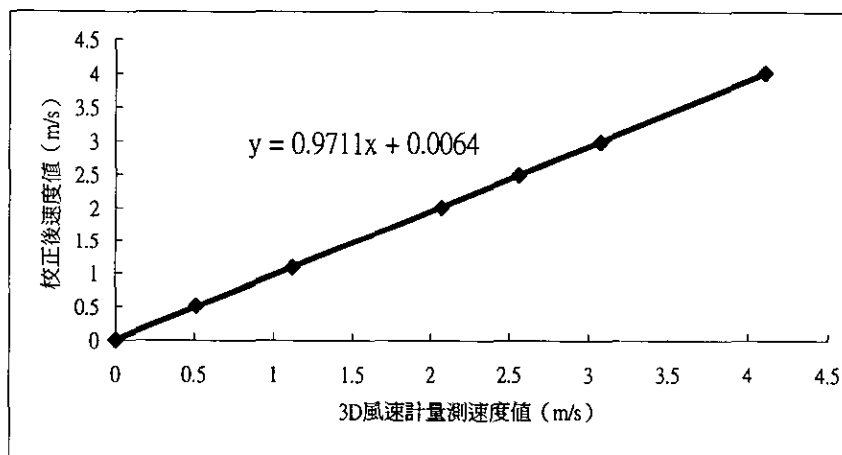
1. 將整套儀器檢查一遍，包括風速計主機、連接盒、探針頭、電腦軟體等。
2. 將風速計主機及探針頭各自接到連接盒上，注意連接纜線必須和電源供應器相距 20~30 公分以上，因為電源供應器有電磁波對訊號有一定程度的影響。
3. 將探針頭由儀器箱中取出，固定腳架上。
4. 打開風速計主機。
5. 將探針頭以一密封的袋子密封起來。
6. 按下風速計主機的歸零鈕，並等待訊號燈不在閃爍，再取下密封袋子。
7. 移動探針頭到所需量測的位置，靜置一段時間，等到移動機構不再震動。
8. 開始 30 秒的流場流速量測。
9. 重複步驟 i，直到所需的點量測完畢。

超音波風速計校正

超音波風速計的校正實驗是利用工研院設計之均勻風源供應器，只要量測出受測當時的溫度及壓力，經由比較標準狀態結果，就能夠求出出口的速度大。整個均勻風源供應器是一段風道所形成，最後出口是 3 次曲線的噴嘴，因此能夠提供均勻流。均勻風源供應器的流量由一台離心式泵浦提供，經過多次的整流網之後，最後靠著 3 次

曲線的漸縮管，因而能夠供給均勻的出口速度，漸縮管出口為直徑 8 公分的圓形。

量測噴嘴提供的穩定風源，藉由穩定風源的風速與超音波風速計量測的實驗值相比較，再根據統計學的回歸分析可以得到超音波風速計的校正曲線，如圖七所示。圖中的橫軸為超音波風速計的量測值，縱軸為噴嘴的出口速度值，由這些量測點可知，超音波風速計量測的速度值與噴嘴的速度值差異性小，幾乎可以不用修正，但是為了能更精準地掌控流場變化情況，利用線性的回歸分析找出兩者間的關係，將來量測值只要在帶入關係式中，就能馬上求出修正後的速度值。



圖七、超音波風速計校正曲線圖

不準度分析

任何的實驗量測都會有誤差的產生，這是在工程上被大家所接受的概念，因為不可能找到一個量測儀器，使得量測結果與實際完全吻合。誤差的定義是指量測值與實際值的差距大小，再者，誤差可分為兩個部分：一個是偏移誤差，另一個是精準誤差。如下所示

$$\delta_k = \beta + \varepsilon_k \quad (2)$$

其中 δ_k 表示總誤差值， β 表示偏移誤差值， ε_k 精準誤差值。

精準誤差可以經由重複性的量測得到，是經由 N 次的重複性量測結果，得到一個變數的分佈情形，根據統計概念即可分析出分佈的特性，也就是將各別的精準誤差值定義為

$$S = \left[\frac{\sum_{k=1}^N (X_k - \bar{X})^2}{N-1} \right]^{1/2} \quad (3)$$

其中 \bar{X} 為 X 的平均值，關於平均的精準誤差值定義為

$$S_{\bar{X}} = \frac{S}{\sqrt{N}} \quad (4)$$

依據這樣的定義，平均精準誤差值會比各別精準誤差值小。

偏移誤差是儀器本身的誤差值，通常為固定的常數，因此在重複性的測量中，都會有相同的偏移誤差值存在於每次量測值內。對於偏移誤差值並沒有辦法像精準誤差值一樣，利用統計方法加以分析而獲得，因此，還必須對實驗儀器進行儀器校正的工作，經過校正後，可將偏移誤差值視為零。

為了更清楚地表示出誤差值的極限，可以用區間來表示實際值一定會落在這個範圍之內，如下所示

$$\bar{X} \pm U \quad (5)$$

其中 U 為最大誤差值，U 在 95% 的信心指數下，可以表示為

$$U = [B^2 + (tS_{\bar{X}})^2]^{1/2} \quad (6)$$

其中 STUDENT t 值是一個自由度 (ν) 的函數，當樣本數目大於 30 個，t 值等於 2，否則根據 Welch-Satterthwaite 準則來計算自由度如下

$$\nu = \frac{\left(\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^K \frac{S_{ij}^2}{N} \right)^2}{\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^K \frac{S_{ij}^4}{N^2 \nu_{ij}}} \quad (7)$$

其中 S_{ij} 表示各種誤差源的精準誤差率， ν_{ij} 表示各相同誤差源的自由度大小。根據這樣的誤差分析方法的結果如表 1 所示。

表 1、變數及誤差值

變數名稱	誤差值
潔淨室溫度 T (°C)	± 0.247069°C
潔淨室相對濕度 RH (%)	± 0.57149%
風機轉速 (RPM)	± 2.86RPM
潔淨室速度 U (m/s)	± 0.018m/s

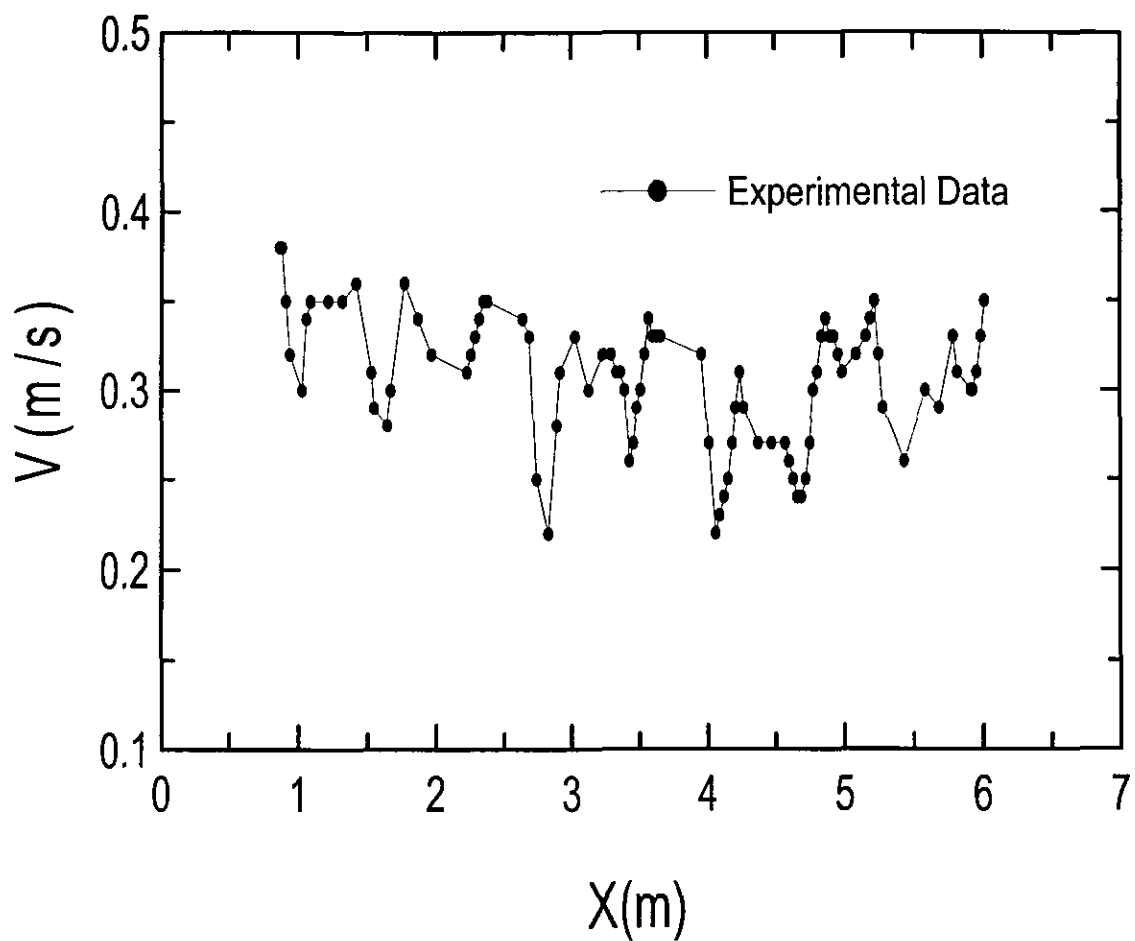
結果分析 (數值模擬結果請參考期中報告)

本研究是利用超音波風速計進行潔淨室內流場量測，針對特定高度位置量測其流場特性如圖八所示，量測位置為 Y=3.03 米，Z=1.75 米處的流場量測結果，由圖中可以看出速度的均勻性高，這是因為本研究實驗量測的潔淨室風機濾網機組式潔淨室，而且潔淨室以 45 組風機濾網機組佈滿整個天花板，因此這樣的均勻性是能預見的，但是

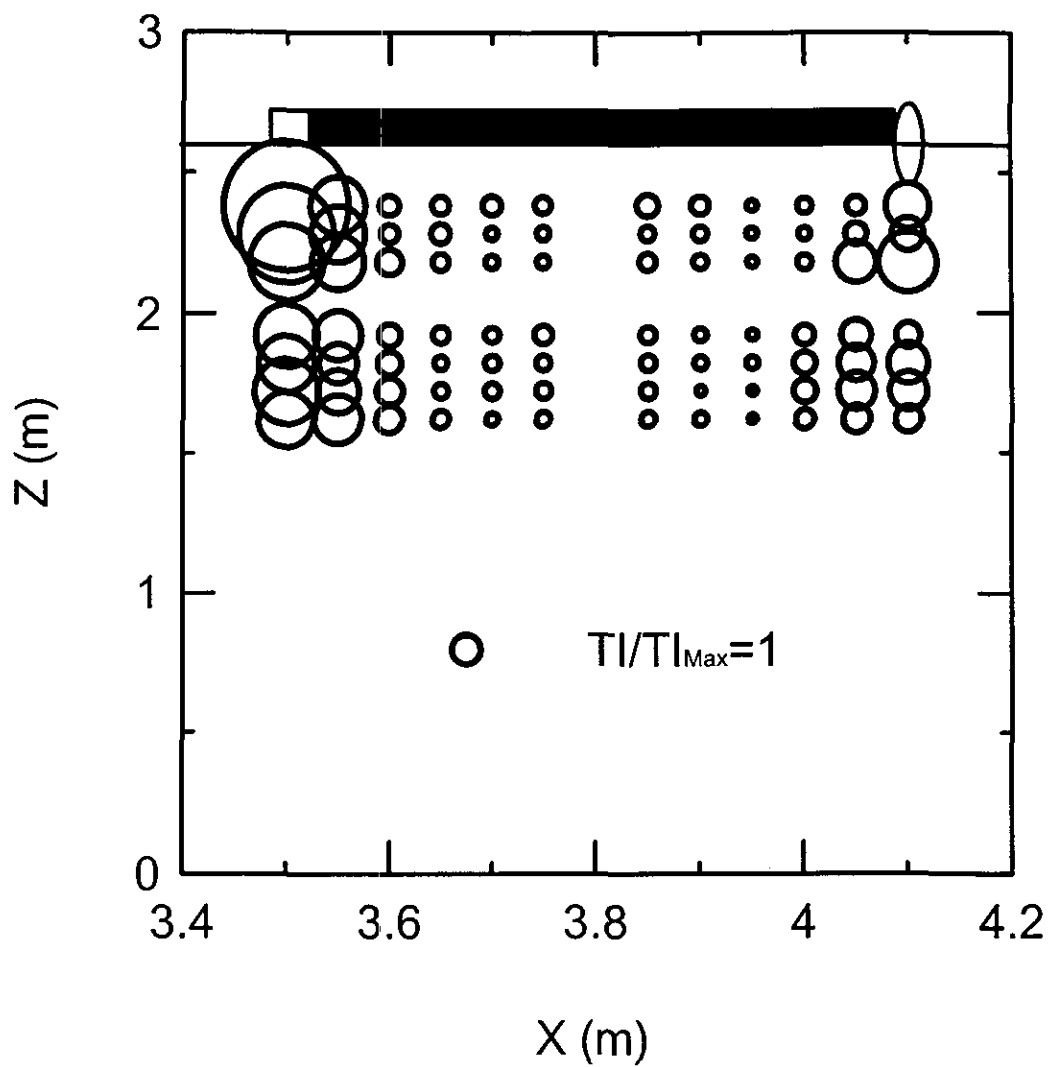
也發現其中有一些小區域的速度較低，這些低速的區域是支樑下方，且有設置照明設備並家加上燈罩保護，這樣的裝置使得支樑處無入口速度的性質向下延伸，與同樣是支樑處但無設置照明設備的流場性質大不相同，如圖九所示，圖九右側為照明設備下方流場紊流強度與高度的關係，由圖中得知，設置照明設備的支樑處，流場紊流強度都很小，與風機濾網機組下方的紊流強度相當，這是由於保護燈罩的流線型設計，讓支樑兩旁風機濾網機組的進氣能夠平穩地導引到支樑下方，使得流場一直保持良好的層流性質。圖九左側為無照明設備支樑處下方流場紊流強度與高度的關係圖，由圖中得知，此處的流場紊流強度顯然比有流線型保護照處強，這樣的流場容易造成污染物的滯留，升高產品受破壞的可能性，因此在支樑處裝置流線型導流器是穩定流場紊流強度的好方法。

實驗與模擬比較之結果

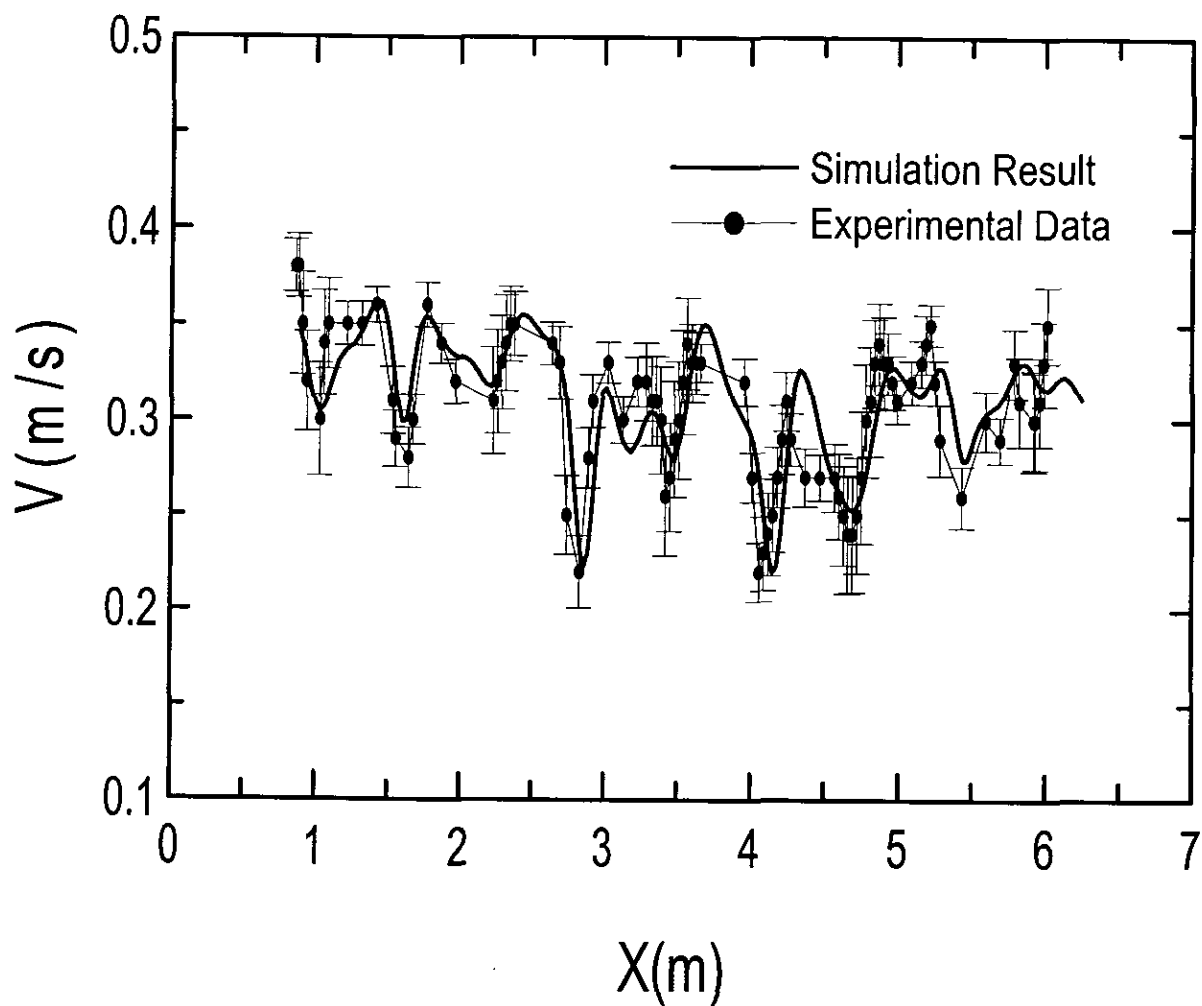
本研究的重點在於能夠於潔淨是建造之初就能良好預測其流場之特性，圖十、圖十一為實驗量測數據與模擬結果之比較圖，圖十表示為 $Y=3.03$ 米、 $Z=1.75$ 米處的結果，由圖中可知，絕大多數位置的速度都相當一致，不然就是趨勢一樣，只有在值的大小上有些許的差異，差異最大處為相差 0.03m/s ，大約是平均速度的一成不到，對於一個工程上的誤差，這樣的結果是可接受的。圖十一表示為 $Y=4.232$ 米、 $Z=1.75$ 米處實驗與模擬的結果，如同圖十的結果一樣，大多數的點都與模擬的相近，最大相異值為 0.07m/s ，還有在 $X=5.5$ 米處的位置速度有明顯的上下震盪的情形，但是模擬的結果卻是速度起伏不是很大的情況，但是如果將實驗的誤差值考慮進來，模擬的平均值還是與實驗結果相當接近。



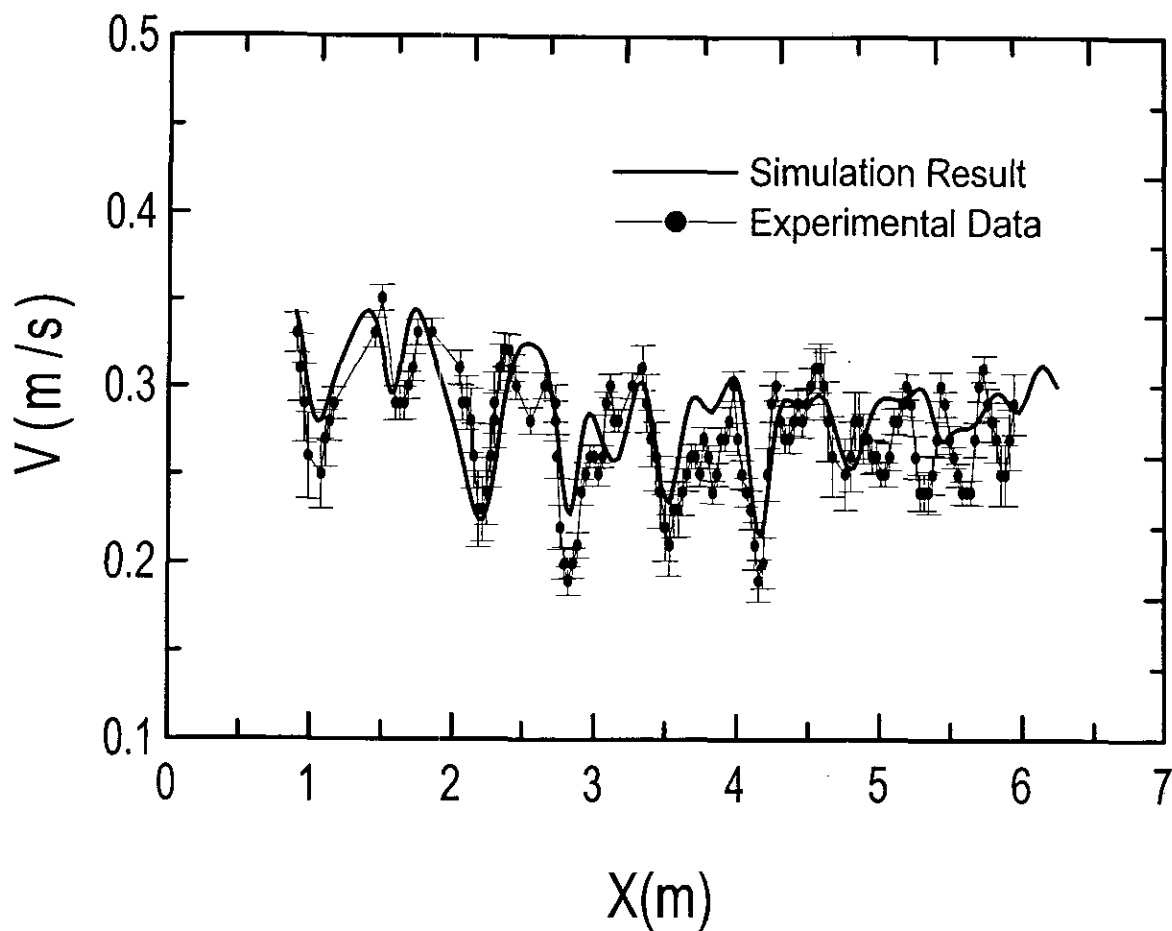
圖八、Y=3.03 米，Z=1.75 米處流場實驗量測結果



圖九、支樑下方之紊流強度



圖十、 $Y=3.03$ 米， $Z=1.75$ 米處實驗與模擬結果之比較



圖十一、Y=4.232 米，Z=1.75 米處實驗與模擬結果之比較

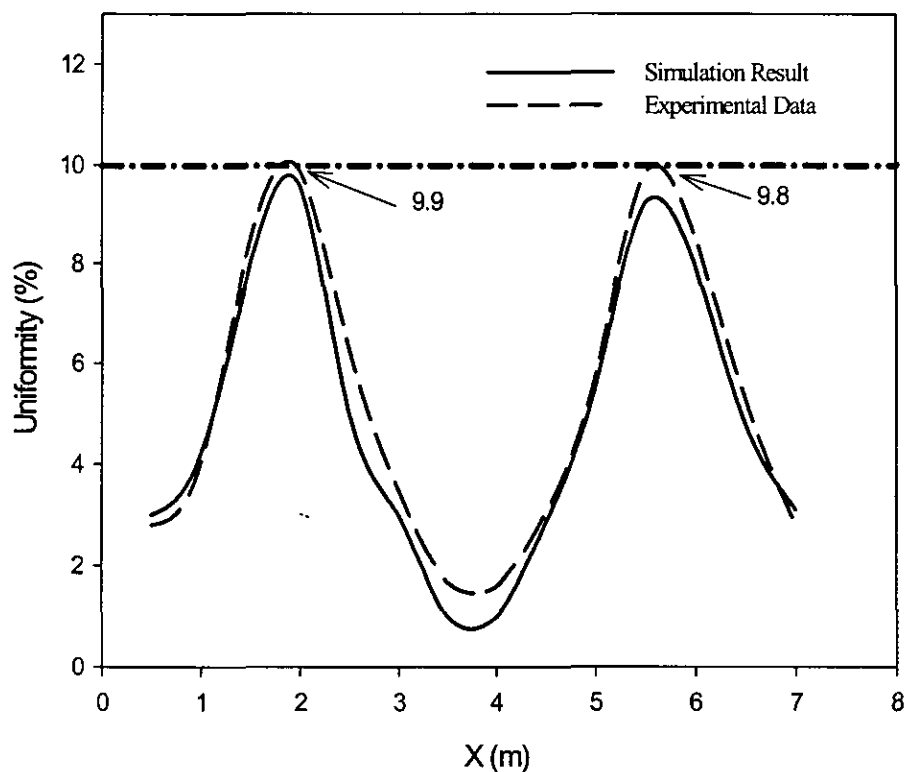
Non-Uniformity 分析

依據論文『S. C. Hu, Y. Y. Wu, and C. J. Liu, “Measurements of air flow characteristics in a full-scale clean room”, *Building and Environment*, V.31, N.2, pp.119-128, 1996』，空氣的不均勻性 (Non-uniformity) 可以定義為：

$$NU = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (V_i - \bar{V}_{face})^2}{(n-1)} \right]^{1/2} / \bar{V}_{face}$$

其中 V_i 表示某一點的平均速度， \bar{V}_{face} 表示在 ULPA 下的算數平均速度。根據 IES、FS-209D 及 JIS 的規範，NU 必須小於 20%，而此篇論文之結果為 13%(ULPA FFU，在 20cm 下游處)，去年本子計畫之成果已達到 12%。因此可以依據上述數據訂出比較之基準。以本中心之潔淨室（交大工程五館）為例，可依據在原設計規範下所量測出之風速、濕度及風量等物理量為基準，代入上述公式中，可比較出在不同因素下（機台或新鮮空氣換氣）潔淨室內空氣之不均勻性，藉以評估新設計改善之程度。

以上述之不均勻性定義評估對兩側 FFU 入口速度控制在 0.3m/s 之建議，結果如圖十二所示，我們發覺其機台周圍的不均勻性均不超過 10%，顯示此參數能達到製程之要求，並能節省能源之耗費。

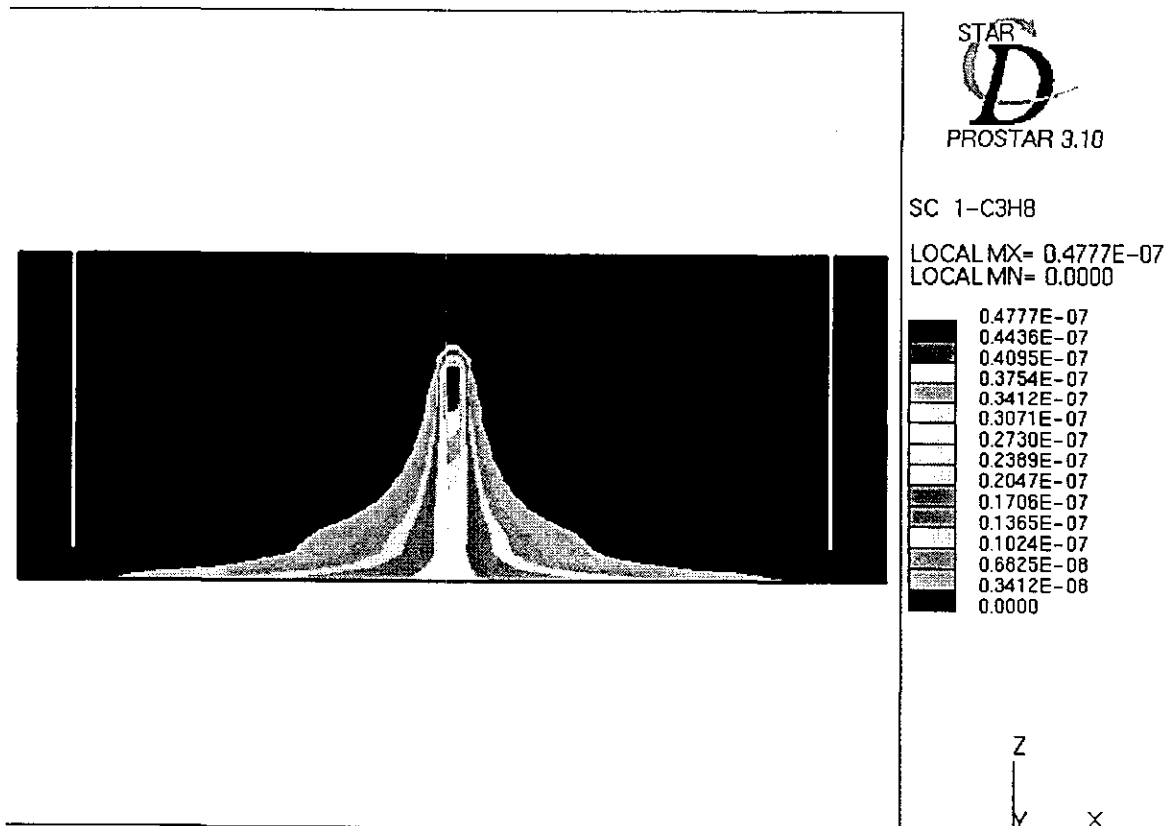


圖十二、在 X 方向上之 non-uniformity 變化之實驗與數值模擬結果之比較，兩側靠近回風道之 FFU 入口速度為 0.3m/s，Y=3.03 米，中間為工作機台位置

(三) 執行污染物擴散控制與新鮮空氣供應量之研究，

距污染源 1m 處維持 class 10。

承委員指示，本期查核點加入污染物擴散控制之研究，第一部份先模擬無機台存在時污染物擴散情形。首先，圖十三為假設潔淨室中間有一污染源產生，然後進行模擬的污染粒子分佈圖。當上方 FFU 之出口速度保持固定(0.35m/s)，尚未開始控制不同風速時，其污染粒子均由下方往棧板方向排出，若污染物出現在機台上方，其污染粒子將會向下污染整個機台。

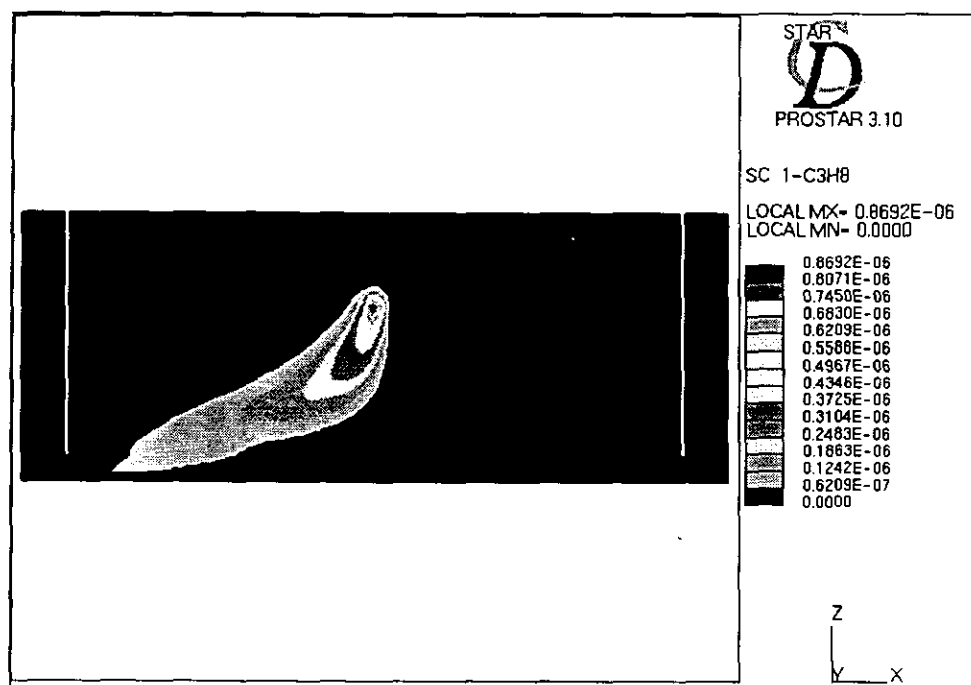


圖十三、FFU 之出口速度均為 0.35m/s 時，污染粒子分佈狀態

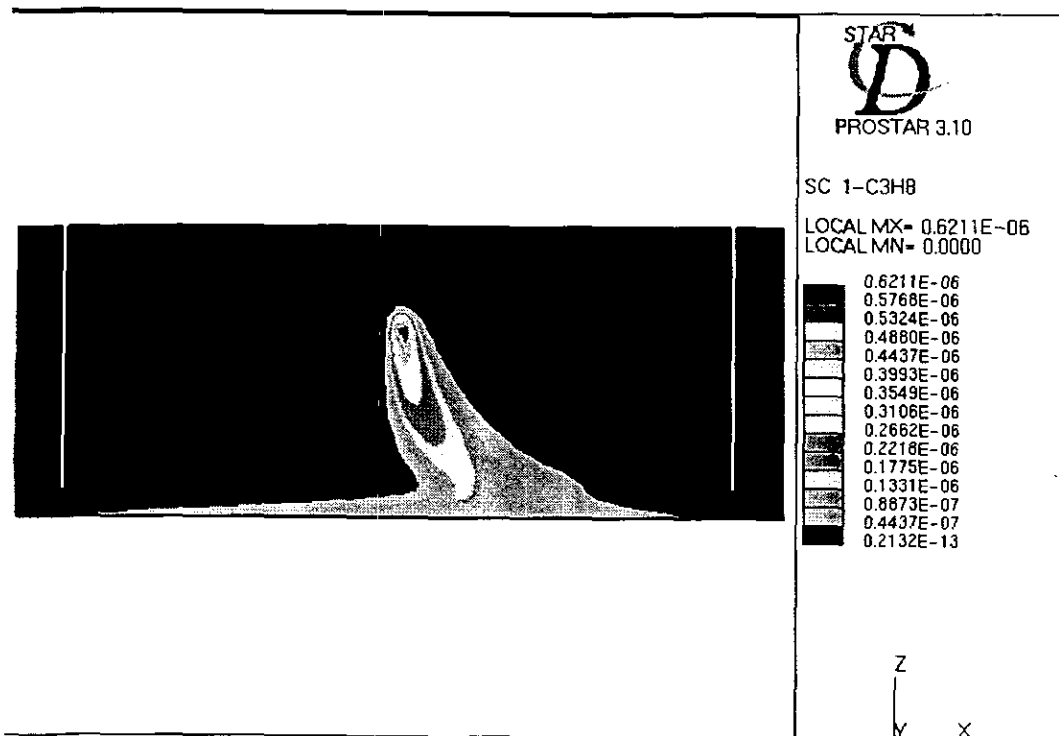
圖十四為將左半邊 FFU 的風速降為 0.2m/s，模擬結果顯示出污染粒子向左方下移動，並最後流進棧板下排除，如此一來則機台放置於潔淨室右側，可保證不會受到汙染源的影響。

圖十五所示，我們若將潔淨室左半側的開孔率由 17%增加為 50%，模擬結果顯示出，汙染物會向右擴散，而左半側的汙染物則會聚集在高架地板下面，在此我們可以以很放心的將機台放置在左側，且不用擔心會受到汙染源的影響。

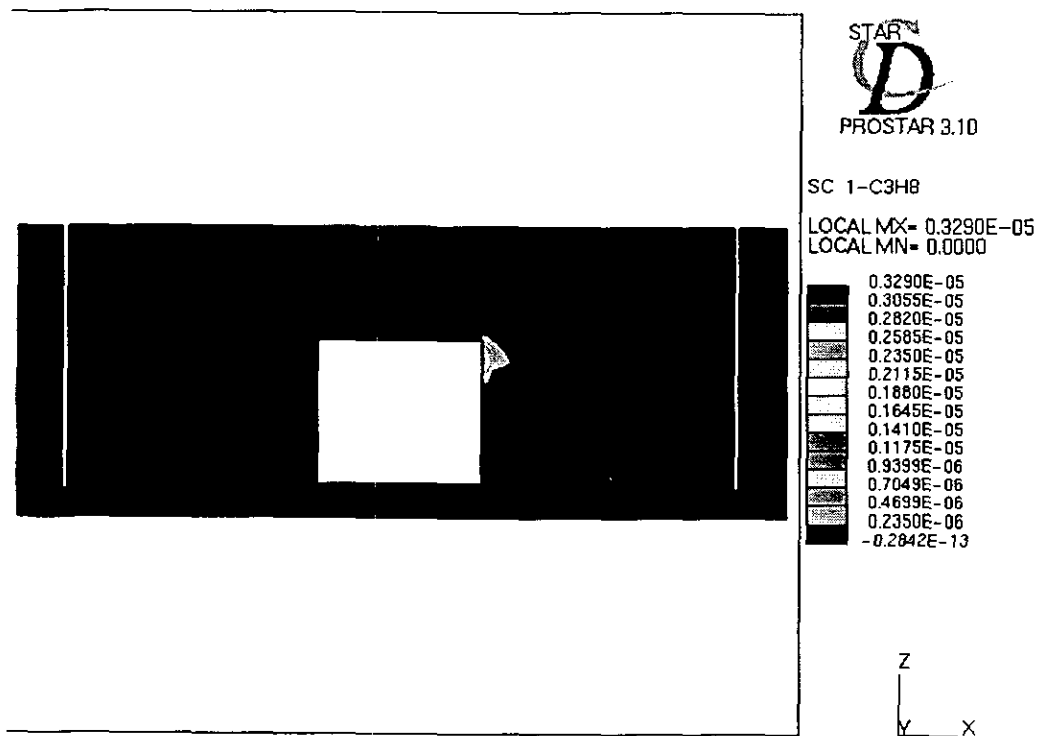
接下來我們分析若有機台時汙染物流動的狀況，圖十六顯示當風速為 0.1m/s 時汙染粒子擴散情形，可以看出擴散情形雖然有，但擴散量不大，顯示汙染粒子都集中堆積在汙染處。因此接下來我們將風速提高到 0.3m/s，如圖十七所示，可以看出擴散雖然增加，但似乎仍然有許多粒子堆積在汙染源處。對照以往實驗及模擬結果，我們知道在機台上方會有一低速區，這應該是造成汙染粒子堆積的原因。



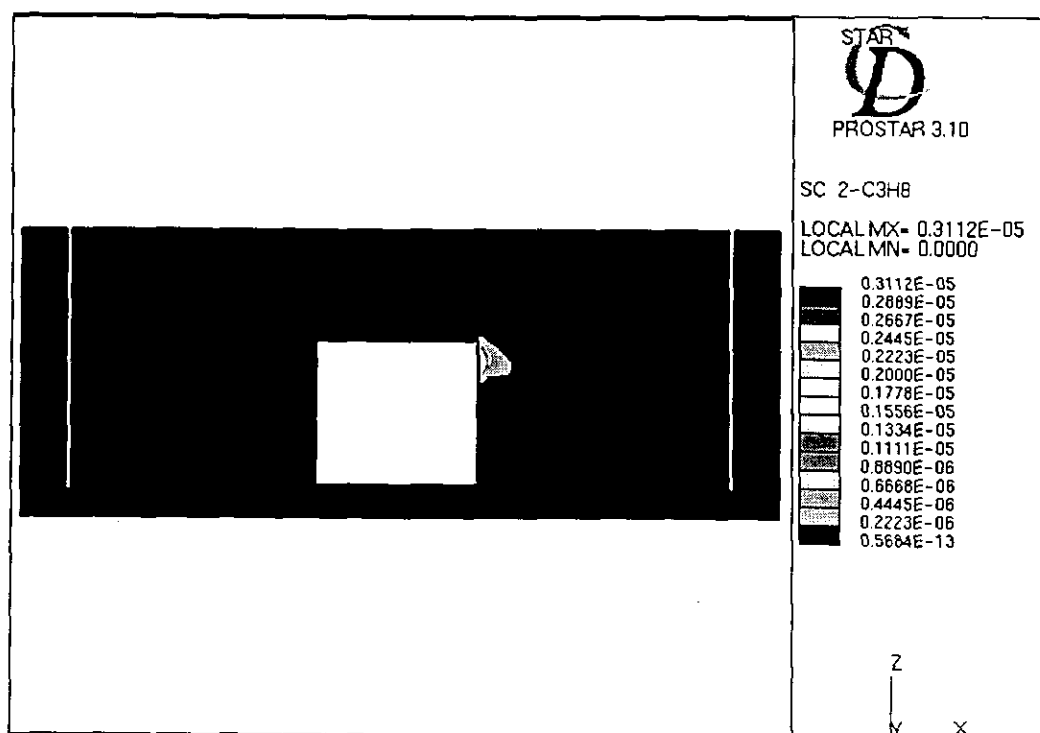
圖十四、左方 FFU 之出口速度降為 0.2m/s 時，汙染粒子分佈狀態



圖十五、左方開孔率增加為 50%時，污染粒子分佈狀態



圖十六、有機台存在時，污染粒子分佈狀態，風速 0.1m/s

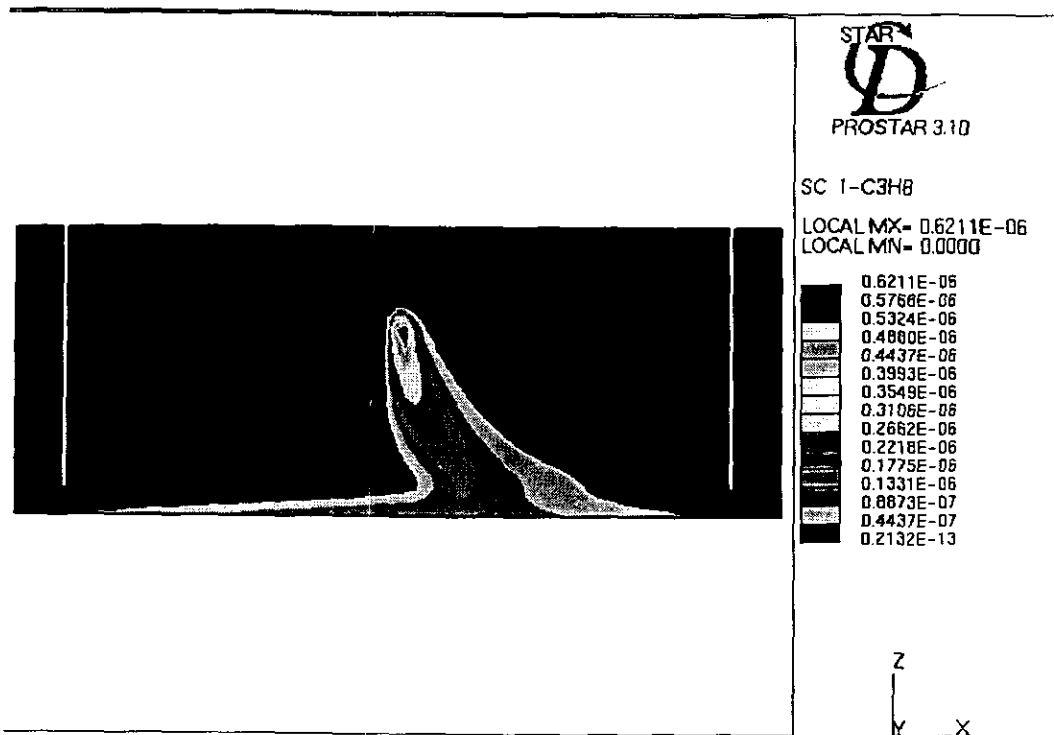


圖十七 有機台存在時，污染粒子分佈狀態，風速 0.3m/s

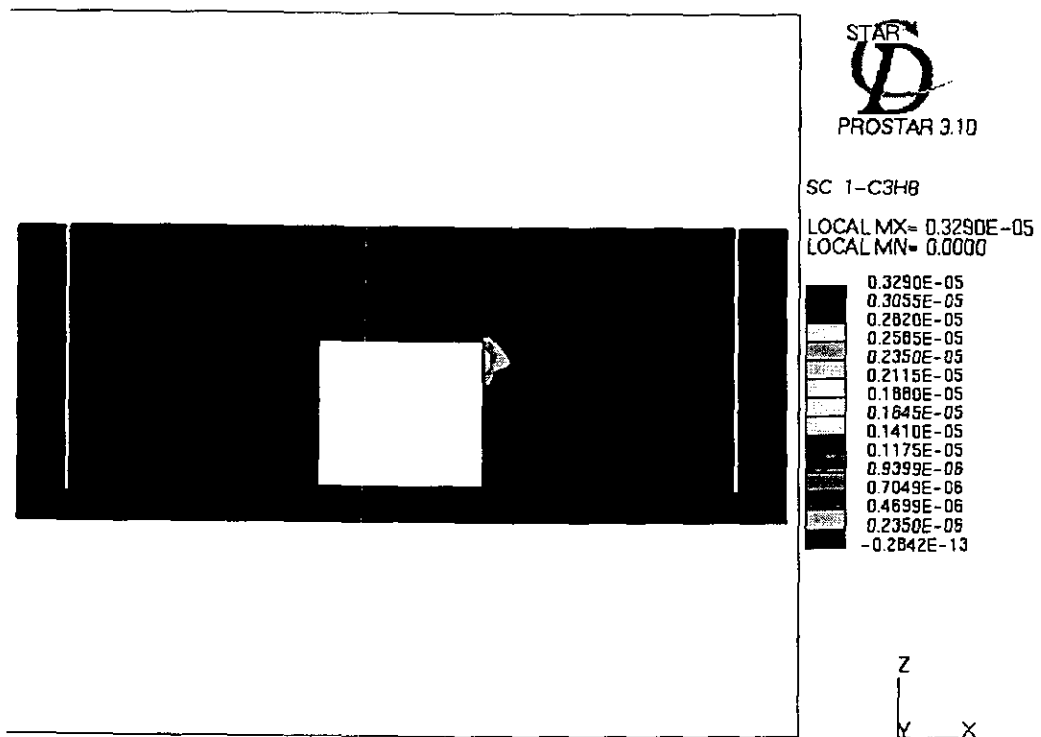
因此根據這樣的結果，我們以圖十四的條件，計算污染粒子之個數，如圖十八所示，顯示在控制污染粒子流動方向下，在另一方距污染源約 0.8m 處，污染粒子均已排除，其潔淨度可維持至原潔淨室設計之 class 10 等級，而在另一邊，亦可在 1.1m 以上即可完全排出污染粒子，使潔淨度可維持至原潔淨室設計之 class 10 等級。

結論：

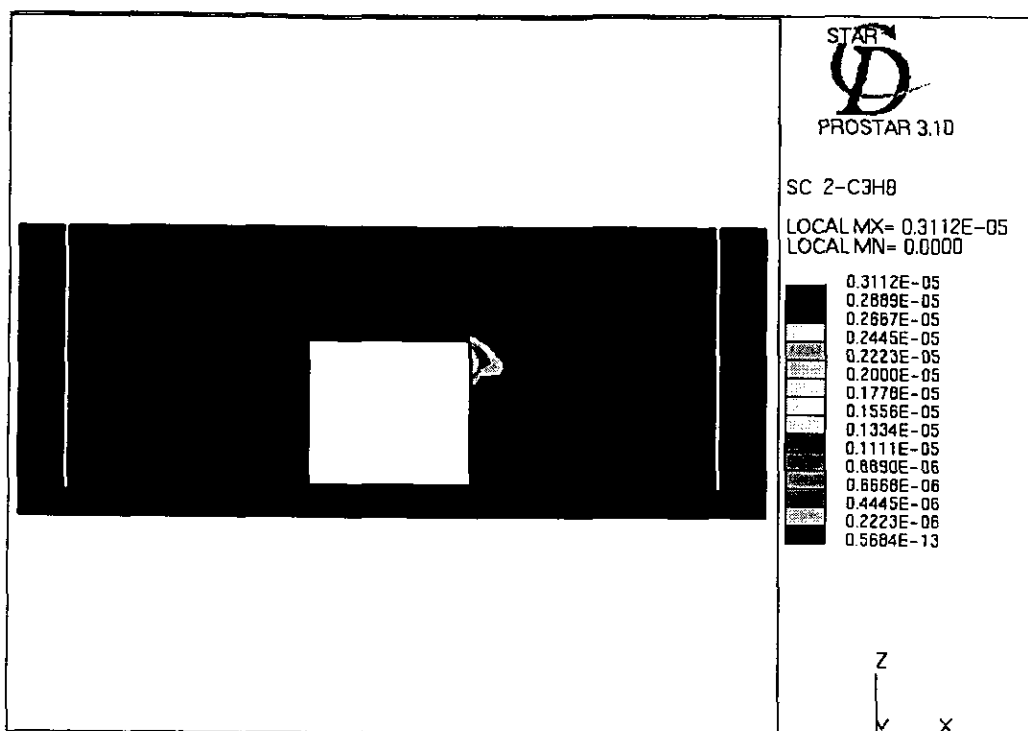
改變 FFU 風速與高架地板開孔率都可以控制污染的擴散，根據模擬的結果，要將污染物控制在 1 公尺內是可達到的。未來將朝向潔淨室內有多台機台存在，機台發熱及或污染源是由機台各個方向產生來做進一步模擬。



圖十五、左方開孔率增加為 50%時，污染粒子分佈狀態



圖十六、有機台存在時，污染粒子分佈狀態，風速 0.1m/s

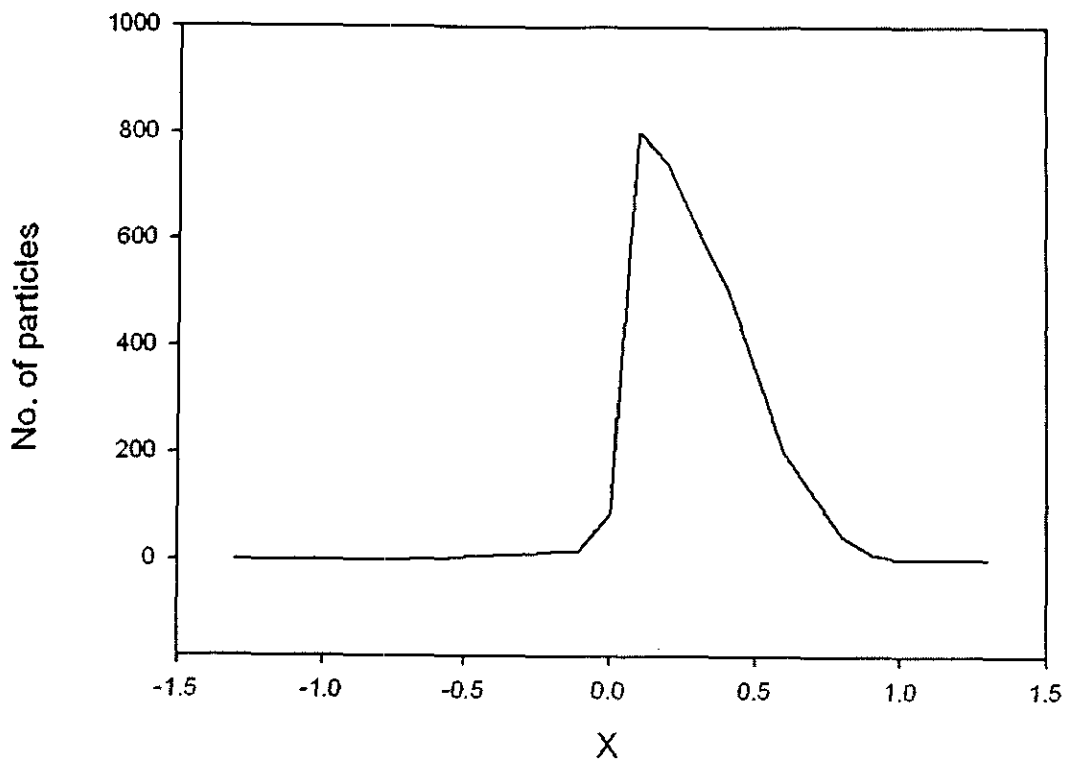


圖十七 有機台存在時，污染粒子分佈狀態，風速 0.3m/s

因此根據這樣的結果，我們以圖十四的條件，計算污染粒子之個數，如圖十八所示，顯示在控制污染粒子流動方向下，在另一方距污染源約 0.8m 處，污染粒子均已排除，其潔淨度可維持至原潔淨室設計之 class 10 等級，而在另一邊，亦可在 1.1m 以上即可完全排出污染粒子，使潔淨度可維持至原潔淨室設計之 class 10 等級。

結論：

改變 FFU 風速與高架地板開孔率都可以控制污染的擴散，根據模擬的結果，要將污染物控制在 1 公尺內是可達到的。未來將朝向潔淨室內有多台機台存在，機台發熱及或污染源是由機台各個方向產生來做進一步模擬。



圖十八、污染粒子個數與距離之關係

節能數據

以本中心之潔淨室而言，在有發熱機台存在，並設定入口風速 0.5m/s，其未加改善之耗電量為 $220V \times 35A = 7700W$ 。但當改善後，入口風速可降低至 0.3m/s，電壓不變，但電流減少為 30A，則耗電量為 $220V \times 33A = 7260W$ ，其將低耗電量可達 $(7700-7260)/7700=5.7\%$

節能效益

潔淨室因製程與機台種類、機台位置、人員容量、空間大小等因素而有不同的設計，故本項目之研究數據在技術上絕不可能直接套用於每一家廠商之潔淨室設計上。但本項目完成後，可以 1.提供業界一個改善潔淨室設計的新思考方向，可利用機台發熱量、機台位置、污染源產生之情況及

種類、新鮮空氣換氣量等之研究，在儘量減少耗電量之情況下，仍能達成原先潔淨室之要求。2.提供業界一個設計資料庫，以降低業界在設計上花費的時間與金錢，提高潔淨室產業之競爭力。3.提高潔淨室產業之技術層次，使台灣的潔淨室產業有能力設計各種污染源存在之潔淨室，此部分對未來生技產業之發展尤其重要。故本計畫之完成，對潔淨室產業之實質效益及潛在效益的貢獻幫助極大。

根據今年的結果，明年預計執行設計包含機台之潔淨室流場系統，在增加機台與配置的狀況下，改變各區域 FFU 之入口風速，控制污染粒子運動方向，使耗電量能進一步降低。

4.1.2 低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

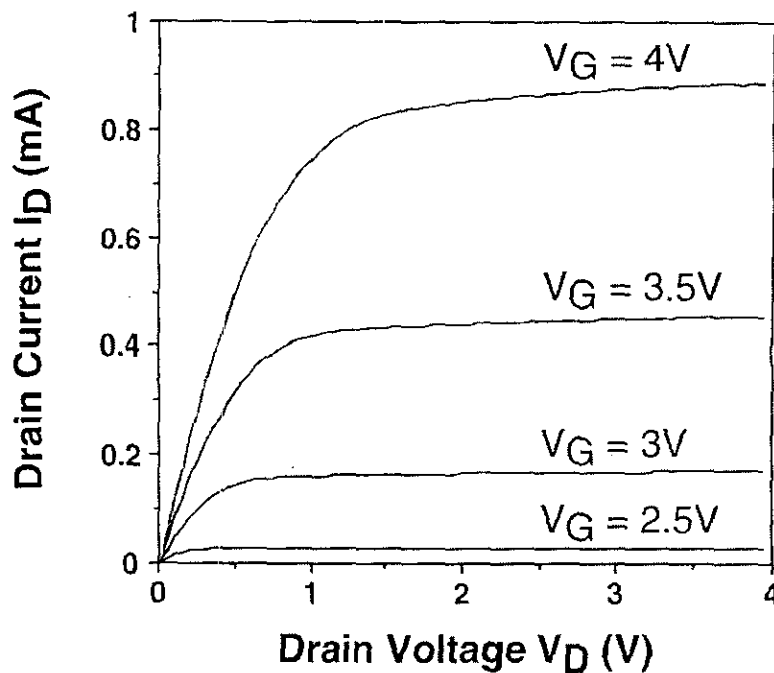
本計劃前兩年完成了室溫液相沉積氧化膜設備之開發，我們利用此室溫長膜設備，在室溫液相下成長高品質的矽氧絕緣膜，在四吋、六吋及八吋的晶片上證實可以均勻的成長矽氧絕緣膜，經物性、化性及電性方面的實驗，證明此室溫液相沉積矽氧絕緣膜具有優良的絕緣膜特性，可供為半導體元件絕緣膜之使用。除此之外，由於室溫液相沉積矽氧絕緣膜具有低溫長膜的特性，我們便將此高品質的矽氧絕緣膜應用於低溫複晶矽薄膜電晶體閘極氧化層之製備上，經元件電性量測結果，顯示出此室溫液相沉積矽氧絕緣膜高性能的表現。

隨著元件尺寸的微縮，MOSFET 電晶體閘極氧化層的厚度也必須變薄，以維持元件的特性，但是越薄的氧化層，漏電流也隨之上升，於是氧化層在薄化的同時，也必須同時提升其強度，本計畫第三年的目標為利用電漿及高溫熱處理來提升室溫液相沉積矽氧絕緣膜的特性，以及探討選擇性液相沉積矽氧絕緣膜技術，並應用於奈米技術之研究上。

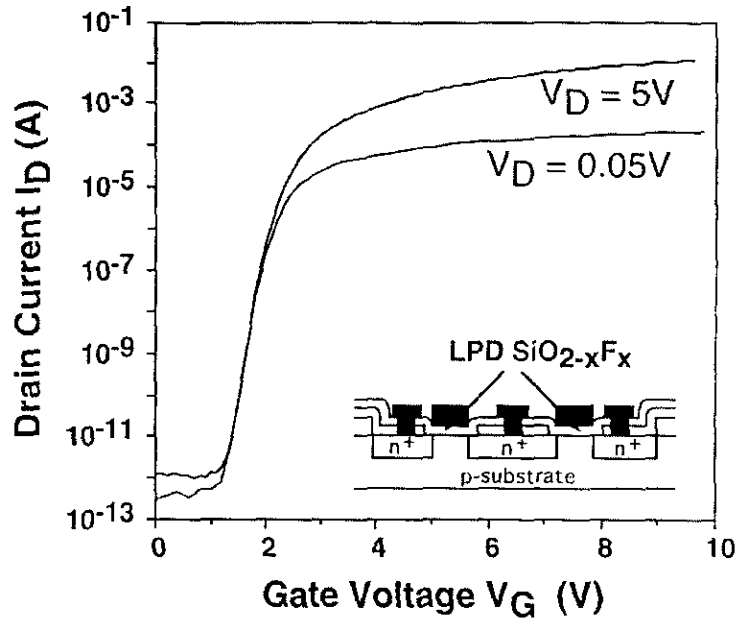
(一) 完成低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)的應用開發(電晶體具有优越電流-電壓特性, $I_{ON}/I_{OFF} = 10^6$)

1. 低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體的應用開發

圖十九、圖廿為利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作場效電晶體之閘極氧化層其閘極電壓(V_G)和汲極電壓(V_D)對汲極電流(I_D)特性曲線圖。圖中顯示出低溫液相成長矽氧絕緣膜之閘極氧化層表現出優良的元件特性曲線，由圖中可看出 $I_{ON}/I_{OFF} > 10^6$ 。表 2 為利用不同矽氧絕緣膜製作場效電晶體之閘極氧化層其萃取參數比較，表中顯示相較之下，低溫液相成長矽氧絕緣膜(LPD)有較佳的特性。



圖十九、利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作場效電晶體之閘極氧化層其汲極電壓(V_D)對汲極電流(I_D)特性曲線圖。



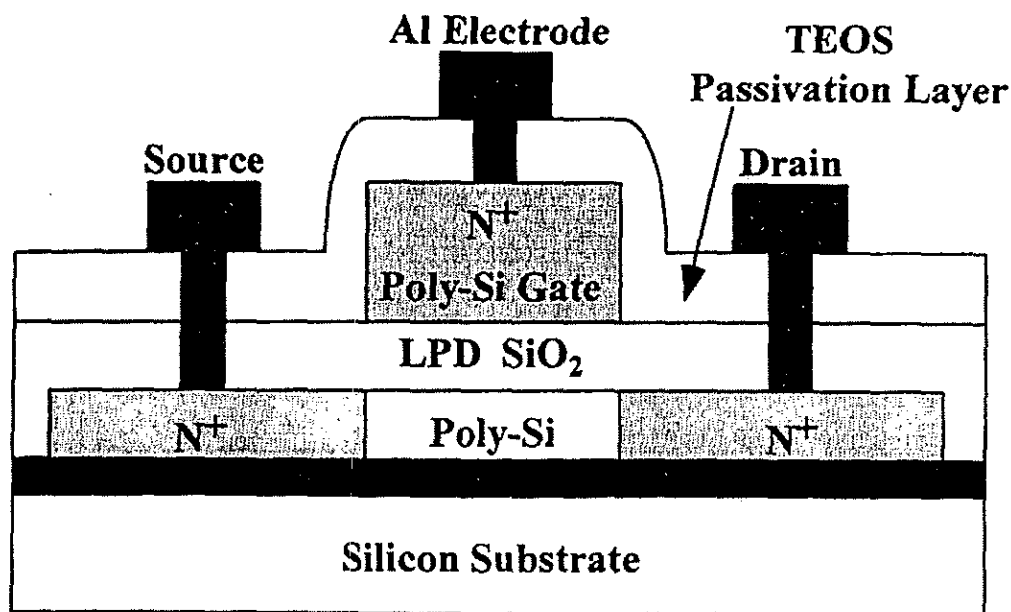
圖廿、利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作場效電晶體之閘極氧化層其閘極電壓(V_G)對汲極電流(I_D)特性曲線圖。

表 2、利用不同矽氧絕緣膜製作場效電晶體閘極氧化層之萃取參數。

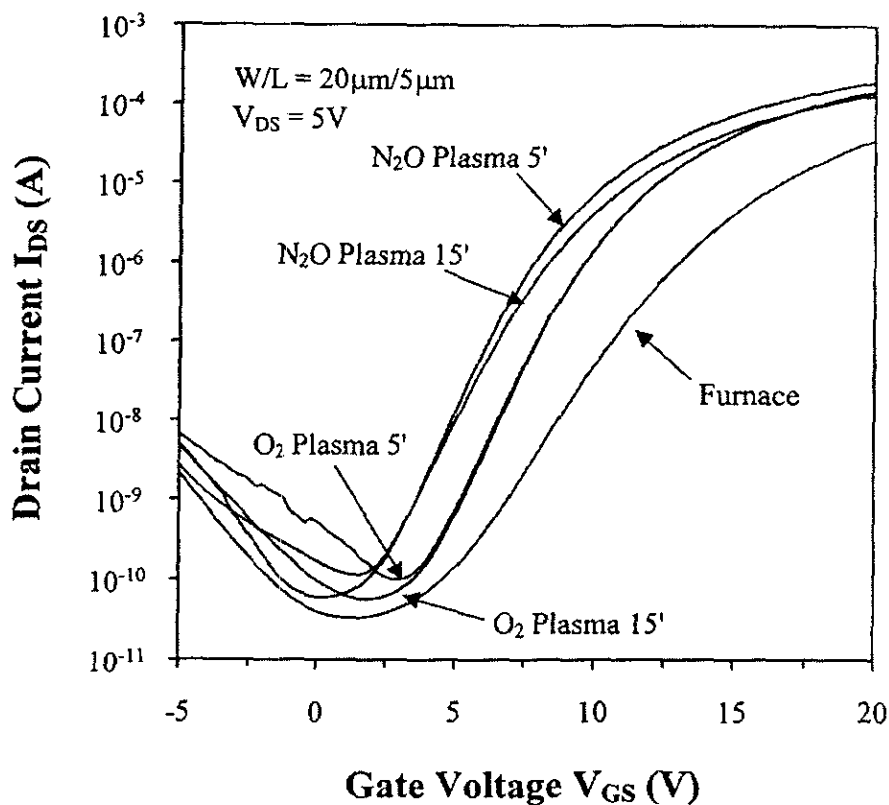
	O ₂ -Ar sputter-deposited polysilicon	PECVD aluminum	LPD aluminum
Gate electrode	polysilicon	aluminum	aluminum
Deposition temperature	200°C	350°C	20°C
Post-annealing Temperature		400°C	400°C
Midgap D_{it} (eV ⁻¹ cm ⁻²)	1×10^{11}	2.7×10^{11}	1.8×10^{11}
Threshold voltage V_T (V)	4 V		2 V
Subthreshold slope (mV/decade)	170		134
Peak mobility μ_{FE} (cm ² /V·s)	700	413	580

2. 低溫成長矽氧絕緣膜於薄膜電晶體的應用開發

圖廿一為利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作薄膜電晶體閘極氧化層之元件結構，圖廿二為不同製程處理下其閘極電壓(V_G)對汲極電流(I_D)特性曲線圖。圖中顯示出 N₂O 電漿處理可以改善低溫液相成長矽氧絕緣膜閘極氧化層的特性。表 3 為低溫液相成長矽氧絕緣膜閘極氧化層在不同製程處理下之元件參數。表中顯示出 N₂O 電漿處理對低溫液相成長矽氧絕緣膜閘極氧化層有極大的改善，而經過電漿處理，其 I_{ON}/I_{OFF} 可達 10^6 以上。



圖廿一、利用低溫液相成長矽氧絕緣膜製作薄膜電晶體閘極氧化層之元件結構。



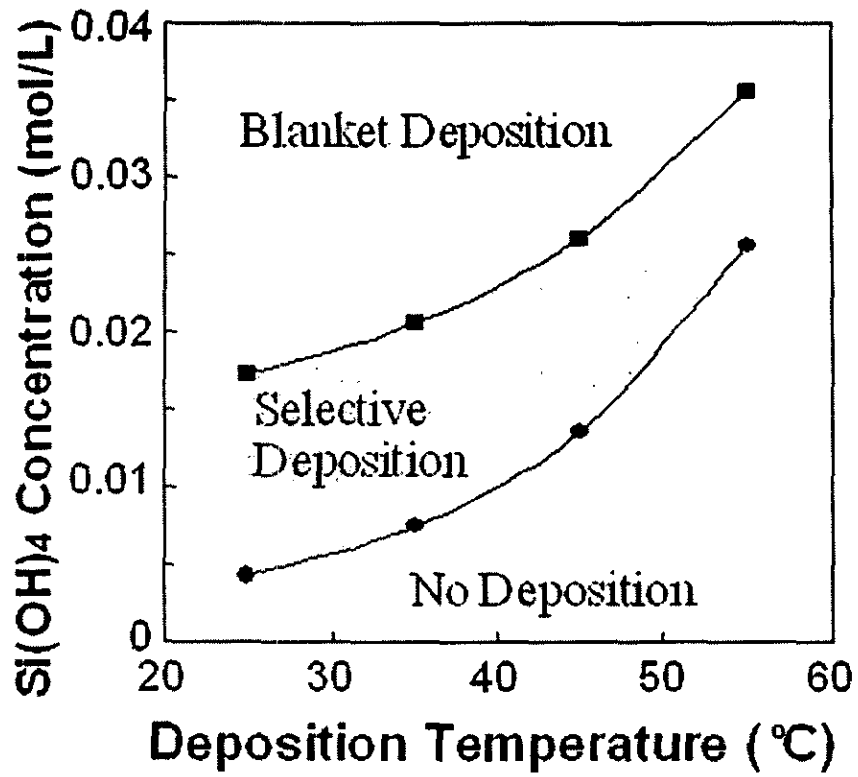
圖廿二、不同製程處理下薄膜電晶體閘極電壓(VG)對汲極電流(ID)特性曲線圖。

表 3、低溫液相成長矽氧絕緣膜閘極氧化層在不同製程處理下之元件參數。

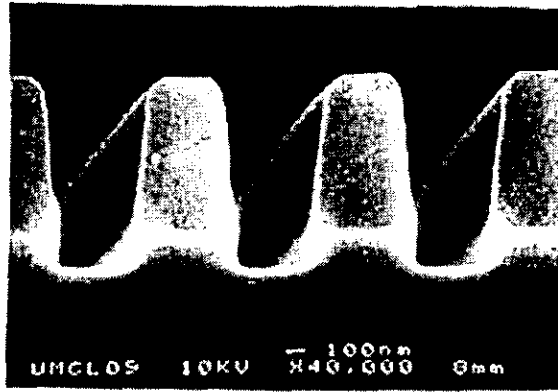
Gate Oxide Post-Annealing	V_{th} (V)	Swing (V/dec)	I_{ON} (μA)	I_{OFF} (pA)	I_{ON}/I_{OFF}	μ_{FE} ($cm^2/V\cdot sec$)	N_t (cm^{-2})
Furnace	11.89	1.708	37.06	45.70	8.11×10^5	7.71	1.29×10^{13}
N_2O Plasma 5'	7.14	1.250	194.6	59.05	3.30×10^6	16.31	7.55×10^{12}
N_2O Plasma 15'	7.57	1.398	132.1	113.8	1.16×10^6	13.92	6.62×10^{12}
O_2 Plasma 5'	8.94	1.304	146.5	99.85	1.46×10^6	14.55	8.01×10^{12}
O_2 Plasma 15'	8.93	1.285	148.4	56.10	2.65×10^6	14.80	8.10×10^{12}

(二)完成選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的探討(選擇比>100)

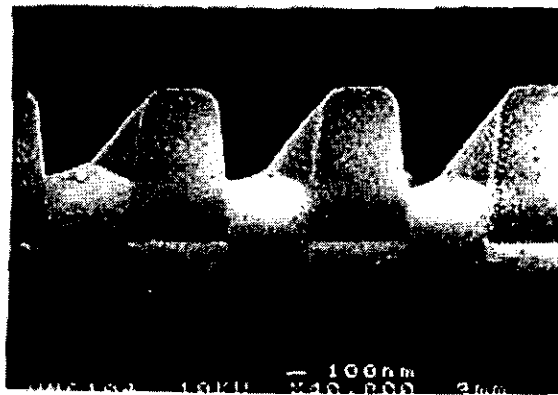
圖廿三所示為低溫成長矽氧絕緣膜技術沉積於光阻上，其溫度對 $Si(OH)_4$ 濃度的關係，由圖中可看出，矽氧絕緣膜於光阻上沉積可分為三個部份，即無成長、選擇性成長與全面性成長，選擇性成長為只成長於矽基板而不成長於光阻上，圖廿四則為在顯微鏡下觀察的結果，(a)為無成長，(b)為選擇性成長，圖中顯示矽氧絕緣膜只成長於矽基板上，而光阻上則沒有成長，(c)為全面性成長，在此沉積條件下，不論矽基板或光阻上，都會沉積矽氧絕緣膜。由實驗結果發現，在適當的控制沉積條件下，可以達到選擇性液相沉積矽氧絕緣膜，其沉積選擇比(矽基板對光阻)大於 100 以上。



圖廿三、低溫成長矽氧絕緣膜其溫度對 Si(OH)_4 濃度的關係。



(a)



(b)



(c)

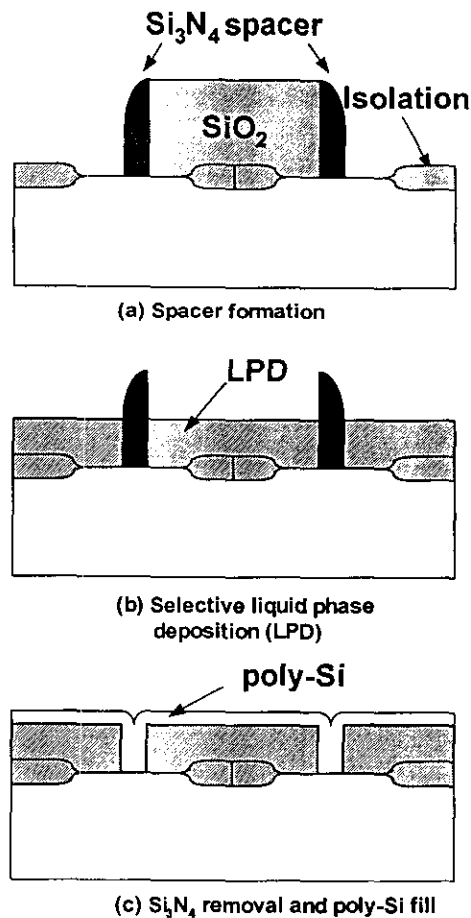
圖廿四、顯微鏡下觀察低溫成長矽氧絕緣膜：

(a)無成長，(b)選擇性成長，(c)全面性成長。

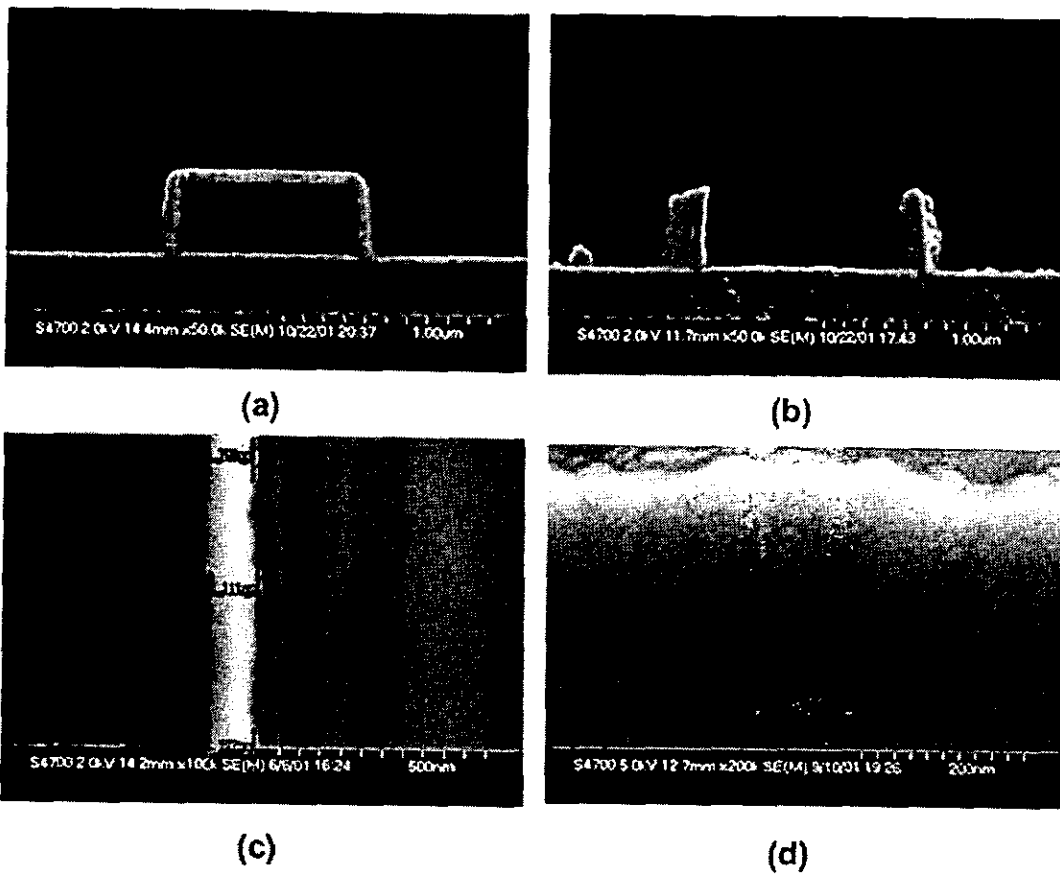
(三)完成選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的應用開發(奈米級 50nm 線寬)

圖廿五為利用選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術來製作奈米線寬的流程圖，首先在二氧化矽(SiO_2)依附層製作出氮化矽(Si_3N_4)側壁結構(a)，接著將二氧化矽去除，並利用選擇性沉積技術，填滿氮化矽以外的區域(b)，最後將氮化矽移除，並填入複晶矽(c)完成奈米線條之製作。

圖廿六為各個步驟的電子顯微鏡照相圖，從剖面圖(a)及(b)可以看出約 50nm 的奈米線寬，從上視圖(c)看，可能由於角度的關係，大於剖面圖所看到的，圖(c)則為填完複晶矽後的剖面圖，可以看出成功的製作出奈米級複晶矽線寬。



圖廿五、利用選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術製作奈米線寬的流程圖。

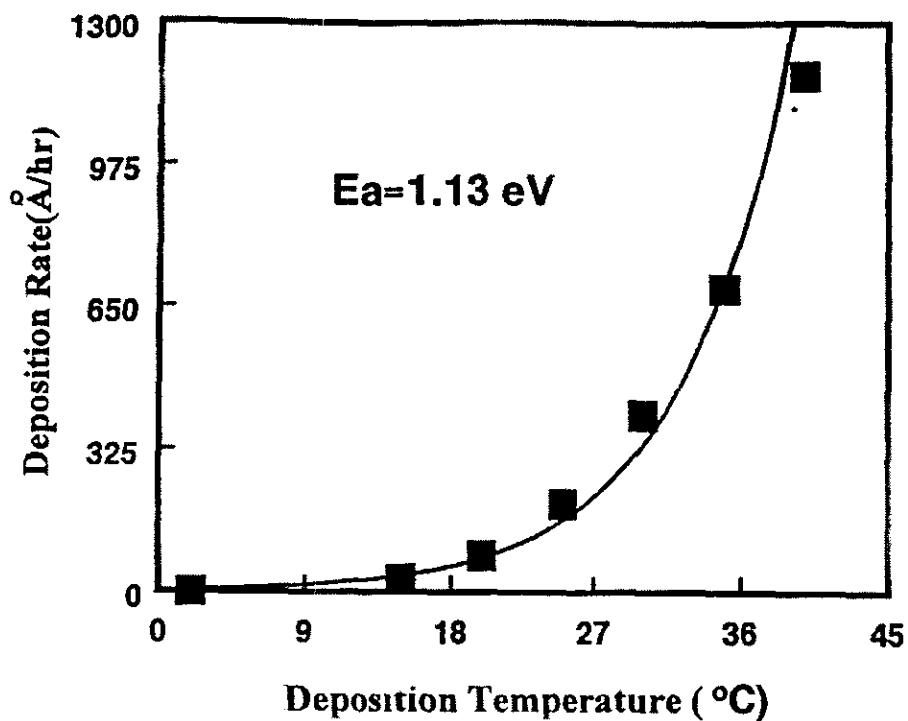


圖廿六、各個步驟的電子顯微鏡照相圖。

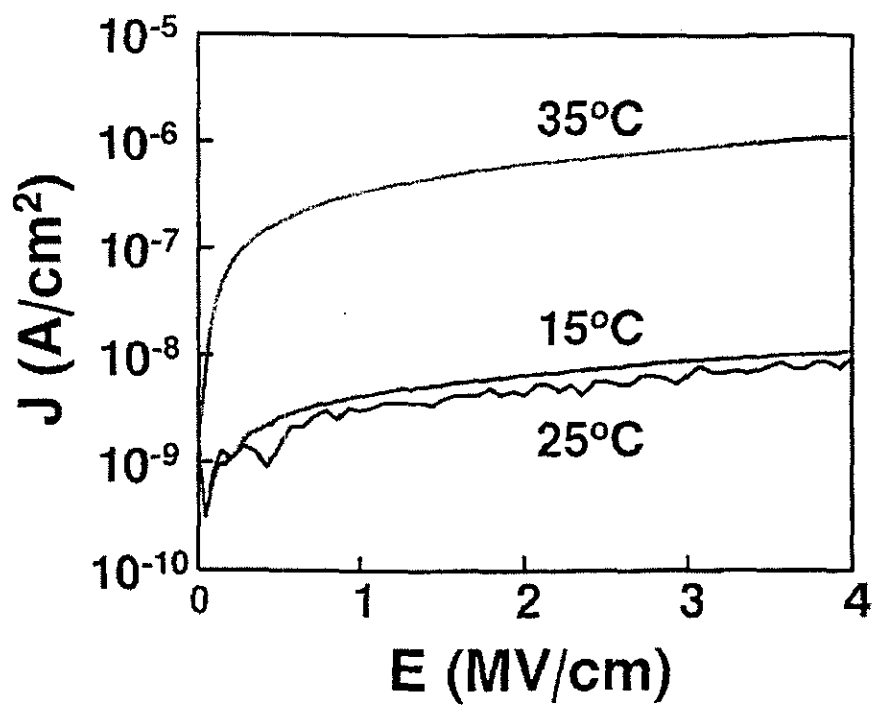
(四)完成低溫成長矽氧絕緣膜技術設備的自動化改善(溫控 $\pm 1^{\circ}\text{C}$)

低溫成長矽氧絕緣膜技術由於是在室溫下成長，所以不需要額外的加熱設備，但是溫度的變動會造成沉積條件的改變，如圖廿七所示，溫度的改變會造成沉積速率的改變，而影響厚度的均勻性。

對電性方面的影響，則如圖廿八所示，不同的沉積溫度會造成漏電流的增加，其中以室溫下沉積特性最好。

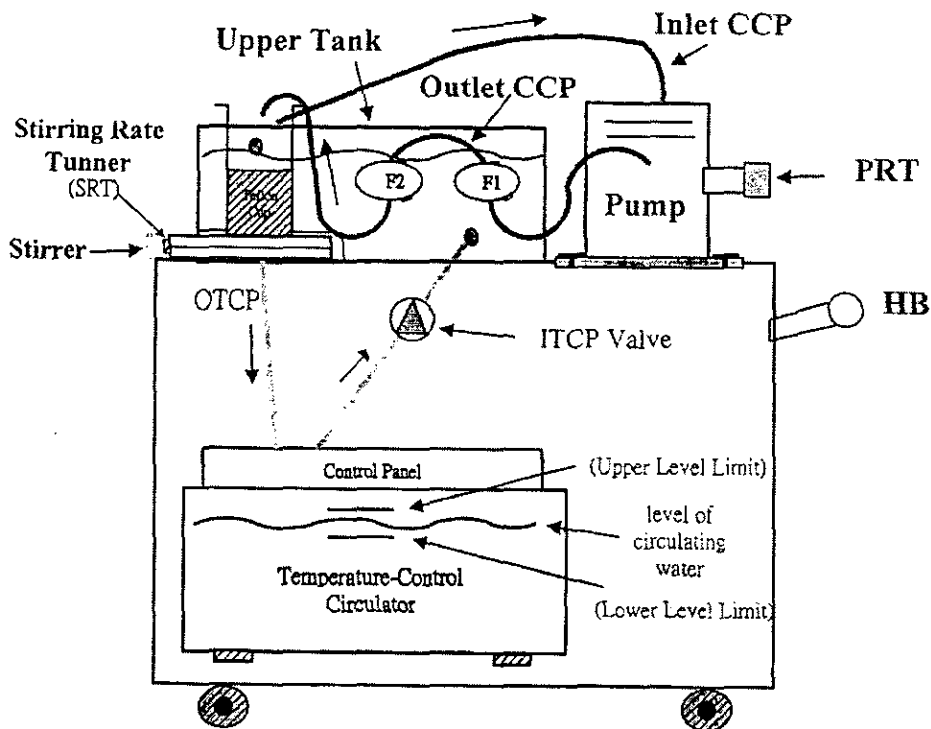


圖廿七、溫度的改變對沉積速率的影響。



圖廿八、不同的沉積溫度對漏電流的影響。

由於室溫會受到環境的影響而變動，為了將溫度保持在 25°C ，並且維持溫度變動在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 內，我們在液相沉積矽氧絕緣膜設備內加入了恆溫機 (Temperature-Control Circulator)，如圖廿九所示。由於是在室溫下成長，恆溫機並不會消耗太多能量，只需提供些許能量維持恆溫。



圖廿九、低溫液相沉積矽氧絕緣膜機台構造圖。

本研究利用低溫成長矽氧絕緣膜技術製作半導體電晶體元件之閘極氧化層，相較於傳統高溫熱氧化及電漿輔助氧化，可節省設備費用 50% 以上，省能 12% 以上。另，本研究使用之低溫成長矽氧絕緣膜技術，可選擇性成長矽氧絕緣膜於不同材質上，而傳統熱氧化及電漿輔助氧化製程則無法提供選擇性沉積，使低溫成長矽氧絕緣膜技術有較多之應用。

明年度之主要研究內容為：

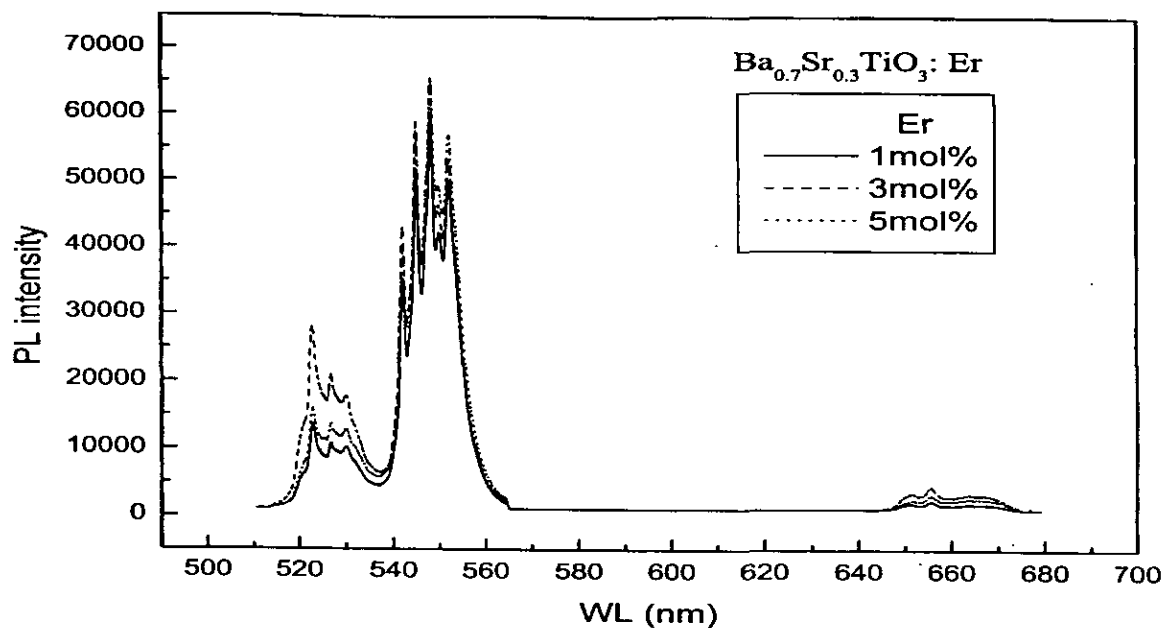
1. 利用溫差液相沉積方式製備矽氧絕緣膜，以達到節省水 25%。
2. 利用溫差液相沉積方式製備矽氧絕緣膜，以達到節省能源 10%。
3. 開發室溫液相沉積之藥品蒸餾純化機台，使藥品雜質含量達 1ppb 以下。
4. 應用臭氧水製程提升室溫液相沉積矽氧絕緣膜之膜質，達到漏電流 10^{-9} A/cm² 及崩潰電壓 10MV/cm。

4.1.3 低溫製程之研發

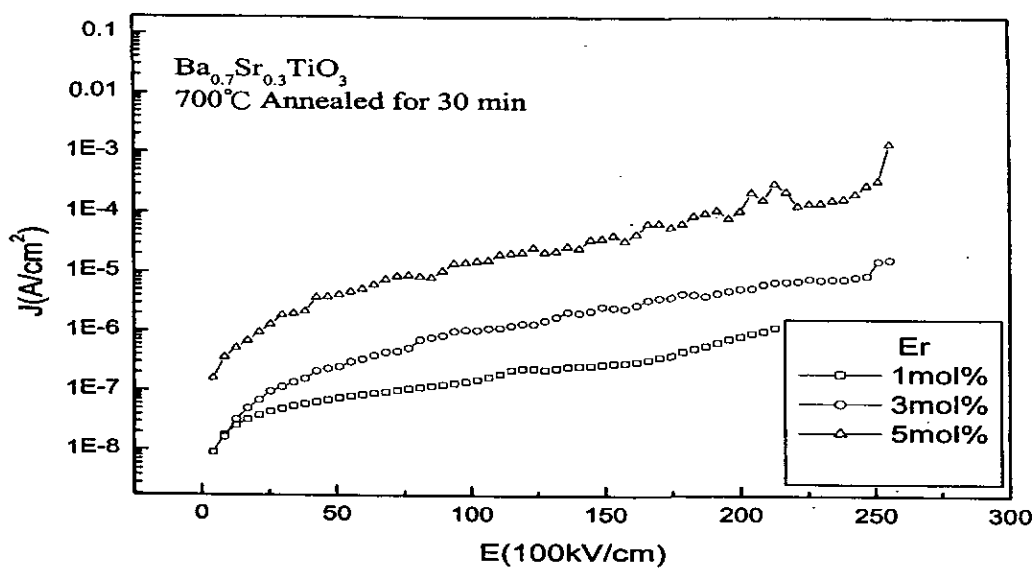
在上年度計劃中，由於適當地選擇 BST 的前導溶液，並在後續不同的熱處理溫度範圍 600°C~800°C 中，得到預期的結果。在本年度計劃中，除了寄於既有之基礎外，更進一步探討 BST 鐵電薄膜在不同添加物下其電學與光學性質之研究。

(一)完成低溫薄膜的光學性質之量測，並達到光學折射係數為 2.35

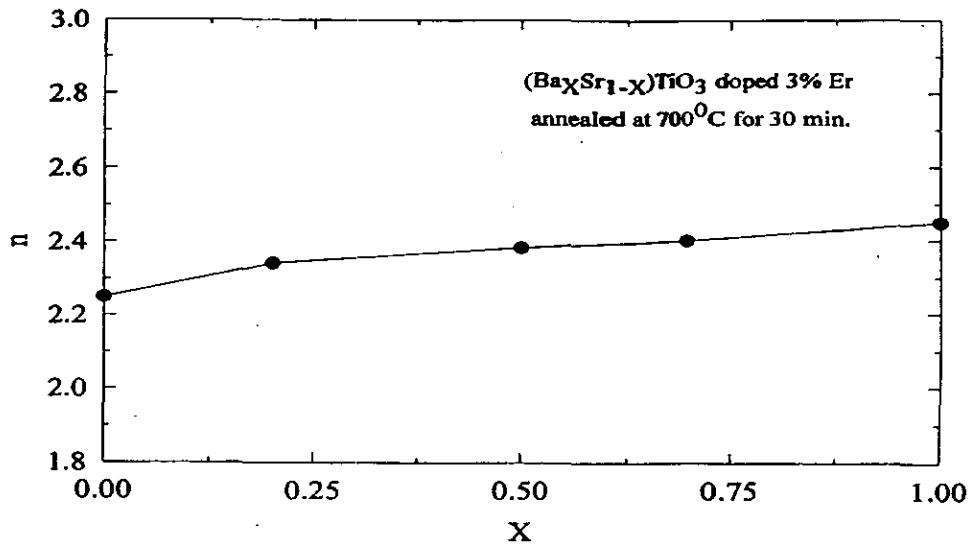
就 BST 鐵電薄膜的光學性質而言：由於 BST 本身為非自發性發射材料(nonspontaneous emission material)，因此需要添加活化劑(action)作為光催化效應。本計劃所用到的活化劑為稀土族元素 Er。BST 薄膜在添加 Er 後，經由波長為 488 nm 之 Ar⁺離子雷射激發(punping)，發現有極強之綠光發光強度(如圖卅~圖卅二所示)。其中圖卅二中可看出其光學折射率約為 2.35。



圖卅、BST 鐵電薄膜在 Er 不同摻雜濃度下之螢光光譜分析



圖卅一、BST 薄膜在 Er 不同摻雜濃度下，經由 700°C ，30 分鐘的熱處理後其漏電流密度對電場之關係。

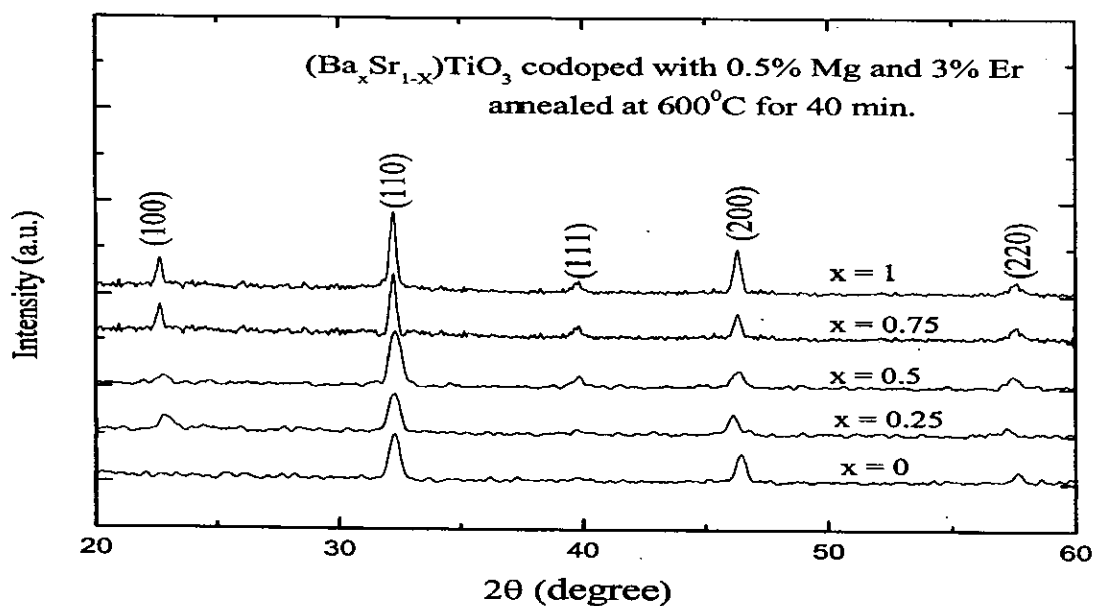


圖卅二、BST 薄膜在 163 nm 波長入射下,折射率對不同成份($X = 0 \sim 1$)之關係圖,由圖中可知折射率約為 2.35。

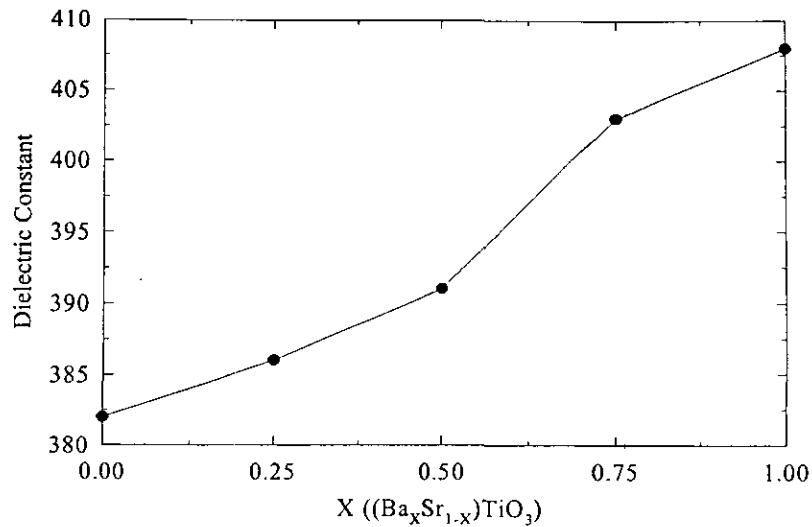
(二)完成添加物之低溫薄膜的電性及光學性質之量測,並達到介電常數達 400 以上,漏電流降低為 10^{-7} A/cm^2

就 BST 鐵電薄膜的電學性質而言：由於 BST 為鈣鈦礦相結構,即 ABO_3 , 就取代位置來分,添加物可以鈣分為兩類：(1)A 位置(A site)的取代,即取代鋇或鋇；(2)B 位置(B site)的取代,及取代鈦的位置。而由添加元素的價數來分,添加物可分為三大類：(1)施體(donor)添加,(2)等價(isovalent)取代,(3)受體(acceptor)添加。不同的添加物、熱處理條件和電極材料會改變 BST 薄膜之結晶性,因而改變介電常數和漏電流的大小。本計劃將以 $\text{Ba}_x\text{Sr}_{1-x}\text{TiO}_3$ 為主體(Host),藉由摻雜不同的添加物以降低漏電流和增加介電常數。

另一方面，同時摻雜 0.5 % Mg 及 3% Er 進入起始溶液中，其目的是為了在電學性質上要降低薄膜的漏電流，並提昇介電常數至 400 以上及在光學性質上增強薄膜的發光效率。量測結果分別以圖卅二，圖卅四，圖卅五及圖卅六說明之：在圖卅三中，經由 600°C、40 min 熱處理後，其繞射結果顯示優選方向為(110)晶面。經由 Scherrer's equation 計算得知在 $x = 0 \sim 1$ 之晶粒大小範圍為 23, 29, 32 38, 45 nm。且由圖中可知隨著 Ba 含量的增加其晶粒大小也隨之增加。



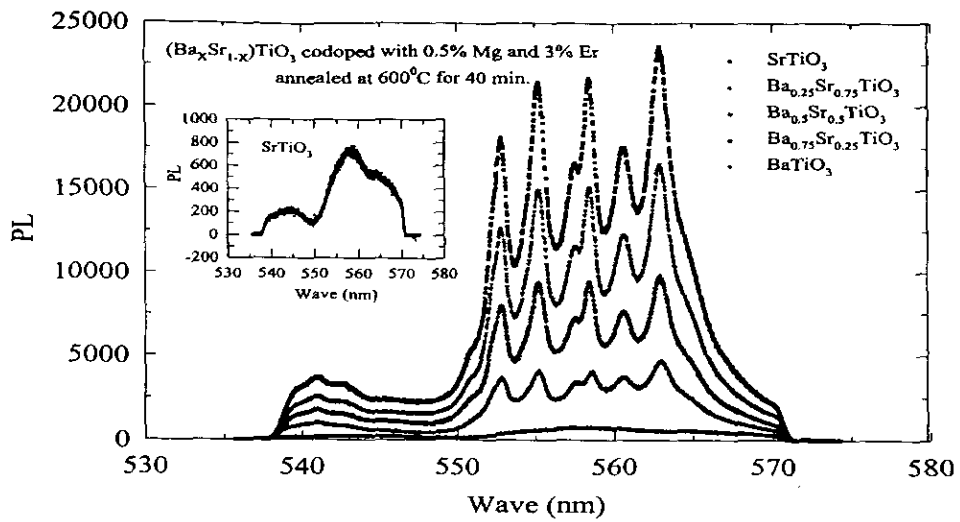
圖卅三、(BaXSr_{1-X})TiO₃ ($x = 0 \sim 1$) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之薄膜 X-ray 繞射圖。



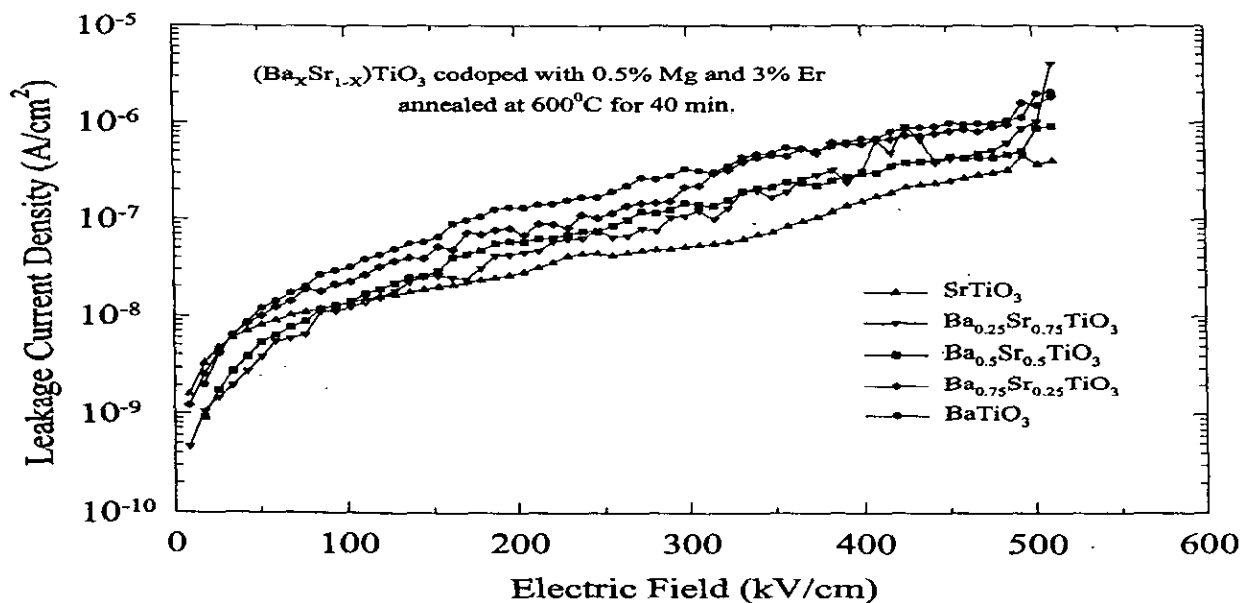
圖卅四、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之薄膜介電常數圖。

在圖卅四中可發現，完成添加物後其介電常數可達 400 以上，與預期目標相符。圖卅五為(Ba_xSr_{1-x})TiO₃ (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之鈦酸鋇鋇薄膜，經由 Ar 離子雷射激發後，在不同波段下之光激光強度(Photoluminescence, PL)，由該圖中可知在 550~570 nm 波長有極強之綠光產生，經由計算得知其能階跳躍分別為 $^4S_{3/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$, $^2H_{11/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$, $^4F_{9/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 和 $^4I_{11/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 。

在圖卅一中顯示，隨著 Ba 含量的增加有助於發光效率的增強，但當 $x > 0.75$ 時，可能是由於(200)繞射峰的增強(如圖卅三中所示)導致了綠光的發光強度降低，因此 BaTiO₃ 的發光強度略為下降。在插圖中為 SrTiO₃ 之 PL 發光強度。在圖卅六中，此圖形中隨著 x 值的增加，漏電流略為增加，主要的原因可能是因為隨著 x 值得增加，越趨近非線性介電性質，交流的損失會增加。另外從 X-光繞射圖顯示(200)方向的結晶性逐漸變強，造成越佳的結晶下也會導致漏電流變大。由圖中可知電場強度為 100 kV/cm 時，x = 0~1 薄膜之漏電流密度範圍約在 $1 \cdot 10^{-8} \sim 8 \cdot 10^{-9} (\text{A}/\text{cm}^2)$ 之間，故比預期目標好(原預定漏電流為 $10^{-7} \text{A}/\text{cm}^2$)。



圖廿五、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之光激發光圖。



圖卅六、(BaXSr1-X)TiO3 (x = 0~1) codoped with 0.5% Mg 及 3% Er 之鈦酸鋇鋇薄膜之漏電流對不同電場之關係圖。

由上述各結果顯示，利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鉬(BST)鐵電薄膜，有較佳的薄膜特性，使得漏電流由預期的 10^{-7}A/cm^2 降至 10^{-8}cm^2

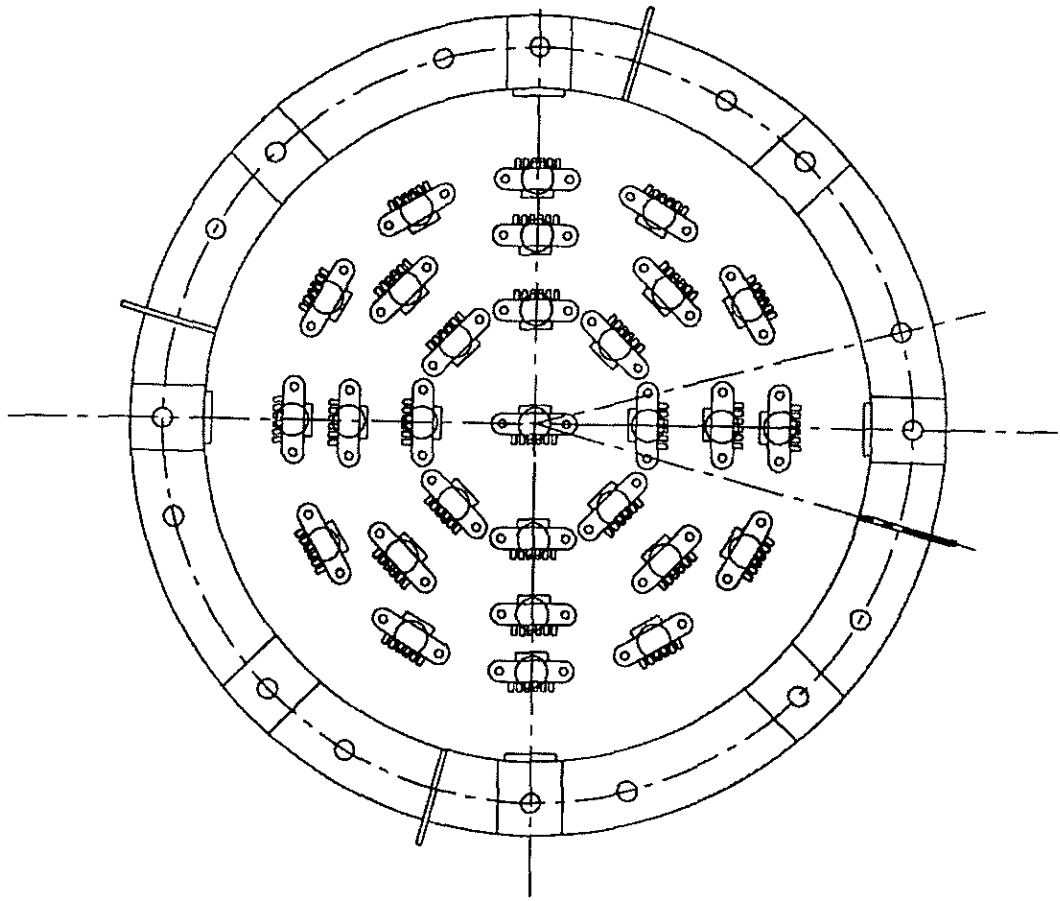
藉由所建立之鈦酸鋇鉬(BST)鐵電薄膜製程參數，在下一年度計劃中進一步研究鈦酸鋇鉬(BST)鐵電薄膜在不同氧化物基板上之物性及電學性質，以期能更降低製程溫度及更佳之薄膜品質。

4.1.4. 12 吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術開發

本研究去年度已執行的研究內容有完成快速加熱爐之理論分析、完成快速加熱爐之燈源排列設計、建立等溫加熱理論模式以及完成晶圓等溫加熱設計等。今年度則完成：

(一)完成快速加熱爐之燈源建立

由於晶圓的均溫性對於快速升溫反應爐設計仍是一個最重要的目標，為了達到晶圓較佳的均溫性，均勻的加熱源是必須的。所以在改進 12 吋矽晶圓在加熱時之溫度均勻性方面，我們實驗所建立的 RTP 處理爐採用多區域同心圓的燈源排列方式，並以高反射壁面以解決由於成長不同薄膜所產生的不均溫性，所以我們在燈座頂部鍍金以增加壁面的反射率。進而利用安裝在鍍金燈源座頂部的 four zones heating lamps 來加熱晶圓；每區的燈源加熱功率也均可獨立控制；並利用 T-type or N-type 熱電偶量測晶圓各區溫度，作為控制各區燈源功率的依據，藉以達到晶圓均溫的目的，燈源的排列如圖卅七所示。另外在輸入電源之前端加裝一組 power meter (MINSUN MSDP-880)以量測整個升降溫製程所消耗的能源，作為未來省能改進的依據。



圖卅七、燈源加熱器之鹵素燈排列方式

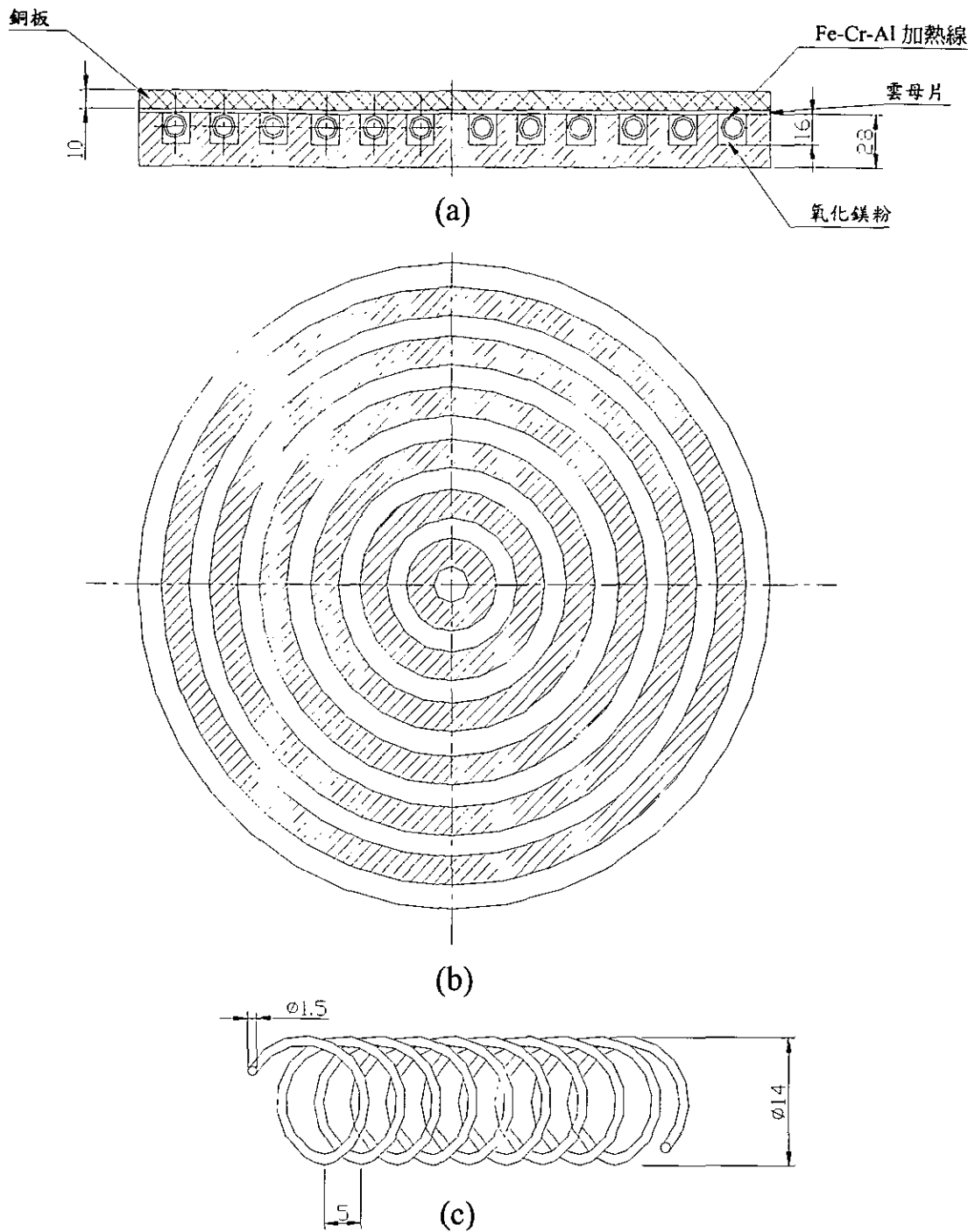
(二)完成晶圓等溫加熱系統建立，均溫性可達 $\pm 1.6^{\circ}\text{C}$

此外，為了進一步改善晶圓的均溫性，我們在晶片下方也設置一主動的控溫板(銅板)放置於晶圓與加熱器之間，利用純銅具有高 Thermal Conductivity 的性質以促進晶圓的均溫性，而且加熱器也一樣分為六個 zones，每個 zone 也有個別的獨立 SCR 控制器，以便控制每一個 zone 所需的 power，進而有效地改進晶片的溫度均勻性，其結構圖如圖二所示。主動式加熱器在實驗的過程中，必須維持製程所需之溫度，主動式控溫板係由 6 組加熱線圈、陶瓷線圈基座以及不銹鋼支撐架組成，如照片 7 及照

片 8 所示。另外在控溫板的外側加上大量的絕熱材料，以減少熱量的散失，而在陶瓷線圈基座上放上 5 公分厚的銅板，如此厚之銅板足以使線圈上的溫度均勻地往上传遞進而對晶圓加熱。6 組加熱線圈外接到 6 個獨立的電源供應器，進行實驗時可單獨對各個電源供應器調整電壓，例如在銅板中間部位需要的熱量較少，越接近銅板的外圍所需的熱量也就越多。在加熱線圈前端裝設一組 power meter 量測此控溫板所消耗的能源。

(三)完成晶圓等溫性測試，加熱時間可縮短 10%，節省能源 5%

圖卅九所顯示係單獨使用燈源加熱器對晶圓加熱，晶圓最高溫度是設定於 200°C，圖中橫軸係表示晶圓上不同的位置所量測之溫度，從圖上可看出晶圓溫度可快速上升至設定溫度，但晶圓溫度均勻性非常的不好(圖中 ΔT_{max} 表示在晶圓量測之二點間最大溫度差)，經過長時間後，溫度均勻性漸漸改善，但是需要花長時間改善均溫性，相對的也浪費了許多能源，此為主要的缺點。為了要瞭解主動式控溫板對晶圓表面溫度之影響，故也對主動式控溫板進行測試，圖四十係主動式控溫板對晶圓表面溫度之影響，其中在加熱過程中，晶圓表面溫度一直保持相當不錯之均勻度，但唯一的缺點就是需要較長時間對晶圓加熱，並且所消耗之能源也相對較多。在與圖四一比較後可發現，同時使用燈源加熱及主動式控溫板，在較短的時間(295 sec)就可達到晶圓表面所需溫度，且均溫性符合本次實驗目的，在省能部分可從圖 3 看出燈源加熱系統為了均溫性消耗了許多時間及能源，其中能源消耗了 6586KJ，在與圖四一中之等溫系統所消耗能源比較發現節省能源 22%。



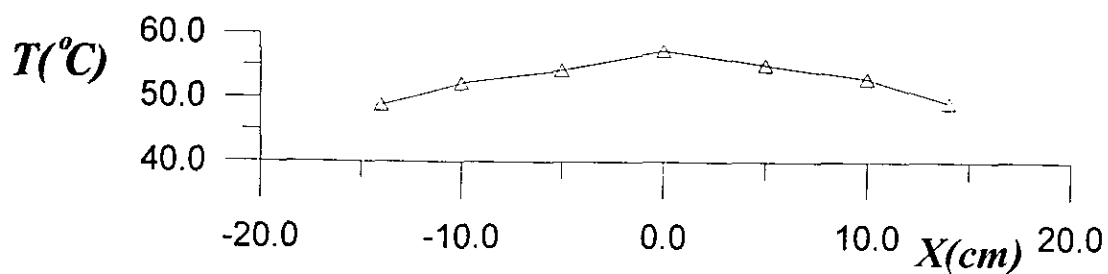
圖三八、主動式加熱板結構：

(a)側視圖，(b)頂視圖（斜線為加熱線位置），

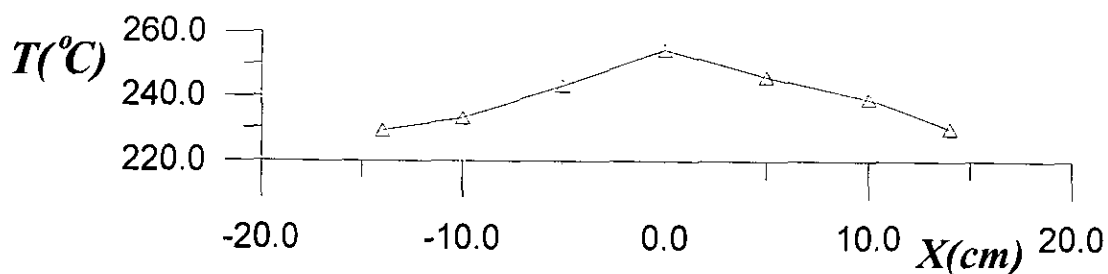
(c)加熱線結構

雖然每次實驗開始時需要將主動式控溫板之溫度上升至實驗所設定的溫度，不僅消耗能源也浪費時間，但是當應用到實際製程後，可使主動式控溫板維持在所需要之溫度，並讓控溫板可移動到各個 chamber，使得主動式控溫板可長時間都維持在所設定之高溫，隨時可打開用於很多 cycles，因此整個 RTP 爐之能量消耗可相當的程度的減少，故實際應用到製程時可更節省能源。

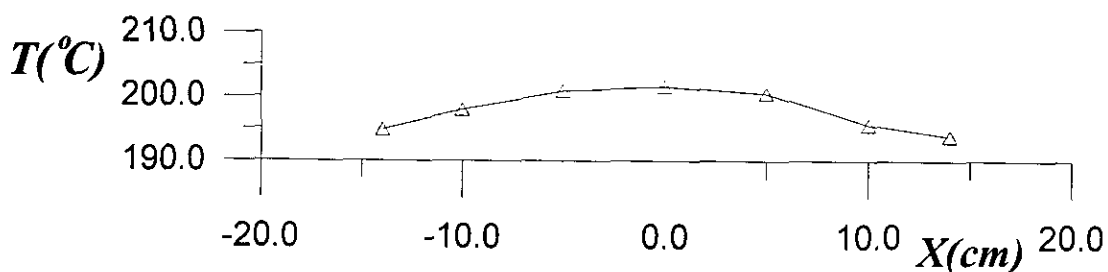
九十二年度計畫之工作在於完成 12 吋晶圓快速加熱爐之系統整合及測試。將第三年所建立的主要部分(快速加熱爐爐體、燈源及晶圓加熱系統)整合，而後進行晶圓均溫性測試及爐體耗能測試。主要的工作：整合快速加熱爐爐體、燈源及晶圓加熱系統，同時安裝控制及量測系統、進行 12 吋晶圓溫度均勻性測試及進行 RTP 爐耗能測試。



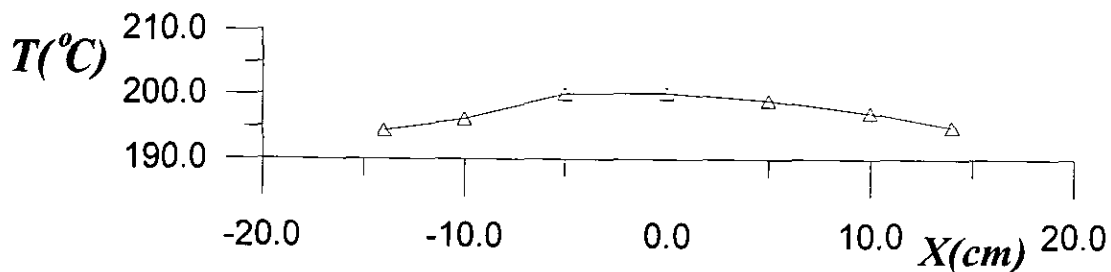
(a) $t=72$ sec, $\Delta T=9.5^{\circ}\text{C}$



(b) $t=114$ sec, $\Delta T_{\text{max}}=25.2^{\circ}\text{C}$

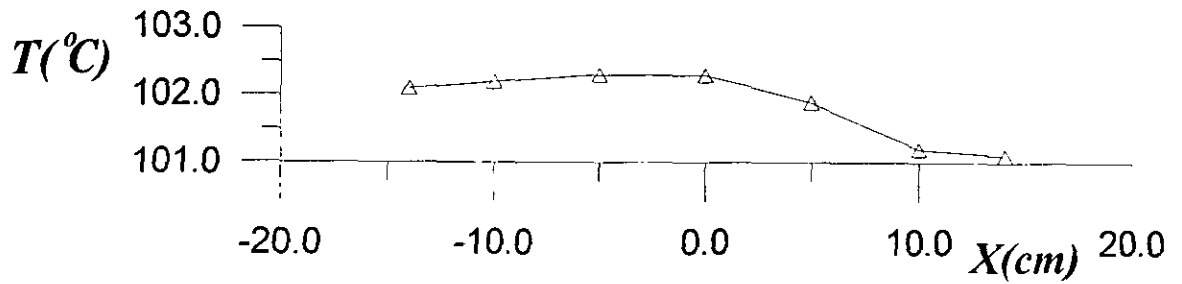


(c) $t=1500$ sec, $\Delta T_{\text{max}}=7.7^{\circ}\text{C}$

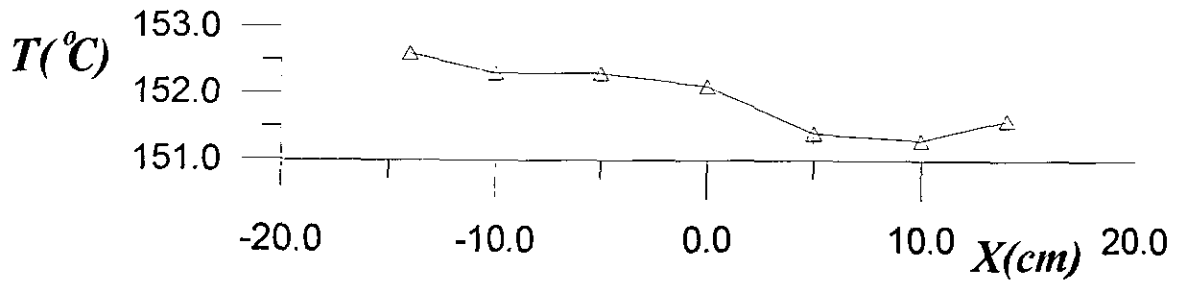


(d) $t=3333$ sec, $\Delta T_{\text{max}}=5.8^{\circ}\text{C}$

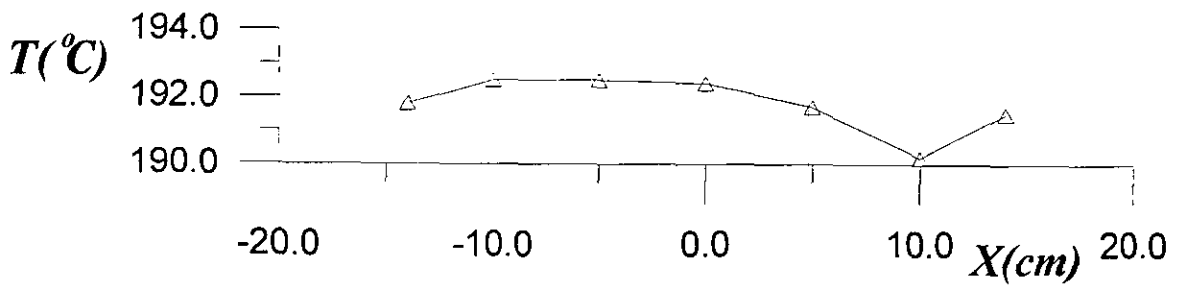
圖三九、單獨使用燈源加熱，晶圓溫度設定於 200°C 時之晶圓溫度分布圖，所耗燈源功率為 6856KJ



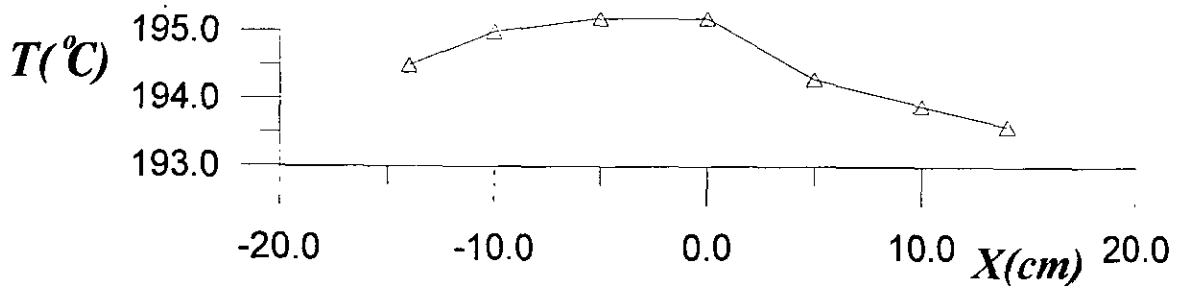
(a) $t=2000.0$ sec, $\Delta T=1.2^{\circ}\text{C}$



(b) $t=3000.0$ sec, $\Delta T=1.3^{\circ}\text{C}$

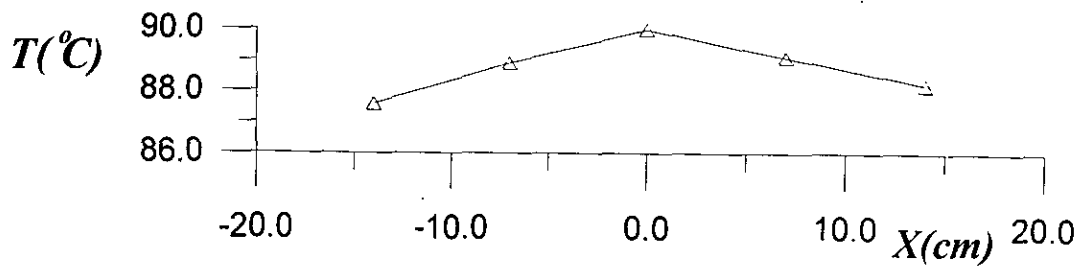


(c) $t=4000.0$ sec, $\Delta T=2.3^{\circ}\text{C}$

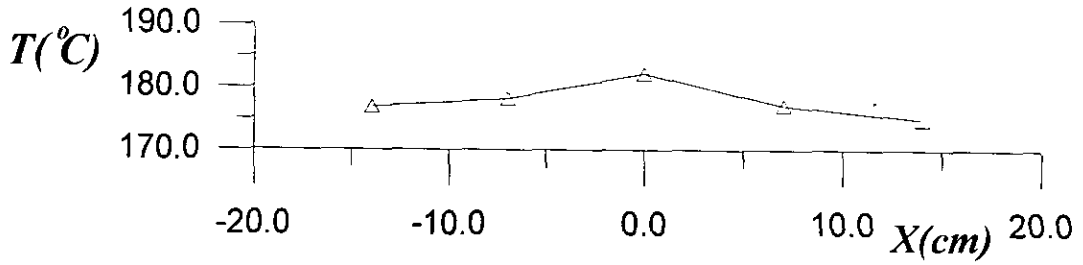


(d) $t=5000.0$ sec, $\Delta T=1.6^{\circ}\text{C}$

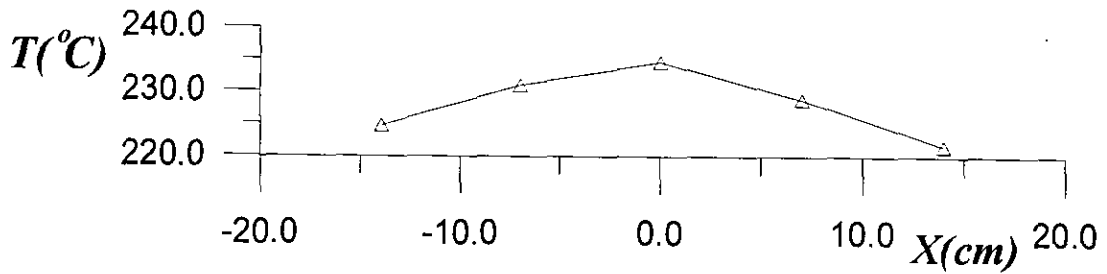
圖四十、單獨使用主動式控溫板加熱，晶圓溫度設定於 200°C 時之晶圓溫度分布圖，主動式控溫板所消耗功率為 9291.8KJ



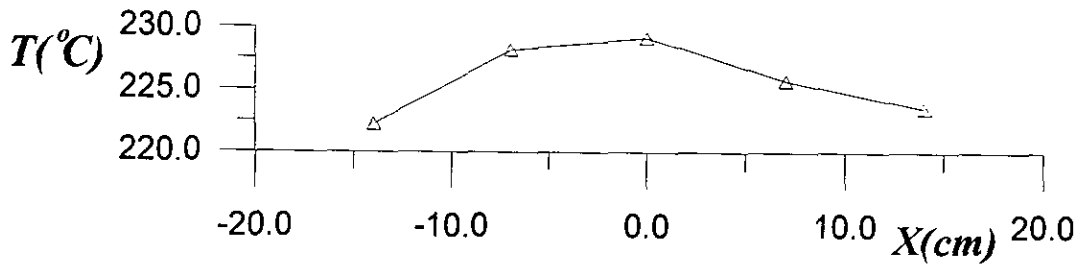
(a) $t=12.0$ sec, $\Delta T=2.4^{\circ}\text{C}$



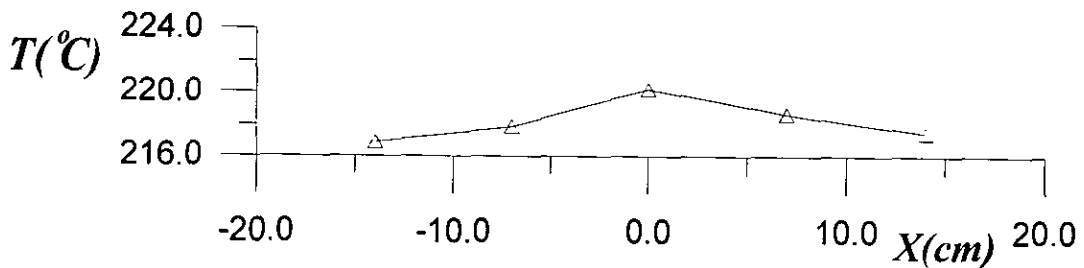
(b) $t=21.0$ sec, $\Delta T=7.5^{\circ}\text{C}$



(c) $t=111.0$, $\Delta T=13.1^{\circ}\text{C}$



(d) $t=192.0$, $\Delta T=7.1^{\circ}\text{C}$



(e) $t=295.0$ sec, $\Delta T=3.2^{\circ}\text{C}$

圖四一、使用燈源配合六段電阻絲加熱時，晶圓溫度設定於 200°C 時之晶圓溫度分布圖，燈源所耗功率為 1025.7KJ 以及主動式控溫板所消耗功率為 4623.6KJ ，總消耗功率為 5648KJ 。

4.1.5 半導體製程及設備省能技術短期人才培訓班

本校高效率能源技術研究中心主要推廣潔能源科技的研究，因此每年皆會舉辦相關的技術研討會；過去兩年之研究主題為高效率之冷凍空調技術、半導體廠省能省水以及半導體廠、製程與設備相關之省能技術；今年為第三年，研究主題為潔淨室省能技術與半導體製程省能技術，在今年之人才培訓班以及研討會中除了相關之著名學者外，亦邀請有豐富相關經驗之國內外廠商蒞臨演講，以提昇國內之省能技術。本研究內容完全符合預度進度且無落後情形，研究結果如下所述：

(一) 舉辦人才培訓班

於十月二十五日假交通大學工程五館三樓視廳教室(R324)舉辦『潔淨室省能技術與半導體製程省能技術』人才培訓班，是日邀請 NDL 南科鄭宗杰博士、交大電子所曾俊元所長、工研院能資所金光祖博士，針對學術界及工業界在省能方面之研究經驗與成果作精闢之講解，共計有 65 人報名參加；其中透過講師生動活潑之講演與學員間熱烈之討論，使學員獲得最大之助益。

(二) 第三屆高效率能源技術研討會

於十二月六日假交通大學浩然國際會議廳舉辦『第三屆高效率能源技術研討會』，針對潔淨室與半導體製程之省能技術與國內外學者、專家進行交流。上午進行專題演講，下午則為論文發表時間。與會人士約 123 人，其中約有 20 位日本人，會中討論精采熱烈。本研討會計有國內與日本業界發表專題演講三場，國內外學者論文發表七場；其中國家奈米元件實驗室新建工程之節能設計，為新建廠房如何蒐集資訊、做比較、選擇適當規格，以達到節能之目的，提供一個良好之示範，令人印象深刻。

4.2 執行檢討與建議

本年度計畫之執行期間自民國 91 年 4 月 1 日至 12 月 31 日止，共為期 9 個月左右。另一方面，由於本計畫之期末報告繳交時間較一般同類型計畫提前半個月左右，實際之研究時間不但短且部份研究用之材料或藥劑需從國外進口，在時間之掌控上乃為本計畫最重要的考量。本計畫之所有研究人員於本計畫開始執行後，即按照預定進度著手進行研究，截至期末除無任何落後情形外，所有研究項目皆符合進度，且比預期之目標好，如：低溫製程原預定漏電流可降至 10^{-7} A/cm²，但實際之研究結果為 10^{-8} A/cm²。

4.2.1 潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立

本年度之執行成果顯示在機台有發熱的情形下，對流場紊流強度有產生一些影響，而這對於污染粒子的排除有不良的影響，此外，對機台存在的情形下，在將影響流場的因素降至最低，我們提供降低潔淨室靠旁邊牆壁的 FFU 出口風速的建議，如此能使得整體潔淨室的耗能降低 5% 以上。

另外，我們也額外模擬潔淨室上方的燈具、燈罩等附加物對流場之影響，因為燈具、燈罩在 FFU 出口附近，在研究過程中我們發現這也是影響流場的一個重要因素，我們建議在燈具加裝導流裝置，以降低紊流強度。

在污染物擴散控制方面，我們以 STAR-CD 模擬污染粒子之運動，發覺在無機台情形下，藉由控制 FFU 風速及開孔率方式，能達到快速排除污染粒子之目的，但在機台影響下，污染粒子有堆積在低速區現象，這個部分有賴下年度計畫執行時做進一步探討。

由本年度之執行成果，我們將進一步研究多機台對潔淨室流場的交互影響，並進一步探討發熱量對流場之關係，據以提供設計潔淨室時之相關參考數據。

4.2.2 低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

本研究群今年依照進度完成下列工作：(1)探討低溫成長矽氧絕緣膜的電漿處理效應，(2)探討低溫成長矽氧絕緣膜的高溫處理效應，(3)低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)的應用開發，(4)選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的探討，(5)選擇性低溫成長矽氧絕緣膜技術的應用開發，(6)低溫成長矽氧絕緣膜技術設備的自動化改善。

根據我們長期研究結果顯示液相沈積矽氧絕緣膜無疑地是一項節省能源的技術，它的製程簡單，設備價格低廉，相較於傳統高溫熱氧化及電漿輔助氧化，本技術可節省大量能源。而其對光阻的選擇性可以用來製作更小的接觸窗口達到超高密度的元件製作以及其它應用，它的低溫成長高品質氧化膜特性也可以運用在甚多明星產業上。今後本研究群會繼續改善液相沈積機台及外部周遭無塵環境的潔淨度以及嘗試改善不同條件的成長參數，希望能進一步得到更高品質的氧化膜。此外，政府正大力推動兩兆雙星計畫，而顯示器產業正是其中一項，本研究群也正在積極規劃如何將液相沈積矽氧絕緣膜應用在顯示器產業。

4.2.3 低溫製程之研發

本年度計劃執行結果以達到預先預期之目標，並建立相關數據資料庫，所得的數據庫將作為有關半導體工業與光電工業應用的基礎。另一方面，由於使用 MOD 成長方式長膜，也較使用傳統的濺鍍法(sputtering)更節省能源且結果發現：

- 1) 適當地選擇前導溶液及製程參數，亦可得到比預期更佳的结果而且可節省整體製程約 25%的電量以及可節省約 8%的材料費。

- 2) 利用 MOD 的方法，可使漏電流由預期的 10^{-7}A/cm^2 降至 10^{-8}cm^2 ，比預期的結果更佳。
- 3) 利用 MOD 的方法，不但可實現在低溫下成長薄膜，更可進一步開發在室溫下沉積絕緣膜的最佳條件及電性、光學性質之分析，並建立數據庫以提供業界參考。

利用 MOD 的方法不但可實現大面積之沉積均勻性亦可相當地節省能源，但由於薄膜沉積之最佳化條件不易找到，因此先前的準備工作倍加艱辛，因此較需花費較長時間在尋找前導溶液的最佳化製程條件。

4.2.4 12 吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術開發

- 1) 影響晶圓溫度分佈及所耗功率的因素很多，包括燈源的控制模式、回饋溫度訊號的選取及分佈、燈源的排列、爐體形狀、晶圓支撐架的形狀、加熱銅板的厚度等等，均有一定的影響。而且由於爐體外表表面積極大，熱散失較多，其重複性較不理想；因此需要有更多的測試去找尋出更恰當的製程參數，以達到均溫及節能的目標。
- 2) 由於高溫量測在高溫時，其準確度較差，所以在半導體製程中，較高溫度時的溫度校正變的非常重要；因此選擇使用的溫度量測方式也是一個重要的課題。
- 3) 初步的結果顯示，燈源加熱有較佳的省能效果，但晶圓均溫性不好。然而電阻絲加熱加上控溫板所構成的主動式加熱器具有較佳的均溫性。本研究計畫將對如何結合這兩種加熱方式的優點，找出省能又均溫的加熱方式，以達到預定之研究目標，未來仍需進一步進行整個系統整合後之測試。

4.2.5. 半導體製程及設備省能技術短期人才培訓班及研討會

節約能源是大家耳熟能詳的事情，但是如何做、該怎麼做，卻缺乏明確的方針，尤其在能源使用量相當大的半導體廠中，如何省能是大家想做又不知從何著手的地方；在本中心的努力下，三年來不斷舉辦人才培訓班與研討會，與會人士已達數百人，雖然人數並不多，但是以這些人當成種子教官，回到其工作場合內，再進一步將高效率能源之觀念與技術向下紮根，使各界能共同努力向高效率能源之目標邁進。

觀念之建立與人才之培訓，在高效率能源之推廣方面是非常重要之一環，在本中心的努力下，培訓班與研討會之舉辦雖有相當之成效，但如何使此類高效率能源之觀念廣及於各行各業，仍有待努力。

未來二年之研究重點如下：

1. 潔淨室省能技術之研發
 - 建立潔淨室設計能量，提昇國內潔淨室設計水準
2. 12吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術之研發
 - 掌握 RTP 製程關鍵技術，提升 12 吋晶圓製造良率
3. 低溫製程之研發
 - 提升高介電材質薄膜製造技術，降低能源消耗
4. 室溫液相沉積絕緣膜及設備之研發及推廣
 - 研發室溫沈積技術，減少能源與資源浪費

潔淨室之省能技術研發方面，未來二年預計執行設計包含機台之潔淨室流場系統，在增加機台與配置的狀況下，改變各區域 FFU 之入口風速，控制污染粒子運動方向，使耗電量能進一步降低。同時，以過去研究

成果為基礎，進一步將焦點放在有機台存在，並且製程進行時之真實狀況，機台之發熱與污染粒子運動之關係，並設計多機台同時並存於一潔淨室內之最真實狀況，求得此時之污染物控制參數，將作為第五年度開發產品或技術轉移之先行研究，重要性極高。通風效率以及粒子污染物擴散控制是改善潔淨室耗能及提升品質的一個重要研究方向，考慮如何在不妨礙動線流程下製程機台的配置，對通風效率以及粒子污染物擴散控制也是很大的問題。以數值模擬配合實驗驗證之，能縮短研發時程，降低研發成本，是研究潔淨室問題的優良方法。

有鑑於此，本計畫利用風機濾網機組類型潔淨室可以調整各別風機的風速的，以期能藉此還控制粒子污染物的擴散，而不用外加任何的成成本，就能達到製程上對潔淨度的要求。另，由於電腦模擬的方式是極具前瞻性，亦不失準確性。所以可以對有興趣的空間結構、邊界條件做預期的估算，省去許多人力、財力和時間的負擔，經濟效益不可言喻。

潔淨室因製程與機台種類、機台位置、人員容量、空間大小等因素而有不同的設計，故本項目之研究數據在技術上絕不可能直接套用於每一家廠商之潔淨室設計上。但本項目完成後，可以：

1. 對於類似的尺寸、FFU 排列、機台類型之潔淨室，本研究成果可提供設計者設計更有效率之潔淨室。
2. 提供業界一個改善潔淨室設計的新思考方向，可利用機台發熱量、機台位置、污染源產生之情況及種類、新鮮空氣換氣量等之研究，在儘量減少耗電量之情況下，仍能達成原先潔淨室之要求。
3. 提供業界一個設計資料庫，以降低業界在設計上花費的時間與金錢，提高潔淨室產業之競爭力。

4. 提高潔淨室產業之技術層次，使台灣的潔淨室產業有能力設計各種污染源存在之潔淨室，此部分對未來生技產業之發展尤其重要。故本計畫之完成，對潔淨室產業之實質效益及潛在效益的貢獻幫助極大。

12 吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術，由於其快速加熱製程的優越性，為近年來頗受矚目的一項新的半導體製程技術，使得應用範圍日益廣泛，並已開始被廣泛應用於超大型積體電路的製造，來取代傳統的高溫爐管。未來二年將針對 12 吋晶圓省能快速加熱爐各子系統之系統整合、並根據測試結果加以改進及推廣，期望晶圓表面均溫性可達 $\pm 1.6^{\circ}\text{C}$ 同時能源消耗可減少 5%，達到提升晶圓之均溫性，同時亦可減少能源使用及節省能源的目標。由於快速加熱製程的優越性，在積體電路製程中，需要將晶圓加熱的步驟包括快速加熱化學氣相沈積、超薄氧化層成長及氮化、佈植離子活化、淺接合面形成、退火、擴散、金屬矽化物形成、磊晶成長、雙極體元件中之淺複晶射極成長以及接觸孔鋁合金型成等等，皆可以利用快速加熱製程來加熱。另，將前三年之實驗結果提供業界參考，並尋求業界是否願意合作開發或技術轉移，協助建立國內自行研發先進 12 吋晶圓快速加熱爐技術，逐漸取代傳統高溫爐管製程。

低溫製程之研究之研發除延續今年度採用之溶膠-凝膠法以低溫製程鈦酸鋇鋇(BST)鐵電薄膜外，未來二年將利用射頻-濺鍍法(RF-sputtering)成長鎳酸鋁、鈦酸鋇導電薄膜，尋求適當的製程參數以成長出結晶性好、穩定性高之氧化物電極為目的，並藉由這些電極與 BST 薄膜具有相同之鈣鈦礦結構、相近之晶格常數與類似的化學性質，藉以大幅降低 BST 鐵電薄膜之成長溫度至 500°C 以下。第五年則將研發藉由 MFIS 及 MFMIS 適當結構以改善 Retention Time 至 10^4 秒以上；藉由 MFIS 及 MFMIS 適當結構與薄膜製程技術以降低漏電流至 $10^{-8}\text{A}/\text{cm}^2$ 以下；記憶視窗在 2.1 伏

特以上的 MFIS 及 MFMIS 適當結構。本技術為最適合應用於高集積度的鐵電記憶元件製程中及改變組成、成分之研究上。其優點為：製程簡單、製程溫度低、成本低、對於多成分系統組成控制精確，此技術之發展，對我國相關半導體產品之競爭力提升有極大幫助。未來兩年將極積把核心技術移轉至廠商，同時亦將前三年之研發成果申請國內外專利。

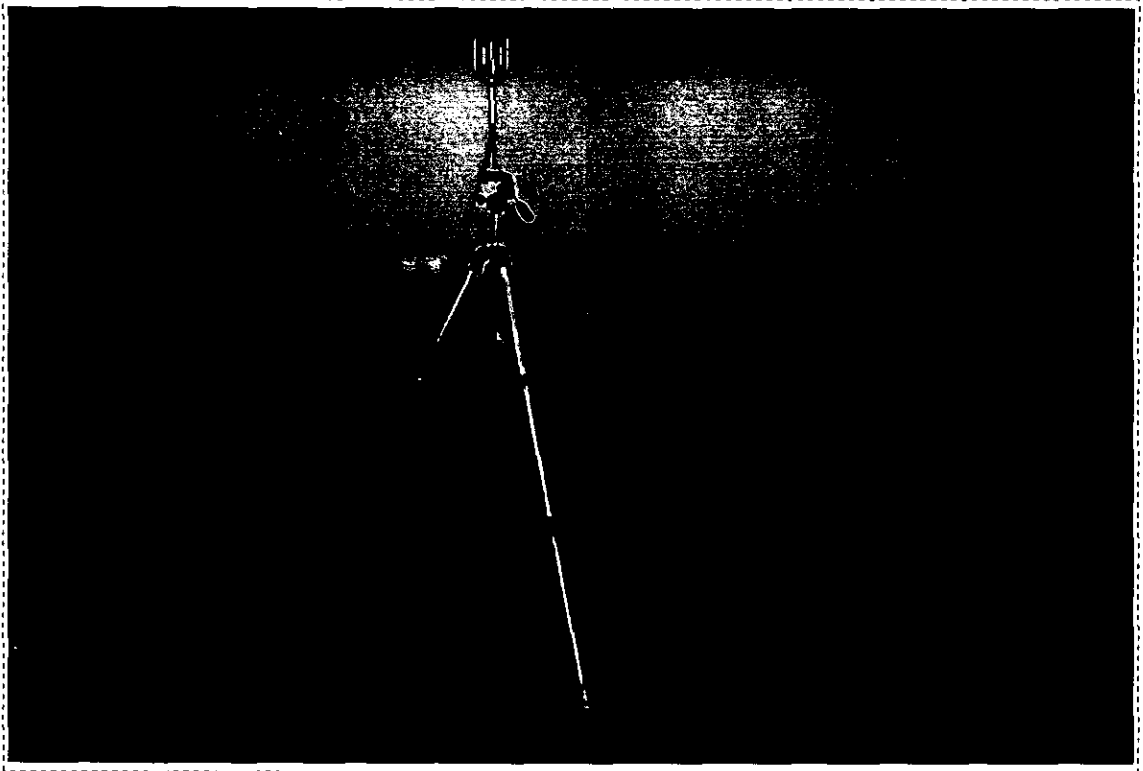
低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討，不但製程簡單，設備價格低廉，相較於傳統高溫熱氧化及電漿輔助氧化，本技術可節省大量能源。今年度已完成室溫選擇性成長條件，建立 50nm 奈米級線寬及應用低溫成長矽氧絕緣膜於場效電晶體(FET)及薄膜電晶體(TFT)。未來二年將持續針對溫差液相沉積矽氧絕緣技術之省水及省電進行研發，同時也將利用選擇性室溫液相沉積技術，製作奈米尺寸之閘極，預計達到線寬 100nm。面對半導體 LSI 元件低溫化要求、及 LCD 面板材料的低熔點化趨勢，開發新的省能低溫絕緣膜技術，已是國內外研究重點之一。尤其未來電子元件要製作於塑膠基板時，室溫液相沈積絕緣膜的技術應用，將是深具潛力的技術，必須強化它的功能，並具體發展並推廣液相沈積設備相關技術。

本研究不但可以運用在甚多明星產業上，且政府目前正大力推動之兩兆雙星計畫，而顯示器產業正是其中一項，本研究群也正在積極規劃如何將液相沈積矽氧絕緣膜應用在顯示器產業。另一方面，亦積極將此技術應用於奈米技術之研究上。

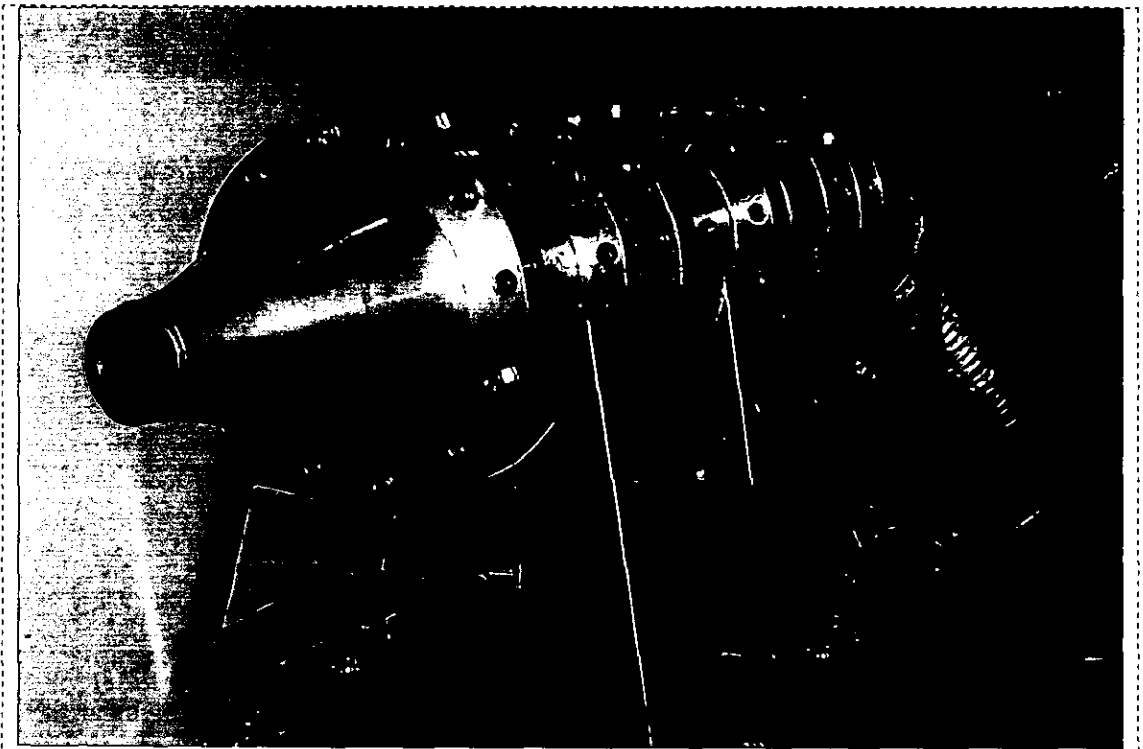
本計畫之第五年，將以過去之研究成果，在本校潔淨室內裝設半導體製程機台，並實際進行製程，以驗證過去研發成果，並開發以本校潔淨室為基礎之潔淨室原型，提供數據及設計建議給廠商參考。同時亦與國內廠商洽商技術合作或技術移轉，以達成本計畫技術應用為導向之最終目標。

未來兩年之研究重點，除上述提及之研究重點以外，將因應新技術、新觀念及新需求之發展趨勢再研發更加提升節能技術及拓展節能空間。另，將綜合歷年研發成果逐步加強推廣至潔淨室及半導體產業相關產業，期望建立業界需求之節約能源實用技術並移轉業界運用，建立高效率低成本量產技術之自主能力，為永續提升能源生產力提供有效動力。同時，引導業界朝高效率、高品質及高科技發展，以逐步超越國外技術水準並創新產業價值、厚植高效率設備技術開發能力並不斷創新省能空間，為分段式提升能源效率標準注入驅動力，建立省能產品開發與提升效率標準兩者之間的良性互動機制，奠定全面節約能源及提升能源效率之良好基礎。

附件一、重要成果照片及說明



照片 1、實驗時之 3D 風速計及粒子產生器



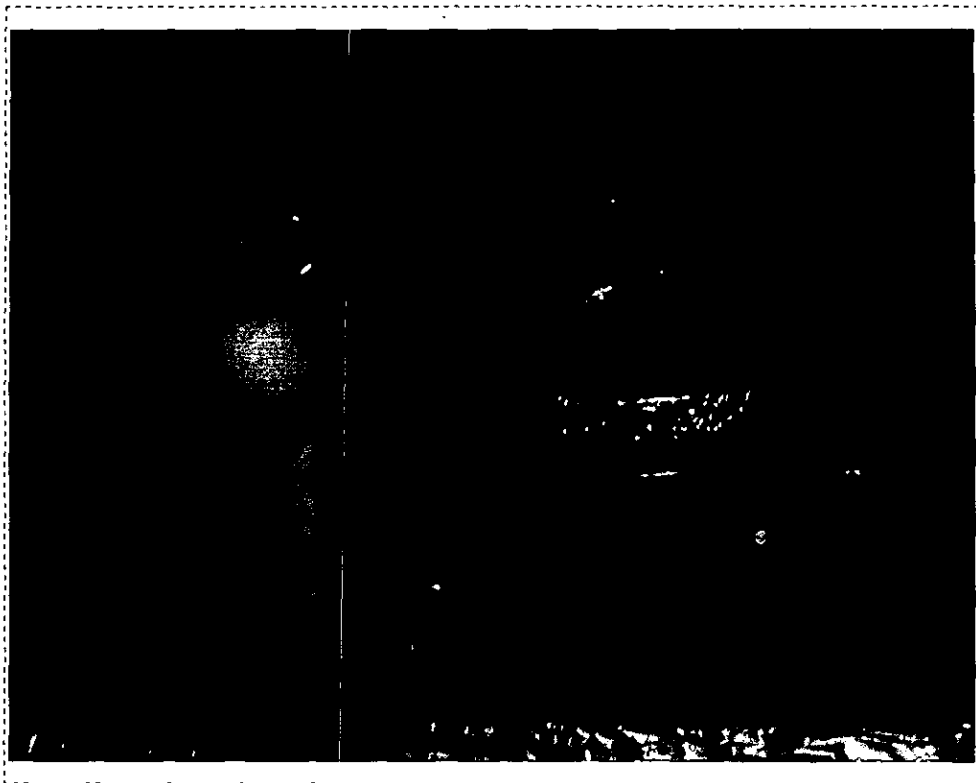
照片 2、超音波風速計校正設備



照片 3、低溫成長矽氧絕緣膜整合型機台(清洗槽)



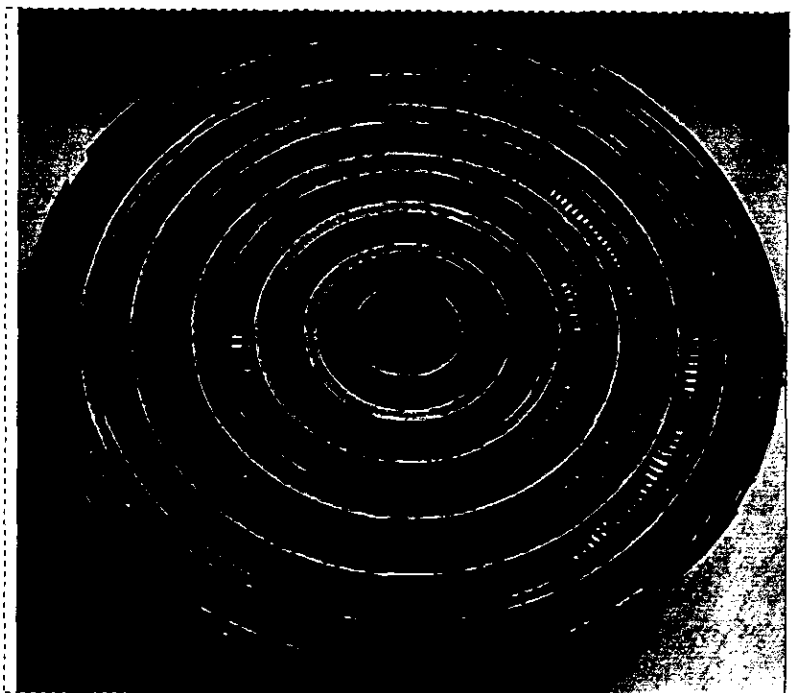
照片 4、低溫成長矽氧絕緣膜整合型機台(成長槽)



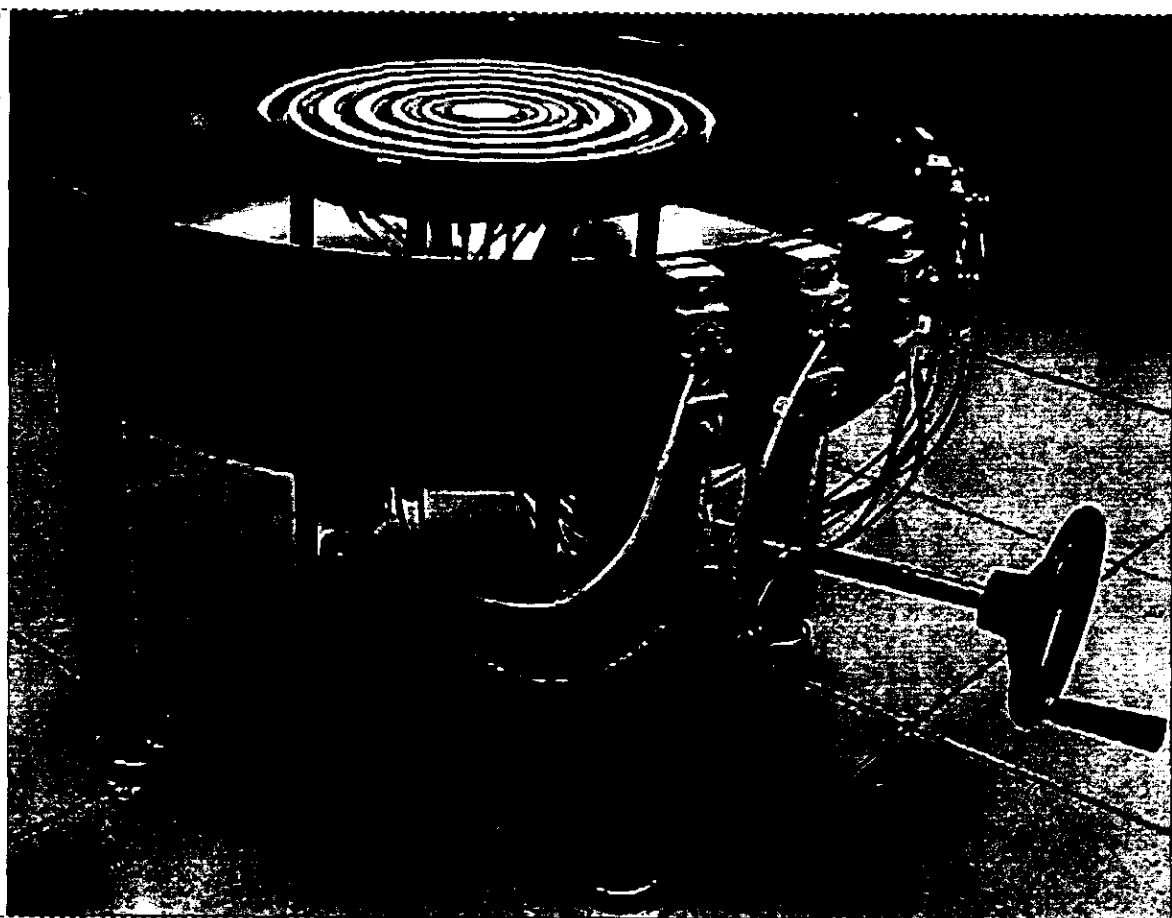
照片 5、化學溶液及加熱器以製作最佳化之前導溶液



照片 6、驅趕有機溶液之高溫爐，
製程步驟為 250°C 10 分鐘，400°C 30 分鐘



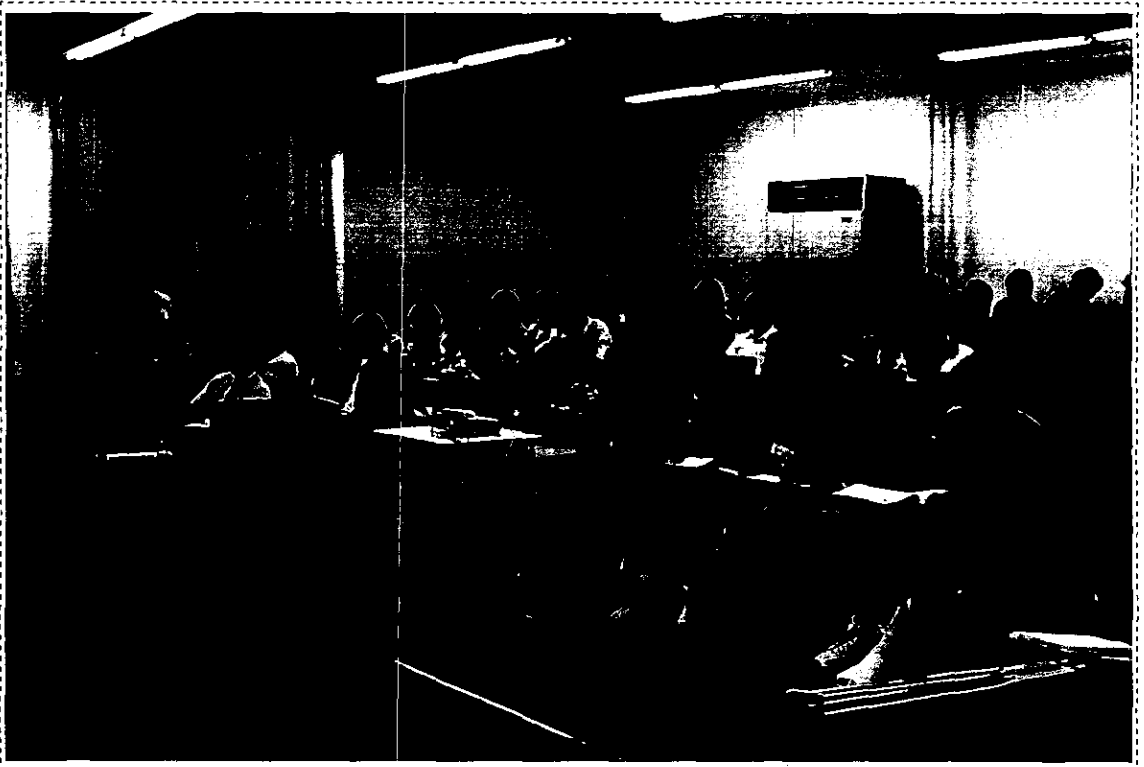
照片 7、主動式控溫板外觀之組成元件，加熱線圈及加熱基座



照片 8、主動式控溫板外觀之組成元件，不銹鋼支撐架



照片 9、『潔淨室省能技術與半導體製程省能技術』人才培訓班



照片 10、『潔淨室省能技術與半導體製程省能技術』人才培訓班



照片 11、『第三屆高效率能源技術研討會--
潔淨室省能技術與半導體製程省能技術』



照片 12、『第三屆高效率能源技術研討會--
潔淨室省能技術與半導體製程省能技術』

附件二、分包計畫摘要說明

(無分包計畫)

附錄一、節能與環保成效自評說明

潔淨室送風系統與機台配置最佳化設計及污染物擴散之實驗建立

以本年度之研究成果，若據以推廣，對半導體廠之耗電量能明顯降低，如此對節能有極大幫助。若耗電量減少，則石化燃料的消耗亦可進一步減少，對二氧化碳及其他污染物的排放能進一步降低，對環境保護有明顯的幫助。

低溫成長矽氧絕緣膜之高膜質化暨選擇性技術的探討與應用

使用低溫成長矽氧絕緣膜技術，依據計算可節省設備建置成本 50 % 以上，並可節省能源至少 12 %。由於高溫熱氧化爐及電漿輔助化學氣相沉積系統，必須使用化學氣體成長絕緣膜，未反應與反應完之化學氣體必須一同排出，而化學氣體不易回收，易造成環境的負擔。低溫成長矽氧絕緣膜技術，使用液相方式成長，成長溶液可回收再利用，可以降低對環保的衝擊。

低溫製程之研發

1. 由於製程條件的改善，使得利用溶膠-凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鉕(BST)鐵電薄膜，可節省整體製程約 25%的電量。
2. 由於製程條件的改善，使得利用溶膠--凝膠法(MOD)法來製備鈦酸鋇鉕(BST)鐵電薄膜，較無廢棄藥品及化學粉末之污染。

12 吋晶圓快速加熱薄膜成長均溫製程省能技術開發

未來將再測試其他更嚴苛的條件，使本設備在未來可應用到任一機台上，雖然主動式控溫板從室溫上升到製程溫度必須損失時間及能源，但只要控溫板維持製程溫度且長時間運作，並應用於其他 cycles，如此必定能夠節省能源以及達到均溫效果。

附錄二、政府部門研究計畫基本資料表(GRB)

如本計畫為某主計畫之分項
或子計畫，請填 A、B 表，如
為單一計畫，請詳填 B 表即
可。其餘詳見填表說明。

A 表	主計畫名稱 <u>高效率能源技術研究發展計畫</u>
	主計畫編號 _____
	主計畫執行單位 <u>國立交通大學</u>
	主計畫主持人 <u>陳俊勳</u>
	全程期間： <u>89</u> 年 <u>3</u> 月至 <u>93</u> 年 <u>12</u> 月 *總經費 <u>50,000</u> 千元

B 表								
計畫中文名稱「高效率能源技術研究發展計畫--潔淨室省能技術與半導體製程省能技術(3/5)」 英文名稱「High Efficiency Energy Technology Research and Development Project -- Clean-room and semiconductor manufacturing energy-saving technology」								
原計畫編號： <u>90-D0123</u>								
甲、計畫依據 <u>經濟部能源委員會「能源科技研究中心(能源科技人才培育專案(委辦計畫))」</u>								
乙、執行單位 <u>國立交通大學</u> 執行單位之簽約人 <u>陳俊勳</u>								
丙、年 度 <u>91</u> 主管機關 <u>經濟部能源委員會</u>								
丁、研究性質 <input type="checkbox"/> 基礎研究 <input type="checkbox"/> 應用研究 <input checked="" type="checkbox"/> 技術發展 <input type="checkbox"/> 商品化 <input type="checkbox"/> 其他								
戊、研究領域 <u>2F</u> (參見 C 表)								
己、計畫屬性 <input checked="" type="checkbox"/> 科技類 <input type="checkbox"/> 非科技類								
庚、全程期間 <u>89</u> 年 <u>3</u> 月— <u>93</u> 年 <u>12</u> 月								
辛、本期期間 <u>91</u> 年 <u>4</u> 月— <u>91</u> 年 <u>12</u> 月*本期經費 <u>0</u> 億 <u>5,100</u> 千元								
壬、本期經費來源								
執行單位出資 _____ %	資本支出(單位：千元)							
委託 單位委託(補助) <u>100</u> %	土地建築 <u>0</u> 人事費 <u>1,855</u>							
_____ 單位委託(補助) _____ %	儀器設備 <u>0</u> 材料費 <u>1,318</u>							
_____ 單位委託(補助) _____ %	其 他 <u>0</u> 其 他 <u>1,927</u>							
合計：100%								
癸、摘要關鍵詞 <u>節約能源，半導體製程省能，低溫製程 (中文)</u> (中英文各三則) <u>Energy conservation, Energy Saving Technology of Semiconductor Manufacture processes, Low temperature processing (english)</u>								
★參與計畫人力資料：(如僅代表簽約而未參與實際研究計畫者則免填以下資料)								
參與計畫 人員姓名	身份證 字 號	出生年 民 國	專長 領域	職級	學歷	性別	參與 人月	參與 性質
1 <u>陳俊勳</u>	<u>A103545669</u>	<u>45</u>	21	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>1</u>
2 <u>林清發</u>	<u>G101681873</u>	<u>40</u>	21	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>3</u>

	參與計畫 人員姓名	身份證 字 號	出生年 民 國	專長 領域	職級	學歷	性別	參與 人月	參與 性質
3	<u>洪景華</u>	<u>M120161292</u>	<u>49</u>	21	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>3</u>
4	<u>曾俊元</u>	<u>F103995753</u>	<u>46</u>	22,12	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>
5	<u>葉清發</u>	<u>J100020636</u>	<u>37</u>	22	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>
6	<u>鍾孝彥</u>	<u>H121324156</u>	<u>57</u>	21,2F	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>1</u>	<u>9</u>	<u>4</u>
7	<u>劉毓苓</u>	<u>E220466663</u>	<u>59</u>	2F	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>4</u>
8	<u>羅莉香</u>	<u>O200592063</u>	<u>61</u>	2F	<u>4</u>	<u>3</u>	<u>2</u>	<u>9</u>	<u>4</u>
9	<u>蕭智文</u>	<u>S122622891</u>	<u>65</u>	22	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>
10	<u>施智綱</u>	<u>N121868764</u>	<u>62</u>	21	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>
11	<u>吳國光</u>	<u>J120227622</u>	<u>64</u>	21	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>
12	<u>謝瑞青</u>	<u>M120550726</u>	<u>62</u>	21	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>
13	<u>黃加星</u>	<u>E122332051</u>	<u>63</u>	22	<u>3</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>4.5</u>	<u>4</u>

填表人：羅莉香 聯絡電話：(903)571-2121 轉 55231 傳真電話：(03)573-7586

期末審查意見回覆表

91 年度「高效率能源技術研究發展計畫-

潔淨室省能技術與半導體製程省能技術」計畫 (3/5)

執行單位：國立交通大學

序號	審查意見	回覆意見及應改善事項
1.	<p>本計畫潔淨室省能技術之研發上，偏重空氣流場之不均勻性與污染物控制，與省能似無直接關連，應加以說明。</p>	<p>本項目的研發，主要是透過對潔淨室內流場的設計與控制，使得潔淨室的換氣量降低，以達成省能之目的。但為了省能，卻不能忽略潔淨室的要求，就是必須降低污染物的含量，或產生了污染物，卻能快速的帶走，不污染其他的製程機台。因此本研究報告借由『流場均勻性』的絕對指標，及污染物控制的方式，證明雖然耗能降低，但也不影響潔淨室的功能，並以實際耗電度數計算，證明本項目研究成果確已達成預定目標。</p>
2.	<p>本計畫之技術授權僅德商麥士特有限公司之潔淨室 Calamity 系統 8 萬元，其他收入則無，研究成果推廣成效較差。</p>	<p>本研究人員已極積推廣本計畫之研究成果，並多次與力晶、旺宏、台積電等多家高科技廠商洽談技術授權/合作事宜，大部份廠商對本計畫研究之成果深感興趣且有合作意願，惟因景氣低迷之故，許多廠商皆背負巨額之虧損，實無多餘之預算支付不必要之開支，暫緩執行所有合作研究計畫。預期今年因 SARS 疫情持續嚴重，類似困擾仍會存在。</p>

序號	審查意見	回覆意見及應改善事項
3.	執行報告之 23 頁技術授權 80,000 元，但 29 頁授權金 100,000 元不符，請說明。	第 23 頁之金額乃為實際繳庫數，已扣除營業稅、印花稅等..必要支出，並依據合約書第十條國有研發成果推廣之獎勵，按國有研發成果收入之直接產出之百分之二十分配於研究人員及乙方後之金額。 第 29 頁之授權金 100,000 乃為與廠商簽約之實際授權金(未扣除上述必要支出)。
4.	室溫液相沉積氧化膜設備之研發事宜與半導體設備廠家尋求合作。	未來會尋求有意願合作廠商，將技術移轉給產業界。
5.	於 P.47 頁表 1，變數及誤差值中溫度與溼度之誤差值宜注意有效位數。	在做此實驗時重複量測約 10 次，根據不準度分析，其平均誤差之有效位數為儀器讀數之下一位，以溫度而言，本潔淨室之溫度計單位為攝氏，有效位數為小數點下一位，故誤差精確值應為小數點下 2 位，估計值應到小數點下 3 位，濕度部分也同樣修正，其結果修正請參考期末報告之第 47 頁。
6.	從論文發表成果顯現：研究內容與成果仍屬學術性範圍，在產業界合作及技術引進均無，致也沒有成果推廣及應用，應注意加強。	本計畫已規劃一定之進程，希望於未來能做技術移轉於廠商，關於委員之意見，我們會更加注意，並加強業界合作及技術之推廣。目前已有研究結果申請專利中，並正尋求有意願合作廠商，將本計畫各項技術移轉給有意願之廠商。

序號	審查意見	回覆意見及應改善事項
7.	<p>本計畫已執行三年，如何在能源科技研發定位上著墨？在計畫目標四大項中，P.24 成果說明中，研究成果明顯顯示，成果應有創作（含專利等），供與業界合作，促進業界成長，但統計表中，除論文發表外，其餘均掛零。</p>	<p>本計畫之研究成果曾於 90 年度申請台灣、美國及日本之專利，專利名稱為：「High Quality Liquid-phase Deposited Insulator 提升液相沉積氧化膜品質之方法」，正等待審核結果。</p> <p>未來將積極將研究成果申請專利，同時將致力於與業界合作技術之開發及將技術移轉給產業界。</p>
8.	<p>由三年之研究成果，如何在未來二年規劃出在潔淨空調與半導體製程「省能技術」可行性的項目，以協助業界合作開發或技術轉移，或促進業界成長及生產投資...等等，以符合能源科技研發之「定位」，故請在期末驗收報告中提出，藉以確定未來二年之目標方針。</p>	<p>未來二年之目標及方針及定位，已補充於第 88~92 頁。</p>
9.	<p>無塵室（潔淨室）氣流研究與 CFD 模擬與工研院能資所進行之「高效率空調及設備研製技術」似有重覆，請說明。</p>	<p>工研院能資所之計畫，主要朝向潔淨室內空調與 FFU 的研發。但本項目的目標，乃為整合本計畫其他項目（如半導體製程設備）之研發成果，朝向當製程進行時之潔淨室流場設計研究，藉以達成省能目的。因此我們不考慮不同等級、型號之 FFU 的影響，但考慮機台存在時對潔淨室流場的影響，以更進一步接近實際狀況。所以與工研院能資所計畫不但方向不同，且實為互補的計畫。</p>