

行政院所屬各機關出國報告  
(出國類別：開會)

赴美國參加國際薄膜研討會  
暨訪察奈米儀器發展現況出國報告

服務機關：行政院國科會精密儀器發展中心  
出國人員：高健薰 副研究員  
出國地區：美國  
出國期間：九十一年十一月三日至十一月十三日  
報告日期：九十二年一月三十日

行政院研考會/省(市)研考會
編號欄

40/  
1009>00300

系統識別號:C09200580

公務出國報告提要

頁數: 38 含附件: 否

報告名稱:

赴美參加國際薄膜研討會暨訪察奈米儀器發展現況出國報告書

主辦機關:

行政院國家科學委員會精密儀器發展中心

聯絡人/電話:

劉恭霖/03-5779911-522

出國人員:

高健薰 行政院國家科學委員會精密儀器發展中心 研究發展組 副研究員

出國類別: 其他

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 11 月 03 日 - 民國 91 年 11 月 13 日

報告日期: 民國 92 年 01 月 30 日

分類號/目: G0/綜合(各類工程) /

關鍵詞:

內容摘要: 國科會精密儀器發展中心指派本人於美國真空學會舉辦之第四十九屆國際研討會發表新近開發完成之孔口法定容式高真空檢測系統之論文，藉此宣揚中心在真空檢測技術領域之技術能力。並藉著參加真空研討會廣泛蒐集國際上在真空、鍍膜、微機電系統、奈米材料、奈米檢測、生醫檢測領域之最新研究成果，瞭解先進國家在是類學門之發展趨勢。於研討會附帶舉辦之真空儀器展覽會中亦蒐集參展儀器資料，以求迅速掌握國際真空相關領域儀器之發展現況及各製造商之研發趨勢。此外，經由參訪電子顯微鏡、聚焦式離子束直寫系統製造廠商FEI公司，實地考察這些奈米檢測與加工儀器設備的具體性能及在奈米科技領域的應用狀況。而拜訪Wolfe Engineering公司，除深入瞭解半導體廠在氣體傳輸控制系統的發展狀況外，特別與之洽談合作發展微質量流率控制儀之流率檢測技術事宜，以加速中心國際化之腳步。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

計畫行程表

日期	起	至	工作內容
91.11.3(日)	台北	丹佛	起程，安排住宿
91.11.4(一)	丹佛		報到，參加研討會
91.11.5(二)	丹佛		壁報論文發表
91.11.6(三)	丹佛		參觀儀器展示會及參加研討會
91.11.7(四)	丹佛	波特蘭	起程，安排住宿
91.11.8(五)	波特蘭		參訪 FEI 公司
91.11.9(六)	波特蘭	聖荷西	起程，安排住宿
91.11.10(日)	聖荷西		撰寫報告
91.11.11(一)	聖荷西	舊金山	參訪 Wolfe Engineering 公司
91.11.12-13 (二、三)	舊金山	台北	回程

## 摘 要

國科會精密儀器發展中心指派本人於美國真空學會舉辦之第四十九屆國際研討會發表新近開發完成之孔口法定容式高真空檢測系統之論文，藉此宣揚中心在真空檢測技術領域之技術能力。並藉著參加真空研討會廣泛蒐集國際上在真空、鍍膜、微機電系統、奈米材料、奈米檢測、生醫檢測領域之最新研究成果，瞭解先進國家在是類學門之發展趨勢。於研討會附帶舉辦之真空儀器展覽會中亦蒐集參展儀器資料，以求迅速掌握國際真空相關領域儀器之發展現況及各製造商之研發趨勢。此外，經由參訪電子顯微鏡、聚焦式離子束直寫系統製造廠商 FEI 公司，實地考察這些奈米檢測與加工儀器設備的具體性能及在奈米科技領域的應用狀況。而拜訪 Wolfe Engineering 公司，除深入瞭解半導體廠在氣體傳輸控制系統的發展狀況外，特別與之洽談合作發展微質量流率控制儀之流率檢測技術事宜，以加速中心國際化之腳步。

## 目 次

壹、前言.....	3
貳、目的.....	4
參、過程.....	6
肆、達成之任務.....	30
伍、心得.....	32
陸、檢討與建議.....	36
柒、結語.....	38

## 壹、前言

真空鍍膜技術的開發向為國科會精密儀器發展中心之重點任務，經過多年努力在國內相關研究領域已具舉足輕重地位。為求維繫技術之永續發展，精確掌握國際上相關學門的研發脈動，以研擬具前瞻性且契合先進國家發展趨勢之研究主題，故而有此一參加美國真空學會舉辦之國際研討會計畫。

美國真空學會為世界真空學界最大之組織，其每年年會舉行期間同時亦舉辦為期一週之學術研討會及儀器展示會，規模日趨盛大，參與發表之論文總數多達千餘篇，皆為最具水準與代表性研究成果，今年所將參與此一國際研討會發表本中心最新開發完成之高真空檢測系統研發成果以彰顯本中心之研究實力於國際學術研討會。

奈米科技自 1991 年起已然成為歐美日各先進國家積極推動之科技，攸關我國國家競爭力至鉅，因此我國亦自今年起六年內投入研發經費新台幣 230 億元，以積極推動國內之奈米科技相關技術發展。本中心為因應政府積極推動奈米科技之政策而展開奈米技術發展規劃，此行特別參訪重要奈米檢測與奈米加工儀器設備廠商，充分瞭解相關儀器發展現況以利參與奈米國家型科技計畫規劃參考。此外，今年九月華美半導體協會安排美國重要半導體儀器設備廠商參訪本中心時，其中以生產半導體製程氣體控制整廠設備為主的 Wolfe Engineering 公司總裁對與中心合作開發極微小流量量測技術甚表興趣，此行亦將進一步與之磋商合作事宜，以擴展中心研發成果朝向國際化方向發展。

## 貳、目的

### (一)參加美國真空學會第 49 屆國際研討會

美國真空學會每年舉辦一次年會，迄今已歷 49 屆，今年研討會論文依學門領域劃分，包括薄膜技術、有機薄膜與元件、應用表面分析、生物材料介面、介電材料、電化學液/固介面、電子材料、磁性介面與奈米結構、微機電系統、製造科學與技術、奈米尺度製程、電漿科學、半導體材料、表面工程、表面科學及真空技術等共計十七個主題，其中與本中心現正執行與未來將發展之真空、鍍膜、表面分析、微系統製造、奈米檢測、奈米材料及奈米結構加工等技術均息息相關，透過此行的參與將可獲取最新的發展訊息，有效提供中心規劃中長期計畫作為重要參考。

除了研討會外，其附帶舉辦之儀器展示會參與廠家則約有二百家，皆為知名之真空專業製造廠商，而其在年會中舉辦之短期技術研習班亦為一大特色，每日皆有十餘場次同時舉行，提供研究生、專業人士及產業界人士參加以提高技術水準。本次參與真空研討會主要任務係在發表中心最新開發完成孔口法定容式高真空檢測系統之研發成果，論文名稱為“Study of Performance of a Precision Constant Volume Flowmeter for Vacuum Calibration and Measurement”，另則在真空儀器展示會中將可廣泛蒐集各著名儀器製造商最新研發資料與儀器發展資訊，以為本中心未來發展相關技術之參考。

### (二)訪察奈米檢測與加工儀器設備製造廠商

FEI 公司近年為 Veeco 公司購併，成為其子公司群之一員，該公司以三維結構製程設備產品為主，是世界上在奈米科技領域特別是奈米尺度之電子顯微鏡與聚焦式離子束奈米級加工設備的技術領先廠商，這些設備主要應用在奈米級三維結構形貌量測、元件圖案直寫、鑽鑿及結構分析等，應用領域涵蓋半導體積體電路、高密度儲存元件、光電顯示器、材料、生化結構等。FEI 公司的主力產品包括掃描式電子顯微鏡、穿透式電子顯微鏡、電子離子雙射束系統、聚焦式離子束直寫系統等，正好契合本中心刻正規劃

奈米檢測與加工技術長期發展需求，故有必要參訪該公司深入瞭解這些設備之性能與未來發展趨勢。

### (三)拜訪半導體真空設備製造廠商

Wolfe Engineering 公司是半導體產業中非常重要的整廠氣體管路與量控系統製造商，該公司產品包含氣體管路傳輸系統之元件、組件、次系統組合乃至整廠設計安裝。今年九月透過華美半導體協會安排，該公司總裁 John Wolfe 與產品銷售經理 Gary Bakerville 至中心參觀，其間 Wolfe 先生特別對本中心新近開發完成之定容式高真空檢測系統與真空性能檢測系統有興趣，尤其是 Wolfe Engineering 公司刻正與我國廠商簽定合作協定，而其新近研發之 0.1 sccm 以下流率之微流量控制器亟需尋求一檢測系統為其校正精度，而中心高真空檢測系統係按 ISO 17025 與 ISO GUM 規範建立與評估而開發完成，流量檢測能力可測範圍在 1 至  $10^{-4}$  sccm，正符合其需求，故有意與本中心合作共同發展此項技術，此行將對合作內容作詳細磋商，以加強中心在國際合作方面的成果。



## 參、過程

### 一、出國地點：

美國

1) AVS 49 <sup>th</sup> International Symposium	Colorado Convention Center, Denver, Colorado
2) FEI Company	7451 nw Evergreen Parkway, Hillsboro, Oregon
3) Wolfe Engineering Inc	546 Division Street, Compbell, California
4) Digital Instruments	112 Robin Hill Road, Santa Barbara, California

### 二、參加美國真空學會舉辦之國際研討會及真空儀器展覽會

美國真空學會 (American Vacuum Society) 係屬美國物理學院轄下的重要學會之一，會員涵蓋世界各有關研究領域之成員，為一世界性組織，其下亦包括有十餘個分支學會，歷史悠久，迄今已歷 49 屆，每年至少吸引三千人以上來自世界各地學術界與產業界人士參加，本次之研討及展覽會係配合其每年年會舉辦，主要內容包括正規論文發表會、壁報論文發表會、部門委員會議、分組委員會議、會員大會、儀器技術短期研習會及頒獎典禮等，詳細內容概述如下：

(一)舉辦日期：九十一年十一月三日 (星期日) 至九十一年十一月八日 (星期五)

(二)舉辦地點：美國科羅拉多州丹佛市之 Colorado Convention Center

(三)論文發表會：

論文發表會為本次大會的重點項目，蒐羅世界各國真空學界相關論文，經過大會各學門分組之遴選委員會選出一千餘篇論

文，於大會舉行期間發表，再依各學門選出其中最具代表性之論文約七百餘篇在各會議室中作二十分鐘之精要發表，其餘各篇則於週二晚間及週三午間在會場二樓會議廳以壁報方式解說予參觀人士。

A. 正規論文發表會分為分組學門研討會及主題研討會兩大部分，其下再劃分數個分項子題，每一子題皆設有主持人統籌會場發表時程、聯繫、介紹等事宜。

1. 分組學門研討會：

(1) 前瞻表面工程組之分項子題包括：

- a. 奈米粒子與奈米纖維表面技術
- b. 奈米合成物與奈米膜塗覆

(2) 應用表面科學組則包括：

- a. 二次離子質譜技術
- b. 表面分析的量測與精度
- c. 表面分析的影像
- d. 光學方法與高 k 值介電特性
- e. 生物介面與表面科學

(3) 生物材料介面之子題則有：

- a. 生物介面/生物摩擦學與生物流變學的理論研究
- b. 蛋白質表面反應
- c. 多電解質表面/細胞表面反應
- d. 細胞圖紋的工程功能

(4) 電化學與液/固介面技術組包括：

- a. 燃料元件與表面電化學反應
- b. 液-固介面與奈米尺度電化學

(5) 電子材料與製程組包括：

- a. 半導體元件
- b. 金屬-半導體介面
- c. 異質接合
- d. 半導體特性
- e. 閘極介電材料
- f. 介電材料的製程與性質

(6) 磁性材料介面與奈米結構組包括下列分項子題：

- a. 自旋材料與混合元件
- b. 自組與奈米磁性
- c. 鐵磁半導體
- d. 磁儲存元件
- e. 磁化動力學
- f. 磁譜學
- h. 磁影像
- i. 磁性薄膜與表面

(7) 製造科學與技術組包括：

- a. 薄膜成長製鍍的即時監控與測量
- b. 電子元件製造的控制技術

- c.平面 CMOS 的製造
- d.MEMS 與微系統的製造

(8)微機電系統組包括：

- a. NEMS 的奈米尺度製造技術
- b.MEMS 材料特性
- c.MEMS 的製造、整合與裝配技術

(9)奈米尺度科學與技術組包括下列子題

- a.奈米機械學
- b.奈米生物學
- c.奈米摩擦學
- d.量子點
- e.奈米結構材料
- f.奈米微影及自組
- g.單分子元件/奈米線/新表面奈米探針

(10)奈米尺度製程組，包括：

- a.圖紋製作與功能化
- b.帶電粒子圖紋化與放射

(11)有機薄膜與元件組，包括：

- a.有機分子薄膜
- b.金屬-有機界面
- c.分子及有機薄膜與元件

(12)電漿科學與技術組，包括：

- a. 導體蝕刻
- b. 介電體蝕刻
- c. 電漿診斷與偵測器
- d. 大氣壓力與電漿應力
- e. 微波電子
- f. 電漿表面反應
- g. 奈米結構之電漿科學與技術
- h. MEMS 電漿製程與未來發展
- i. 生物相容表面的電漿製程
- j. 電漿輔助鍍膜

(13)表面科學組，包括

- a. 吸收與手徵性
- b. 氧化物結構與表面化學
- c. CO 與 NO 的表面反應
- d. 金屬、氧化物與半導體的成核與成長
- e. 碳氫化合物觸媒
- f. 金屬表面的擴散與成長
- g. TiO<sub>2</sub> 表面的金屬、吸附物與缺陷
- h. 表面的超快現象與動力學
- i. 大氣表面化學

- j. 金屬/氧化物表面
- k. 半導體的成核與成長
- l. 氣體結構動力學
- m. 表面有機膜的反應與圖紋化
- n. 半導體表面與介面的結構
- o. 電子結構與自激過程
- p. 半導體表面的成膜與蝕刻
- q. 表面磨潤學
- r. 表面的自組

(14) 薄膜組則包括有下列幾項子題：

- a. 光學薄膜
- b. 透明導電膜
- c. 薄膜的機械性質
- d. 氧化物的原子級膜層鍍膜
- e. 阻隔層與氮化物的原子級膜層鍍膜
- f. 原子級膜層鍍膜的應用
- g. 超薄膜
- h. 薄膜成長的基礎理論

(15) 真空技術組，包括下列幾種子題：

- a. 新真空材料與邦浦，結拖材料
- b. 真空系統與特殊分析技術

c.釋氣

d.真空量測、元件與控制

e.氣體動力學與流率

由上述幾種子題學門的分類可以發現奈米科技相關研究佔了三分之一以上，顯而易見的奈米科技的研究已然成為未來科技發展的主流，以薄膜學門而言，前幾年極為熱門與光通訊有關之窄波通濾光膜研究正快速的隨產業的衰退而大幅減少，代之而起的是奈米級半導體元件有關之氧化物原子級膜層鍍膜的研究大受重視。

B.壁報張貼型式之論文發表會則是蒐羅未選入於正規發表會宣讀的論文，提供參與人士宣讀研究成果。和正規發表會一樣的，它將論文歸納為表面科學、應用表面科學、奈米級科學及技術、電漿科學、真空技術、生物材料介面、製造科學及技術、電子材料及薄膜等幾個學門組，由各組委員會主席負責壁報論文之遴選、分類、位置、時程安排等工作，地點設於二樓真空儀器展示會旁場地，時間則是星期二晚間與星期三午間。

C.真空儀器展覽會中，展示儀器涵蓋了薄膜鍍製、融合技術、真空冶金、核子及高能物理、表面分析、雷射與光學、分析儀器、真空技術及半導體材料與製程等學門領域所用之材料、儀器、工具等產品，參展廠商超過 200 家，其中除了美國本土製造商外，亦不乏世界著名之有關儀器製造商參與展覽。展覽會由於是搭配年會及研討會而舉行，時間較短，由星期二中午展示至星期四下午結束，地點則在 Colorado Convention Center 會場二樓展覽大廳。

四、九十一年十一月四日（星期一）

(一)本日工作重點為註冊、領取資料與參加論文發表會，會場在 Colorado Convention Center 一樓，上午發表會共有七個主題分於七個場地同時舉行，標準發表時間為 20 分鐘，而穿插其間的有大會特別邀請著名專家學者對其重要研究成果發表演

講，時間則約有 40 分鐘。

(二)上午共有十二個主題舉行：

- 1.應用表面科學：子題為二次離子質譜儀，由北卡羅萊納大學的 Stevie 教授主持，共有 9 篇論文宣讀。
- 2.生物材料：子題為生物表面/生物摩潤學與生物學的理论研究，由 Clemson 大學的 Latour 教授主持，共有 6 篇論文宣讀。
- 3.電化學與流體-固體介面/表面科學：子題為燃料元件與表面電化學反應，由 Delaware 大學 Chen 教授主持，共有 9 篇論文宣讀。
- 4.電子材料與元件：子題為半導體，由 Illinois 大學 Rockett 教授主持，計宣讀 6 篇論文。
- 5.磁介面與奈米結構：子題為自旋材料與混合元件，由海軍研究實驗室 Jonker 博士主持，計有 8 篇論文宣讀。
- 6.製造科學與技術/表面工程：子題為鍍膜成長與製造的即時監控及計量，由 International Sematech 公司的 Diebold 博士主持，有 9 篇論文發表。
- 7.奈米結構：子題為奈米機械學，由 Worcester 技術學院 Burnham 教授主持，共有 6 篇論文宣讀。
- 8.奈米管的科學與應用：子題為奈米管的成長與特性，由佛羅里達大學 Sinnott 教主持，總計有 9 篇論文發表。
- 9.電漿科學：子題為導體的蝕刻，由新墨西哥大學的 Han 教授主持，共有 10 篇論文發表。
- 10.表面科學：子題為吸附與手徵性，由南卡羅萊納大學的 Koel 教授主持，計有 10 篇論文宣讀。
- 11.表面科學：子題為氧化物結構與表面化學，由紐澤西州立大學 Madey 教授主持，共有 11 篇論文發表。



12. 薄膜：子題為光學薄膜，由 JDS uniphase 公司的 McEldoumey 博士主持，共有 10 篇論文發表。

(三) 今日上午所參加之論文發表會係以薄膜學門之議題為主，包括有光通訊用窄波通薄膜元件技術發表與各式用於光學薄膜製鍍之新鍍膜技術及發光薄膜技術等，會場設於一樓之 C 101 研討會議室。

上午 8:20 至 9:00 為 OCLI 公司的 G. Ockenfasse 博士受大會邀請作專題演講，主講有關用於光通訊之窄波通光學濾光鏡的發展歷史，膜系設計及配置結構，並對其物理極限及未來可能進展、規格與替代技術作介紹。

在鍍膜新技術的發展方面則有太平洋西北國家實驗室的 Martin 博士宣讀其研究團隊所開發之混合濺鍍與蒸鍍兩種鍍膜方式製成之多層膜的特性。9 點 20 分則由日本 NTT 公司 Jin 博士發表運用電子迴旋共振輔助濺鍍法製鍍光通訊用多工解多工器之窄波通濾光鏡；接著是 Veeco 公司 Siegfried 博士宣讀其運用雙離子束濺鍍技術製鍍光通訊用濾光鏡之研究論文。

(四) 下午則有十四個主題舉行：

1. 應用表面科學：子題為表面分析的量化與精度，由應材公司的 Brundle 博士主持，共有 8 篇論文宣讀。
2. 生物材料/真空技術：子題蛋白質表面反應，由科羅拉多州立大學的 Grainger 教授主持，計有 8 篇論文宣讀。
3. 電化學與液固介面/表面科學：子題為液固介面與奈米級電化學，由紐約大學的 Morin 教授主持，計有 8 篇論文宣讀。
4. 電子材料與元件：子題為金屬—半導體介面，由明尼蘇達大學的 Palmstron 教授主持，共有 7 篇論文發表。
5. 磁介面與奈米結構：子題為自組與奈米磁學，由 NIST 的 Pappas 博士主持，共有 7 篇論文宣讀。

6. 製造科學與技術：子題為電子元件製造之控制，由馬里蘭大學的 Rubloff 教授主持，共有 8 篇論文宣讀。
7. 奈米結構/生物材料：子題為奈米摩潤學，主持人由華盛頓大學的 Vogel 教授主持，有 7 篇論文宣讀。
8. 奈米管之科學與應用：子題為奈米管之化學功能性與偵測器，由 Oak Ridge 國家實驗室的 Merkulov 博士主持，有 7 篇論文在會中發表。
9. 電漿科學：子題為介電質蝕刻，由韓國漢城大學 Moon 教授主持，共有 10 篇論文在會中發表。
10. 表面科學：子題為 CO 與 NO 的表面反應，由 Delphi 研究實驗室的 Fischeve 博士主持，共有 9 篇論文發表。
11. 表面科學：子題為金屬膜在氧化物與半導體上的成核與成長，由馬里蘭大學的 Petrovykh 博士主持，共有 9 篇論文在會中宣讀。
12. 薄膜：子題為透明導電膜，由 Stoessel 博士主持，共有 8 篇論文在會中發表。

(五)下午所參加之論文發表會則以奈米科技有關主題為主，其中在一樓 C 209 研討會議室舉行之奈米管的化學功能性與偵測器議題由 Oak Ridge 國家實驗室的 Merkulov 博士主持，主要聆聽大會特別邀請的講員演講，包括 Clemson 大學的 Rao 教授主講奈米磁管之製造與應用技術，其以紫外光輻照方式來強化奈米碳管對氮氣的吸附作用，未來將可用在氧氣偵測方面。

另一場則是受邀前來演講的德州大學達拉斯分校的 Baughman 教授，其主要研究利用單壁奈米碳管作為人造肌的功能應用。此外尚包括來自義大利 L'Aquila 大學的 Canta lini 宣讀其利用電漿強化化學氣相沈積法所製作之多層壁奈米碳管及將之用在偵測 NO<sub>2</sub> 氣體的靈敏度等特性。Akron 大學的

Dai 則發表其所作奈米碳管陣列的表面校準技術研究。

另外也參加在 C 205 會議室舉行磁介面與奈米結構主題論文發表會，下午議程由 DOC 公司的 Pappas 博士主持，其中大會邀請前來的華盛頓大學 Krishwan 教授主講鈷的奈米級細晶粒在表面的形狀控制對它的磁性與自組特性之影響。其它還包括法國歐洲同步輻射中心的 Dhesi 博士發表的有關在白金 (111) 面上成長鐵奈米團簇，並觀研究它的演化過程。

#### 五、九十一年十一月五日(星期二)

- (一) 本日上午工作重點為參加論文發表會，主要聆聽在 C 109 會議室舉行的製造科學與技術議題，在 C 111 會議室舉行之表面工程議題及在 C 207 會議室舉行之奈米結構/表面工程議題。

在 C 109 室舉行之論文發表會，本日上午全部講員均是受邀前來專題演講之講員，主持人為 Intel 公司的 Shankar 博士。其中加州大學洛杉磯分校的 Heath 教授主講微電子元件未來技術發展及其有關製程設備之技術需求規格發展趨勢。半導體研究公司的 Hutchby 博士則主講奈米級半導體電子元件的發展與挑戰。IBM 公司 Watson 研究中心的 Wong 博士主講有關雙閘場效電晶體製造方面的元件尺寸極限問題。由於議題熱門且演講者均是重量級學者，參加研討會人數極多，連走道都站滿人。

C 207 會議室所舉行的是奈米磨潤學子題，由海軍研究實驗室的 Wahl 博士主持，參與聆聽的是空軍研究實驗室的 Zabinski 博士受邀發表主講微機電系統元件表面之摩擦力及表面其它分力對元件可靠度、特性之影響。

在 C 111 會議室所舉行的子題是奈米組成及奈米膜塗覆，由西北大學 Chung 教授主持，主要聆聽來自新罕什爾大學 Ayalasomayajula 所發表使用脈衝雷射鍍膜法與磁控濺鍍輔助脈衝雷射鍍膜法製作碳化鈦矽超薄疊堆超硬膜層之特性與組成分析。此外，來自 Lawrence Livermore 國家實驗室的 Caturlar 博士也發表了有關奈米級晶粒材料在被離子與中子射

束輻照後所發生材料演化之反應的研究報告。

(二)上午之論文發表會自 8 點 20 分開始分就 16 個議題於 16 個會議室舉行論文發表會，包括：

1. 應用表面科學：子題為聚合物特性，在 C 106 會議室舉行，由 Kent 州立大學 Fulghum 教授主持，計有 10 篇論文宣讀。
2. 特殊議題討論：子題為煙霧與氣候變遷及能源需求，在 C 210 室舉行由 ULVAC 公司 Bersin 博士主持，共有 5 篇論文宣讀。
3. 生物材料/表面科學：子題為圖紋化表面，在 C 201 會議室舉行，由華盛頓大學 Castner 教授主持，計有 9 篇論文發表。
4. 電子材料與元件：議題為異質接面，由密西根大學的 Goldman 教授主持，在 C 107 會議室舉行，共有 9 篇論文宣讀。
5. 磁性介面與奈米結構：主題為鐵磁半導體，由海軍研究實驗室的 Jonker 博士主持，共計有 9 篇論文在 C 205 室宣讀。
6. 製造科學與技術：發表主題為超越平面 CMOS 的製造技術，在 C 109 會議室舉行，由 Intel 公司的 Shanker 博士主持，總計 6 篇論文均是大會特別邀請前來發表的專家學者。
7. 奈米結構/表面工程：議題為奈米尺度磨潤學，由海軍研究實驗室的 Wahl 博士主持，共計有 7 篇論文在 C 207 會議室發表。
8. 奈米管之科學與應用：子題為電子學與場發射，在 C 209 室由加拿大國家研究委員會的 Simard 博士主持，共有 11 篇論文發表。
9. 電漿科學/製造科學與技術：議題為電漿診斷與偵測器，在 C 105 室舉行，由 Sandia 國家實驗室的 Shul 博士主持，總共有 9 篇論文發表。

10. 電漿科學：研討主題為大氣壓力與電漿應用，由 Auburn 大學 Blumenthal 教授主持，共有 9 篇論文在 C 103 室宣讀。
  11. 表面工程：主題為奈米尺度組成與奈米級膜層鍍膜，由西北大學的 Chung 教授主持，總計有 10 篇論文在 C 111 會議室發表。
  12. 表面科學：主題為碳氫化合物觸媒，由密西根大學 Gland 教授主持，共有 10 篇論文在 C 108 室宣讀。
  13. 表面科學：研討議題為金屬表面的擴散與成長，由 Lawrence Berkeley 國家實驗室的 Salmeron 博士主持，計有 10 篇論文在 C 110 室發表。
  14. 表面科學：主題為在二氧化鈦表面的金屬、吸附物與缺陷，由路易斯安那州大學的 Kurtz 教授主持，共有 10 篇論文在 C 112 室發表。
  15. 薄膜：主題為薄膜的機械性質，由瑞典的 Linkoping 大學 Hultman 教授主持，共有 10 篇論文在 C 101 室發表。
  16. 真空技術：主題為新真空材料、邦浦與結拖材料，由 SAES 公司的 Ferris 博士主持，包括有 8 篇論文在 C 104 室發表。
- (三) 中午時間則是本次年會所附帶舉辦的真空儀器展示會，可能受到全球經濟不景氣影響，今年參展廠商家數略遜於以往，約有二百餘家廠商參展，其中美國本地廠商佔一半以上，其餘則是來自世界各地之國際性大廠。由於時間有限，較詳細進行洽談的對象以真空系統與鍍膜設備製造廠商為主。而在 Huntington Labs 公司與 Nano-Master 公司的攤位上則分別巧遇來自國內的代理商也在攤位上服務而作較深入之討論。其中 Huntington Labs 主要產品為真空系統使用之精密定位轉軸、位移等機械零組件，本中心所組立之真空系統即有多項組件是採用該公司產品，因此特別針對現有化學束磊晶系統所需之精密五軸調控高溫基座之設計組裝與該公司技術人員交換意見。

在 Nano-Master 公司攤位則特別針對該公司特殊磁控小型濺鍍機系統作詳細詢問，而該公司專為 8 吋以上晶圓清洗所開發之百萬週波超音波清洗機也極具特色。Maxtek 公司的全自動化鍍膜系統用石英振盪控制器則是另一項洽詢的產品，此產品將可大幅提升本中心現有大口徑光學鍍膜機之膜厚與鍍膜速率監控性能。相類似的產品則是 Inficon 公司的石英振盪監控器，由兩家公司的型錄性能比較，性能皆十分接近。

(四)下午的工作重點則是參加在 C 101 會議室舉行的薄膜議題，在 C 207 會議室舉行的奈米結構/電子材料與元件議題及在 C 109 會議室舉行的製造科學與技術議題。

在 C 101 室發表會的主題為氧化物原子層鍍膜技術，由科羅拉多大學 Boulder 分校的 George 教授主持，首先演講的是大會邀請來自於德國 IMEC 公司的 Carter 博士主講幾種目前最具發展潛力的高介電常數材料以及使用於原子等級膜層鍍膜的成長機制及特性。隨後則是義大利的 MDM-INFM 實驗室的 Scarel 博士發表二氧化銻原子級膜層鍍膜成長溫度對其性質的影響，而日本東京大學的 Nishinaka 則發表運用化學氣相沈積法製作二氧化銻原子級膜層作為高介電常數閘極介電層的成長機制與特性。

在 C 207 室舉行的發表會主題為量子點技術，由密西根州立大學的 Nogami 教授主持。下午 3 點 20 分由 Oak Ridge 國家實驗室的 Wendelken 博士發表一種可以不用溼潤層的新技術即可在(100)面矽晶圓上長出銻的量子點，並詳述其形貌和特性。另外科羅拉多礦業學院的 Sutter 則宣讀他們所發展的新方法可以在 SOI(Silicon-On-Insulator)元件上成長出自由排列之銻量子點。

至於在 C 109 室舉行由伊利諾大學的 Seebaur 教授主持之 MEMS 與系統製造技術議題，下午則全部是大會邀請前來演講的專家學者，其中下午四時所發表者為 Intel 公司的 Rao 博士，其介紹三維體積型微機電系統在製作上的有關製程及其所面臨之技術挑戰與目前可能的解決方法，這部分和本中心在

MEMS 技術方向有較強的關聯性。而從德國 Robert Bosch 公司應邀前來的 Offenberg 博士則發表該公司在自動化微機電系統偵測器生產技術的一些成果報告。

17.

(五)論文發表會從下午 2 點開始舉行，共有 17 個議題分就 17 個場地舉行,包括：

1. 應用表面科學：子題為表面分析影像，由 Lawrence Berkeley 國家實驗室的 Fadley 博士主持，有 8 篇論文在 C 106 室宣讀。
2. 特別議題研討：議題為氣候變遷、國際貿易與世界經濟，由 Air Products 公司的 Maroulis 博士主持，共有 6 篇論文在 C 210 室宣讀。
3. 牛物材料：子題為分子表面，由國家標準與技術研究院的 Tarlor 博士主持，總計有 8 篇論文在 C-201 室發表。
4. 電子材料與元件：子題為半導體特性，由佛羅里達大學的 Holloway 教授主持，共計 9 篇論文在 C-107 會議室宣讀。
5. 分子與生物磁性：研討主題為分子與生物磁性，由德國的 Heidelberg 大學 Grunze 教授主持，總共有 4 篇大會邀請專家在 C-205 會議室發表。
6. 製造科學與技術：研討主題為微機電系統與其它微系統的製造，由伊利諾大學的 Seebauer 教授主持，全部 5 篇論文均是大會所邀請而來的專家學者發表，在 C-109 會議室舉行。
7. 奈米結構/電子材料與元件：研討主題為量子點，由密西根大學 Nogami 教授主持，共有 8 篇論文在 C-207 室宣讀。
8. 奈米管之科學與應用：子題為奈米級機電系統與奈米管之機械性質，由 Polymer Science 學院的 Dai 教授主持，計有 6 篇論文在 C-209 室宣讀。

9. 有機薄膜與元件/表面科學：研討主題為有機分子薄膜，由約翰霍普金斯大學的 Fairbrother 教授主持，共有 9 篇論文在 C-102 室中發表。
  10. 電漿科學：研討子題為微放電，由 IBM 公司 Watson 研究中心的 Steen 博士主持，有 6 篇論文在 C-103 室發表。
  11. 電漿科學：在 C-105 會議室舉行的議題為電漿表面反應，由 NIST 的 Steffens 博士主持，共有 9 篇論文發表。
  12. 表面工程：研討主題為功能性薄膜的系統設計，由瑞典 Linköping 大學的 Hultman 教授主持，計有 9 篇論文在 C-111 會議室宣讀。
  13. 表面科學：在 C-108 會議室研討的主題為在表面的超快現象與動力學，由太平洋西北國家實驗室的 Kay 博士主持，共有 8 篇論文宣讀。
  14. 表面科學：在 C-110 會議室研討的議題為大氣表面化學，總計有 9 篇論文在此宣讀。
  15. 表面科學：在 C-112 會議室發表的主題為金屬/氧化物表面，由紐奧良大學的 Ventrice 教授主持，共有 9 篇論文在此發表。
  16. 薄膜/真空技術：研討主題為氧化物的原子級膜層鍍膜，由科羅拉多大學 Boulder 分校的 George 教授主持，共有 9 篇論文在此發表。
  17. 真空技術：在 C-104 會議室舉行的議題為真空系統建造與特殊分析技術，由 Sandia 國家實驗室的 Provo 博士主持，共有 7 篇論文發表。
- (六)下午 5 點參加壁報論文發表，此一項工作為本次赴美參加研討會的重點，本中心新近開發完成之高真空檢測系統經撰寫成壁報論文”Study of the Performance of Precision Constant Volume Flowmeter for Vacuum Calibration and Measurement”發表在真



空技術學門的壁報牆，發表會在 5 點 30 分開始舉行，由於日間論文發表會已結束，且此會場緊臨真空儀器展示會場，因此參加人士非常多。

在論文中所述高真空檢測系統其發展目標在開發流量範圍為 1 至  $10^{-4}$  sccm 範圍的流量控制器標準校正系統，並能作為  $10^{-3}$  至  $10^{-6}$  torr 真空壓力的原級校正系統，因此採用固定壓力式孔口法連續膨脹原級絕對標準校正方法進行系統設計，整個系統包括能精密調控氣體流量的雙腔式微流量產生器，以孔口板區分上下腔體之主腔體及週邊電控儀表等三大部分，系統之性能評估則完全按照新版 ISO 17025 規範及量測不確定度之 ISO GUM 規範逐項評量，所有相關真空度量儀表均送到美國國家標準與技術研究院及德國國家物理實驗室校正，最後獲 0.35% 以下之量測最佳不確定度，再經長達一年之穩定性評估後所得擴充不確定度，在 95% 信賴水準達到先進國家水準之 6% 以下。此項成果在研討會中甚受參觀人士重視，並有來自美國及韓國相同領域學者對系統技術細節作十分詳細的詢問。

今晚的壁報論文發表會總計有三篇來自國內研究機構的論文張貼，除本中心外，另有同步輻射中心所發表”New Absorber in a Ceramic Kicker-Chamber for the TLS Electron Storage Ring”論文及清華大學所發表”Copper Seeding on the Tantalum-insulated Silicon Oxide Film by Ion Beam Assisted Deposition for the Growth of Electroless Copper”論文各一篇。

五、九十一年十一月六日(星期三)

(一)本日工作重點為參加論文發表會，從上午 8 點 20 分開始舉行共有 13 個議題分別在 13 個會議室中舉行，包括：

1. 應用表面科學：在 C-106 室舉行，議題為高介電常數材料特性與光學方法，由 Tompkins 博士主持，計有 7 篇論文宣讀。
2. 生物材料：在 C-201 會議室舉行之議題為表面科學技術，由德國 Heidelberg 大學 Grunze 教授主持，總共有 7 篇論文宣讀。
3. 國家安全：在 C-209 會議室舉行，由海軍研究實驗室的 Colton 博士主持，主要研討方向為生物與化學的安全性，共有 4 篇論文宣讀。
4. 磁性介面與奈米結構：議題為磁性記錄、巨磁阻、穿隧與媒體，由 NIST 的 Rippard 博士主持，計有 5 篇論文在 C-205 室中發表。
5. 微機電系統：在 C-210 室舉行之議題為奈米機電系統之奈米技術與奈米製造，由 Cornell 大學 Craighead 教授主持，共有 7 篇論文發表。
6. 奈米結構：議題為奈米結構材料，在 C-207 會議室舉行，由緬因大學 Unertl 教授主持共有 7 篇論文發表。
7. 有機薄膜與元件：子題為金屬—有機介面，由密西根大學 Guo 教授主持，計有 7 篇論文宣讀。
8. 電漿科學：在 C-103 室舉行之議題為奈米結構之電漿科學與技術，由 Oak Ridge 國家實驗室的 Merkulov 博士主持，計有 6 篇論文發表。
9. 電漿科學：在 C-105 會議室舉行的議題為導體蝕刻，由 Lam Research 公司的 Ullal 博士主持，總共有 7 篇論文發表。

10. 表面科學：在 C-110 室舉行的主題為半導體的成核與成長，由 Sandia 國家實驗室的 Swartzentruber 博士主持，計有 8 篇論文宣讀。
11. 表面科學：在 C-112 室舉行的主題為技術創新與新的機會，由海軍研究實驗室的 Laracuenta 博士主持，共有 7 篇論文宣讀。
12. 薄膜：在 C-101 室舉行的主題為阻隔層及氮化物之原級膜層鍍膜，由 IBM 公司 Watson 研究中心的 Rosnagel 博士主持，計有 6 篇論文宣讀。
13. 真空技術：在 C-104 會議室舉行，主題為釋氣，由 Svedberg 實驗室的 Westerberg 博士主持，計有 6 篇論文宣讀。

今日中午由於有壁報論文發表，所以議程均提前於 11 點結束。

(二)上午所參與研討會議題重點包括原子級膜層鍍膜技術、半導體表面成膜過程檢測技術、半導體元件導體蝕刻技術及奈米結構製作技術四個領域。首先參與在 C-101 會議室之薄膜學門有關阻隔層與氮化物的原子級膜層鍍膜主題研討會，8 點 20 分發表者為大會邀請前來演講之 IBM 公司 Watson 研究中心 Kim 博士，其發表內容為半導體 MOS 元件中運用電漿強化原子級膜層鍍膜技術在鈹基金屬/氮化物膜製程對其相關材料特性、生長機制之研究及未來在元件製作上的應用潛力。

而在 C-110 室舉行之電漿科學學門之半導體元件上之成核與成長議題則聆聽來自科羅拉多礦業學院的 Zahl 所發表有關利用高解析大面積掃描穿隧顯微鏡分析在矽(100)晶圓上之鍍化矽薄膜的島狀成核過程及 Sandia 國家實驗室的 Mattsson 博士所發表運用掃描探針及電場相關之躍遷狀態研究在矽(100)晶圓之低阻隔矽的擴散機制。

在電漿科學學門則參加 C-105 室舉行之半導體元件金屬導體蝕刻議題，聆聽國內中興大學 Wuu 所發表高介電常數鈦酸鋇鉬薄膜電容元件使用乾蝕刻技術製作鉑銅電極對其電性

影響之研究。

最後再參加在 C-207 會議室舉行奈米結構學門奈米結構材料子題之研討會，包括西班牙馬德里大學的 Michel 所發表蝕刻成細長條銀銅奈米結構的電性分析與新墨西哥大學的 Yan 所發表在鋁表面的陽極化圖紋製作技術。

(三)中午時間舉行之壁報論文共分為生物材料、介電質材料、電子材料與元件、微機電系統、奈米結構、有機薄膜與元件、電漿科學、表面科學及薄膜等九大領域，總共有 160 篇論文張貼、發表，參觀人士比昨日晚間略少。其中電漿與表面科學領域的論文較多共有 62 篇，佔了三分之一強比例，其中來自韓國的論文即多達二十篇，而我國則有台灣師範大學的”Pd Adatom-adatom Interactions on the W(211) Surfaces”與”Surface Structural Studies of Epitaxial Ag/Ni/Pt(111) and Ni/Ag/Pt(111) Ultrathin Films”等兩篇論文。

(四)下午的論文發表會從 2 點開始舉行，與上午相同共劃分為 13 個會議室舉行，包括：

1. 應用表面科學：在 C-106 會議室發表，主題為高介電常數材料之特性，由 Vanderbilt 大學 Rogers 教授主持，共有 7 篇論文發表。
2. 生物材料：主題為多電解質表面/細胞-表面反應，在 C-201 室舉行，由杜克大學 Chilkoti 教授主持，共有 8 篇論文宣讀。
3. 電子材料與元件/表面科學：發表會主題為半導體薄膜成長與氧化過程，在 C-107 會議室舉行，由 Renewable 國家能源實驗室 Ahrenkiel 博士主持，共有 9 篇論文發表。
4. 國家安全：在 C-209 會議室舉行，主題為化學與生物的偵測技術，由海軍研究實驗室 Russel 主持，共有 7 篇論文發表。
5. 磁性介面與奈米結構：在 C-205 室舉行，議題為磁化動力學，由 NIST 的 Russek 博士主持，計有 6 篇論文發表。

6. 奈米結構/電子材料與元件：主題為奈米級顯影技術與自組，在 C-207 室舉行，由賓夕凡尼亞州立大學 Weiss 教授主持，共有 9 篇論文發表。
7. 有機薄膜與元件：在 C-102 室舉行，主題為分子與有機薄膜元件，由普林斯頓大學 Koch 教授主持，共有 8 篇論文宣讀。
8. 電漿科學/生物材料：在 C-103 會議室舉行，研討會主題為生物相容表面的電漿處理流程，由澳洲南澳大利亞大學 Griesser 教授主持，計有 8 篇論文發表。
9. 電漿科學：此主題在 C-105 會議室舉行為微機電系統的電漿製程與未來發展演進，由 Lucent Technology 公司 Kornblit 博士主持，計有 8 篇論文發表。
10. 表面科學：在 C-108 室舉行，主題為氣體—表面反應動力學，由北卡羅萊納大學 Boland 教授主持，共有 9 篇論文發表。
11. 表面科學：在 C-110 室舉行的研討主題為金屬表面的結構與化學，由 Rutgers 大學的 Hinch 教授主持，計有 9 篇論文發表。
12. 薄膜：研討主題為原子級膜層鍍膜的應用，在 C-101 室舉行，由 Vermont 技術學院 Kidder 教授主持，共有 8 篇論文宣讀。
13. 真空技術：在 C-104 會議室舉之議題為真空量測、元件與控制，由 Helix Technology 公司 Arnold 博士主持，總計有 8 篇論文發表。

(五)下午所參加論文發表會重點在即時偵測奈米粒子成長技術、微系統結構電漿蝕刻技術、原子級膜層鍍膜技術的應用等領域。下午 2 點先參與在 C-110 會議室舉行之表面科學學門的金屬表面的結構與化學議題，演講者為大會所邀請，來自法國的

Renaud 博士所發表使用一種低掠角入射在射束小而作寬角度散射的 X 射線方向對奈米粒子成長過程的結果與形貌作即時監控與分析新技術。

在 C-105 會議室所舉行電漿科學學門的微機電系統電漿處理製程議題，則聆聽受邀來自密西根大學 Pang 教授主講運用電漿蝕刻技術製作微米級與奈米級高深寬比構造，及其用之於微機電系統結構中的技術發展狀況。另一場則是大會所邀請來自德國 Kassel 大學的 Rangelow 教授的發表如何使用電漿乾式蝕刻技術製作高深寬比微機電系統結構及其技術限制。

最後則至 C-101 會議室參加薄膜學門之原子級膜層鍍膜技術的應用議題。4 點時發表論文者為科羅拉多大學的 Groner，主要內容是使用一種混合電化輔助的低溫鍍膜製程技術製作三氧化二鋁原子級膜層。另一位則是來自瑞典 Uppsala 大學的 Torndahl 發表使用原子級膜層技術鍍氧化銅膜並對其特性與理論進行分析。

#### 六、拜訪聚焦式離子束直寫系統與穿透式顯微鏡製造商 FEI 公司

日期：九十一年十一月八日(星期五)

地點：美國奧瑞岡波特蘭市郊之 Hillsboro

訪察主要經過概述如下：

- (一)上午九時由來自台灣的華裔資深應用工程師王耀宗博士開車接至位於 Hillsboro 的 FEI 公司，並由其引導參觀 FEI 整個公司的各個部門及各式不同型號性能之掃式電子顯微鏡 (SEM)、穿透式電子顯微鏡 (TEM) 及聚焦式離子束直寫系統 (FIB)，隨後並聽取王博士簡介該公司成立過程及幾次的和其它公司合併，最近兩次則是與歐洲 Philips 公司電子顯微鏡部門合併，今年並由 Veeco 公司購併，FEI 其實在不斷合併過程快速成長，並取得銷售市場與關鍵技術。職亦利用此機會提供其中心簡介，並大概介紹了中心之組織與研發概況，尤其是在奈米科技計畫的規劃情形以及在高解析度場發射穿透式電子

顯微鏡及雙束式聚焦離子束直寫系統的需求規格。

- (二)在雙方簡報後，王博士隨即介紹負責聚焦離子束直寫系統來自大陸的應用工程師達曉東先生，並說明今日將採實際操作方式以示範該公司產品性能。首先由達先生說明 FEI 公司被廣泛應用在半導體廠與學術研究單位的兩種機型，一為 Altura 835，另一為 Strata DB 235，此兩種系統都有電子束觀測與離子束蝕刻兩種功能，差別在 Altura 系列為高度自動化機台，體積龐大，適用於工廠生產線上快速取樣，而 Strata 系列則是桌上型，體積小但具較高調整空間，適用於研究取樣使用。此項產品除了可以定點作高深寬比精密蝕刻切片外，還能導入式反應氣體與基材反應由離子射束在基材上拉引成長出數奈米尺度的奈米線與奈米立體結構，因此奈米科技也是繼半導體科技後另一個該公司投注的焦點。
- (三)此次雙束聚焦式離子束直寫系統示範所使用的機台為 Altura835，由達先生操作選用 8 吋晶圓 0.18 線寬技術銅製程之 MOS 元件，製作穿透式電子顯微鏡試片，利用電子束之顯微鏡功能精密選取所要蝕切位置，再利用可聚焦至 5 奈米以下之離子束快速蝕刻出厚度僅數百奈米的薄片，並以靜電探針取出，整個流程僅約需 30 分鐘左右，比之傳統切割研磨再用離子束打薄，共需數天工作流程真是不可同日而語。
- (四)下午則將達先生所製作之樣本送入 Tecnai G<sup>2</sup> F20 場發射穿透式電子顯微鏡，此機型已完全電腦操控自動化，結合了高解析度 TEM、高解析度掃描式穿透電子顯微鏡 (STEM) 及電子能量耗損能譜儀 (EELS) 與 X 射線能量色散能譜儀 (EDX) 的功能，其解析度高達 1 奈米。整個量測示範由王博士負責操作，包括高解析度 STEM 影像、EDX 組成成份分析與氮、氧及銅成份在試片所佔位置影像重建，明暗影像分析及 PEES、EELS 分析皆在 2 小時以內完成，這在傳統機台可能需要 10 小時以上，其效率令人印象深刻。

七、拜訪半導體整廠氣體傳輸系統製造商 Wolfe Engineering 公司

日期：九十一年十一月十一日（星期一）

地點：美國加尼福尼亞州聖荷西市

訪察主要經過概述如下：

- (一)上午九時抵達位於聖荷西市郊 Campbell 的 Wolfe Engineering 公司，該公司另有一分廠位於德州奧斯汀市附近，其主要產品為半導體廠用各式氣體或液體傳輸管件、控制系統以及承製半導體廠整廠氣體傳輸管路系統工程。今年九月曾配合華美半導體協會到我國與國內廠商簽訂技術合作協定，該公司總裁 John Wolfe 先生與行銷部門經理 Gary Bakervill 並順道參觀本中心，對於中心新近開發完成的精密量測與校正微流量控制器的高真空檢測系統大表驚異，並當場表示合作意願，故而於此行中特別安排拜訪該公司，以求進一步瞭解合作內容。
- (二)上午首先拜訪 Bakervill 經理，並由其引導參觀該公司之氣體與液體傳輸系統組配工廠，並拜會 John Wolfe 總裁，隨即與工程部門主管 Will Sutherland 博士會談，職先送其中心簡介並大略說明中心任務與組織概況，隨即開始介紹本中心所開發高真空檢測系統之性能，整個操作流程及系統校正範圍、精度、不確定度等技術細節，並為其解說待校流量控制器裝置位置，尺寸大小及限制。Sutherland 博士也簡單介紹該公司開發之氣體傳輸系統所用流量計之規格及為何需要精確校正流量範圍至 0.05sccm 原因，其目前主要需求來自半導體製程之離子佈植，氣體導入微小流量控制精度必需達到 0.05sccm，故而有此一合作構想。
- (三)由於雙方合作細節涉及業務部門，故而該公司業務部門主管 Ernie Boshek 先生亦加入討論，因為該公司之流量控制系統尚未完成，因此先商定未來再送件至精密儀器發展中心進行初步測試，視結果再進一步確認合作方式。



## 肆、達成之任務

本次赴美國參加國際薄膜研討會暨訪察奈米儀器發展現況計畫行程均順利的按預定規劃目標逐項完成，本計畫所達成之任務成果如下：

一、參加美國真空學會於科羅拉多州丹佛市舉行之第 49 屆國際研討會部份：

- (一)此項研討會之論文發表會有多達七百餘篇論宣讀，涵蓋了除傳統真空領域如真空技術與薄膜兩個學門外其真空應用領域更包括應用表面科學、應用表面工程、生物材料介面、電化學與液/固介面、電子材料與製程、磁性介面與奈米結構、製造科學與技術、微機電系統、奈米尺度科學與技術，奈米尺度製程、有機薄膜與元件、電漿科學與技術，表面科學等十五個學門，其中新興熱門領域的奈米科技有關論文約佔三分之一，而表面科學相關論文則更佔三分之一強，由此次研討會可以略見真空科技的廣度。
- (二)由於行程中安排參加研討會時間僅三天，故而將參加重點鎖定在薄膜技術，表面科學與奈米科技等三個主題，希望能儘量將與中心未來發展息息相關的最新研究資訊與發展趨勢蒐羅，以供作未來研發計畫規劃參考。
- (三)此行參與真空學會之最主要目標是在壁報論文發表，將中心新近開發完成之高真空檢測系統成果介紹給與會人士，本套系統係結合中心多年來所建立之真空稀薄氣流模擬分析技術、真空系統設計組配技術、真空標準檢校技術、真空機械加工及光學研磨技術籌彙集而成，因此系統中獨創之雙腔式微流量產生器擁有比國外現有系統更簡單、更穩定精確之性能，且主腔體之流率控制亦呈現非常穩定之結果。至於總體擴充不確定度歷經長達一年的評估亦達到先進國家水準，在論文發表過程中頗受參觀人士肯定。
- (四)藉由參觀此次年會附帶舉辦之真空儀器展示會，亦蒐羅了中心

未來在真空系統籌建所需之精密五軸加熱基座組件、真空鍍膜膜厚即時監控系統、超薄膜橢圓偏光儀即時分析系統及真空鍍膜月濺鍍靶材、組件等最新發展資料，預期將對未來之研發工作大有助益。

## 二、參訪儀器廠商：

- (一)基於發展奈米製程技術與奈米檢測技術已然成為我國國家型科技重點計畫之一，本中心亦早擬就中長程發展規劃，其中建立聚焦離子束直寫系統係為發展奈米蝕刻三維結構與成長立體結構技術，而建立 1 奈米解析度之場發射穿透式電子顯微鏡及相關奈米尺度材料分析設備則是為發展奈米級檢測技術。此行透過參訪 FEI 公司，實地觀看該公司技術專家現場示範雙束聚焦離子束直寫系統 Altura 835 與場發射穿透式電顯微鏡 Tecnai G<sup>2</sup> F20 機台，充分瞭解其性能所在。由於該公司鑑於奈米科技興起，正積極將原先集中於半導體產業的行銷市場，擴展至其它應用領域，因此對中心能派員參訪 FEI 公司，亦有意將應用技術朝向奈米科技發展，以爭取我國此波奈米科技研究所需設備市場。
- (二)隨著奈米世代的來臨，半導體元件尺寸已然由次微米進入奈米尺度。當元件線寬到達 90 奈米以下時，元件中之閘極氧化層及摻雜層厚度 將從數個奈米縮減至數層原子的次奈米尺度，此時對於鍍膜、蝕刻、摻雜等半導體製程有關之氣體傳輸控制精度要求將大幅提高，尤其是摻雜製程所用離子佈植，其所需微小流量控制亦將達到 0.1sccm 以下。而本中心所開發高真空檢測系統可校正流量控制器範圍為 1 sccm 至 10<sup>-4</sup>sccm，正符合其需求。因此美國著名半導體製程氣體傳輸系統製造商 Wolfe Engineering 公司總裁在九月間訪問本中心時即當場表示高度合作興趣，此行則與該公司工程部門與業務部門主管會談，雙方充分瞭解可合作之具體內容，並希望建立進一步合作模式。

## 伍、心得

本次計畫行程共有三項重點任務，一為參加美國真空學會舉辦之第 49 屆國際研討會，並在會中發表論文。第二項任務為參訪 FEI 公司以充分瞭解該公司產品在奈米製程與奈米檢測技術應用狀況，三為拜訪 Wolfe Engineering 公司並與該公司有關部門主管介紹本中心之高真空檢測系統之具體性能，磋商雙方合作方式。其中參與研討會行程共計三天，雖然時間頗為匆促，但亦參加了論文發表會三十餘場次，並將主題鎖定在薄膜技術、奈米技術、表面科學等領域，其間亦抽空參觀了真空儀器展示會及壁報論文發表會，對於現今有關真空科技方面之世界頂尖研究成果資訊之蒐集收穫甚豐，而對新近開發之重要鍍膜監控儀器、薄膜即時分析儀器及真空系統組件資料也在會中獲得，以下則是此一行程的心得概述：

### 一、參加國際研討會：

- (一)美國真空學會所舉辦之國際研討會已歷 49 屆歷史十分悠久，每年均吸引數千名來自世界各國之真空相關領域研究人員參加，由於研討會水準相當高，因此投稿者眾多，而其涵蓋學門多達十七個，幾乎與真空技術有關之領域均被納入，所以參加此一研討會可以聽取到所有相關研究領域之最新研究成果。
- (二)大會為了提升論文發表會層次，每場次均摻雜安排相當比例的邀請演講，受邀者包括世界各國在各不同研究學門之重量級專家學者在會中發表他們在研究上的最新成果，每每吸引滿堂聽眾參加，有些熱門主題不但走道站滿人，甚至延伸至會議室門外。
- (三)參加論文發表會之人士不乏退休之教授或研究人員，這些人對發表內容均十分仔細聆聽，有些尚能提出十分尖銳的問題發問，這些人對學術研究的投注精神實在值得敬佩。從參加發表會的人士觀察，有些或許本身即是此一領域研究者，或許是有備而來，對於某些爭議性觀點或結論立即會提出質疑，而且每場次發問均頗踴躍，這與我國舉辦研討會時極少有人發問之情

形是有極大不同。

- (四)在研討會中宣讀論文者有許多是研究生，因此可看見許多人在大會所準備的準備室中不斷練習，以求在規定的 20 分鐘內將論文完整發表，由於大會另有為學生設立論文狀，因此也更激起學生們演練鬥志。
- (五)由研討會中鮮少有人中途離席或入席觀之，似乎也與國內研討會經常有人進進出出情形相當不同。此外，會場外也少有人閒逛，絕大多數人均人手一本議程手冊各自圈選合適場次之演講，只見換場時間許多人快速地更換會議室，迅速入座，這也和國內研討會會場外常常聚了一群一群人，會場內稀稀落落僅有數人情形大不相同。
- (六)綜觀幾日研討會參加所得，可以發現國外研究人員對參與研討會在心態上是十分慎重其事，表現在外的就是專注的精神。而民情與學校訓練的不同，表現在會中發問情形也不同，勇於發問現象在國內近幾年雖有改善，但仍不及國外多矣。
- (七)本次研討會尚有一項特點，即東方臉孔甚多，尤其是韓國人大幅的增加，來自韓國的論文約有七十餘篇論文已勝過日本與大陸，不過以論文發表數而言，可能是語言能力因素，幾乎集中在壁報論文發表方面。相對而言，我國可能受經濟不景氣影響，出國經費大幅刪減，本次研討會僅有十篇論文發表。另一項與韓國相異之處為我國幾乎所有論文均出自學術研究單位，這在其它國際研討會也是如此，但韓國卻有不少論文是來自三星等民間公司所提出之前瞻性研究成果，國內雖有極賺錢之半導體產業，卻未能出現相對的研究發展經費投入，無怪近年來韓國的發展快速地令人吃驚。
- (八)本次參加壁報論文發表，原本以為題目冷僻，不易受到重視，結果在會中發現不少同行，有些流量控制器製造商即對本中心系統甚表興趣，所問問題均十分深入，包括量測程序，甚至腔體體積的量測方法。而韓國一位人士正好在從事與本中心系統相同方法之校正儀器開發，對壁報中呈現高度穩定性之流量產

生器如何達到之技術問題不斷提問，後來發現其所發展流量產生器之穩定性係因系統設計太過複雜，變數控制困難，而使流量穩定性遠遜於中心之系統，這也間接驗證了本套系統之優異性。

(九)可能受到世界性經濟不景氣影響，本次參展廠商家數不如往年而且攤位面積均有縮減，攤位佈置也較簡單。不過從各參展廠商服務人員觀察，有許多是研發人員到場，因此在洽談時較容易切入技術重點，但相對地不如國內展覽會服務人員對業務推廣努力積極。此外，因大會時程安排關係，除了午間及壁報發表時間能見到參觀人潮外，其它受到論文發表會影響，參觀的人十分稀少；這也和國內研討會所附帶舉辦之展示會往往較吸引人情形不盡相同。

## 二、參訪 FEI 公司

(一)FEI 公司是典型之高科技儀器廠商，人數不多，而其成長歷程相當特殊，它係透過不斷與其他公司合併而快速取得關鍵技術與銷售市場。在早期，FEI 公司由和另一家聚焦離子束製造公司也是其主要競爭對手合併方式，順利取得所欠缺之特殊技術，而大幅提升公司的競爭力，隨後再與主要競爭對手 Philips 公司 TEM 部門合併，取得了分析軟體方面的重要技術，也建立起全球性行銷網路，一躍而成國際性公司。這種合併情形在國際性公司十分普遍，國內似乎也漸有此趨勢。

(二)FEI 公司在獲知本中心有意建置奈米製程與檢測儀器設備且將派員拜訪該公司時，即對此案十分重視，因此特意安排此一實際操作方式來展示其產品的特色。由於真正具備奈米級影像解析度的儀器並不多，場發射穿透式電子顯微鏡是其中唯一兼具有原子解像力與材料特性分析能力的儀器，然而傳統機台在樣本製作與操作分析方面因技術複雜、困難度高、分析樣本時間極長等缺點令人望之卻步，此行透過 FEI 公司的實作示範，其高度自動化及快速取樣分析的性能確實令人印象深刻。

## 三、參訪 Wolfe Engineering 公司：

- (一) 隨著半導體元件尺寸逐漸縮小，元件線寬已由次微米等級邁入 90 奈米以下的奈米尺度，傳統的製程控制儀器與檢測儀器都將無法應付未來需求。當元件膜層厚度由於線寬漸漸縮小而變得更薄，各氧化層、摻雜層、通道層的厚度也將由數個奈米降至奈米以下，此時膜層僅有不到十層原子厚度，當然對於相關鍍膜，蝕刻，摻雜等製程控制精度要求會大幅提高，這些製程的控制力都有一共通參數需作精確掌控，此即為氣體導入流量控制精度。因此如何確保氣體流量控制的精準、可靠，便是半導體設備製造商的困擾，所以才會引發 Wolfe 總裁有意與中心合作之想法。
- (二) 本中心所開發高真空檢測系統其中一項重要功能即在提供流量控制器作為原級標準校正，而量測範圍也正好符合奈米世代元件膜厚超薄情形所需之微小流量控制校正。此行係導因於今年九月中該公司 John Wolfe 總裁參訪本中心之邀約，經過與 Wolfe 公司技術與業務部門主管詳談之後，除了讓他們訝異於中心之技術能力外，也建立本中心國際合作的契機。

## 陸、檢討與建議

- 一、美國真空學會所舉辦之國際研討會歷史悠久，迄今已歷 49 屆，每年均吸引許多真空領域優秀的研究論文投稿，所以會中所發表之論文無一不是當前世界一流的研究成果，而且國際化程度極高，其中論文有三分之一左右來自美國以外國家，參加研討會人士東方面孔相當多，尤其是韓國在本次研討會參與人數眾多約佔一成。由於此一國際研討會除了狹義之真空領域外，涵蓋層面甚廣，包括半導體製程、奈米科技、微機電系統、有機化學甚至還包括了生物科技與國家安全相關之生物和化學偵測技術。因此參加此一研討會確實是一種可以快速蒐集研究題材作為擬定計畫規劃的有效方式。
- 二、本次年會來自國內之論文僅有十篇，全部由大學或研究機構提出，比之去年大幅減少，可能與國家財政困難、出國經費申請不易有關。不過以韓國為例，近年來在國際研討會場合可以發現韓國在科技方面的參與步伐快速，已超過日本與中國大陸。相對而言，我國科技論文發表質量雖年有提升，然而受限於經費而減少參與國際研討會，對於我國的科技發展確實會有不利影響，故仍建議多派員參加國際科技交流機會。
- 三、真空科技為近代高科技產業之母，以真空技術為基礎的技術領域包括奈米科技、半導體元件、微機電系統、表面分析技術、生物科技等均是，在此研討會中可以觀察到單項真空學門的論文數量不多，然而其它領域的論文的數量卻有大幅增加，尤其是與奈米科技相關之論文數量即佔了約三分之一，由此可見奈米科技已然成為未來研究發展的主流之一，值得本中心投注更多心力於此領域的研發工作。
- 四、經由拜訪 FEI 公司可以發現該公司成長的策略與特色，藉著與具備特殊關鍵技術公司的合併而快速整合其既有技術，使其產品技術層次與市場佔有率獲得突破，對於我國

中小型公司突破發展瓶頸應有可堪借鏡之處。而 FEI 公司產品的全電腦介面控制之高度自動化，使原本操作困難的電子顯微鏡等精密儀器能進入半導廠內，成為日常操作之分析儀器，確實令人贊佩。反觀國內自行生產之儀器設備多半自動化程度不足，無法凸顯產品精緻度，未來應多吸納自動化控制介面人才進入儀器設備產業，方能有效提升產業技術水準。

- 五、中心所開發高真空檢測系統無論在研討會中或與 Wolfe 公司人員洽談中均頗獲肯定，也可以從而得知自奈米世代來臨，鍍膜、蝕刻、摻雜等製程在膜層愈來愈薄情形下，對於氣體流量控制精度要求已大幅提升，特別是微小流量控制器精度在離子佈植對摻雜氣體控制要求提高下已出現困難，而中心適時開發完成檢測系統正好符合校正上的需要，未來將積極在國內推廣校正服務，以提升我國半導體製程之良率。



## 柒、結語

在此次赴美國參加國際研討會及拜訪奈米製程設備廠商行程中，確實感受到國外研究人員對參加研討會時的專注力與企圖心，尤其是許多白髮蒼蒼明顯已退休人士，卻仍孜孜於研究工作，內心大感佩服。在壁報論文發表時，對於參觀人士精準的發問也留下深刻印象，這點在參加國內研討會中是極少感受到的。此項研討會屬於大型國際會議，參與人數每日多達數千人，分別在十餘個場地同時舉行，要讓其有條不紊的順利進行，必須極精確的掌握時間與有力的週邊支援，大會在這方面的行政掌控能力良好，配合美國守時習慣，雖然參與人數眾多而且不斷在各場次穿梭，整個過程卻是十分流暢，值得國內舉辦大型國際研討會時借鏡。

經由研討會之論文數量分析，可以明確感受到奈米科技的快速發展，已然在國際間形成研發的主流。本中心基於過去技術開發歷程與具備基礎，確實應當投注於從事奈米相關製程與檢測技術開發。而中心所開發孔口法定容式高真空檢測系統之性能不但在研討會中受到重視，在拜訪 Wolfe 公司工程主管時亦大受肯定，咸認可以協助解決未來半導體製程在微小氣體流量傳輸控制精度難題。

## 壁報論文資料

# Study of the Performance of a Precision Constant Volume Flowmeter for Vacuum Calibration and Measurement

Yu-Wen Chang, Jin-Shyang Lin, J. S. Kao

Precision Instrument Development Center, National Science Council  
20 R&D ROAD VI, HsinChu Science-Based Industrial Park, HsinChu 300, Taiwan, ROC

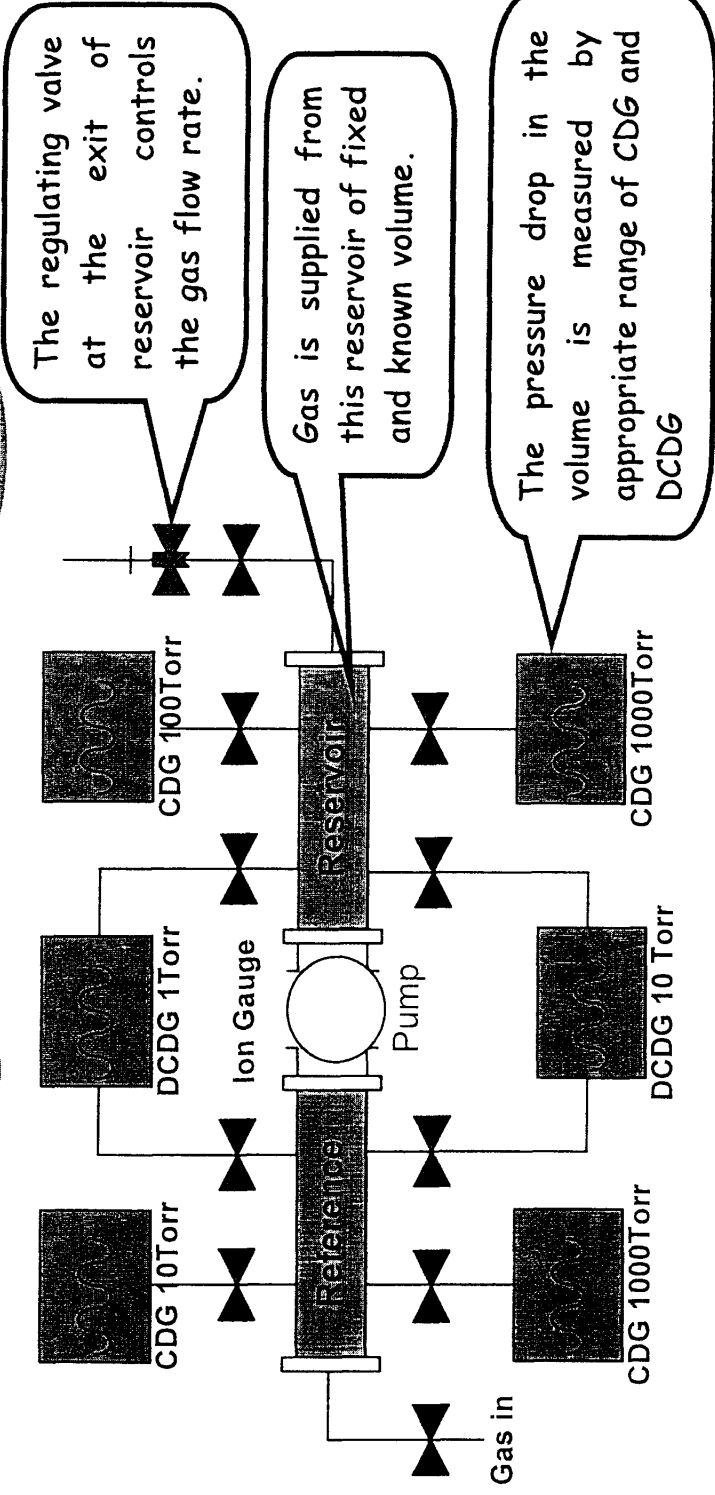
## Abstract

The Vacuum Laboratory at Precision Instrument Development Center in Taiwan has developed a high vacuum measurement and calibration system by the orifice flow method. A constant volume flowmeter is used to provide a measurable, steady and uniform gas flow to the vacuum chamber in the range  $10^{-2}$  to  $10^{-5}$  Torr.l/s. With this type of flowmeter gas is supplied from a reservoir of fixed and known volume. The pressure drop in the volume is measured and the product of reservoir volume and the pressure drop per unit time determines the gas throughput of flowmeter. A regulating valve at the exit of reservoir controls the gas flow rate. The performance of such a flowmeter is verified by introducing the known gas flow rate to an orifice calibration chamber to generate a pressure, which can be determined by the flow rate and the

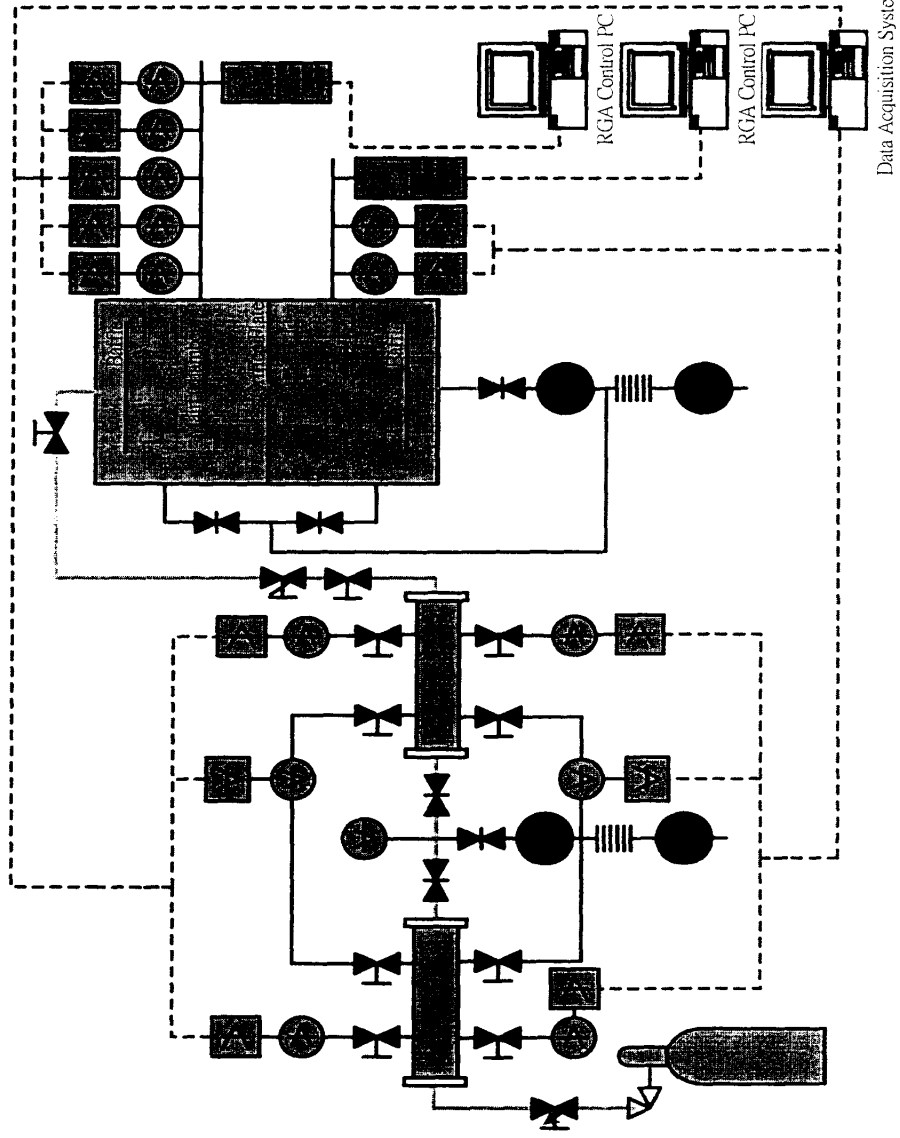
orifice conductance under molecular flow conditions. The predicted pressure is compared with the pressures simultaneously measured by a spinning rotor gauge calibrated by PTB in German and an ion gauge calibrated by NML in Taiwan. When the correction factors for two gauges show the same tendency in repeated measures, the variations of correction factors then indicate the performance of the flowmeter. The pressure drops in the reservoir are measured both absolutely and differentially. In absolute way the reservoir pressure is measured with a capacitance diaphragm gauge (CDG); while in differential way the pressure difference between the reservoir and a reference volume is measured with a differential CDG (DCDG). The measurement results of gas throughput of the flowmeter by two ways are also presented in this study.

# FLOWMETER APPARATUS

Basic idea comes from....

$$M = \frac{PV}{RT}, \text{ and then } \frac{dM}{dt} = \frac{1}{RT} \frac{d(PV)}{dt}$$


# THE VERIFIED SYSTEM – HVMC SYSTEM



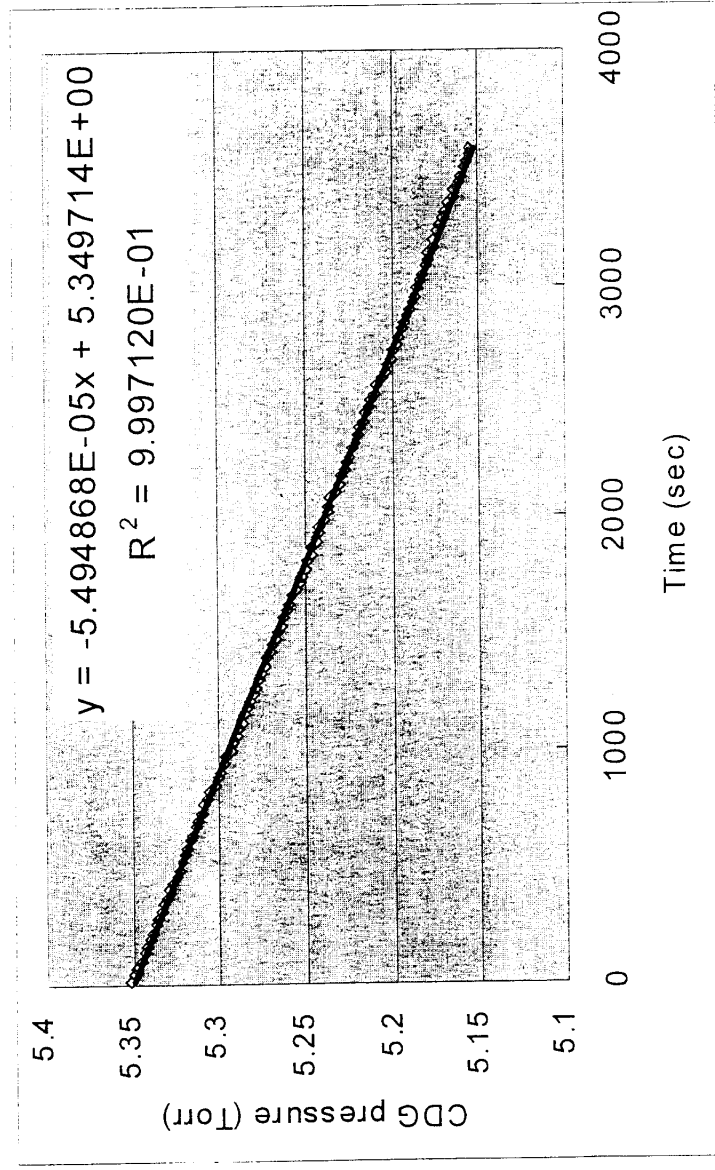
Data Acquisition System

# THE PRESSURE DROP OF THE RESERVOIR

Regression Region: 1005 sec ~ 2385 sec

Regression Slope: 5.3917E-5 Torr/s

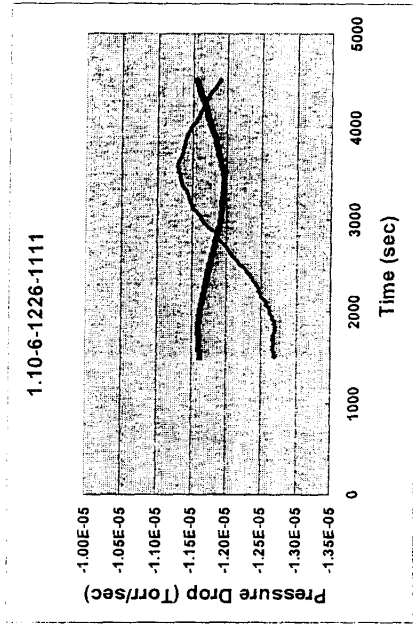
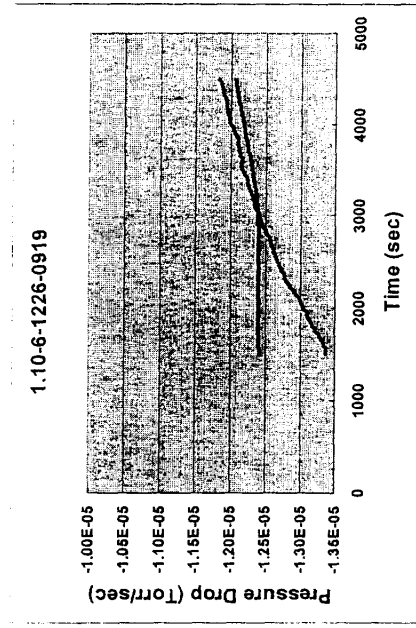
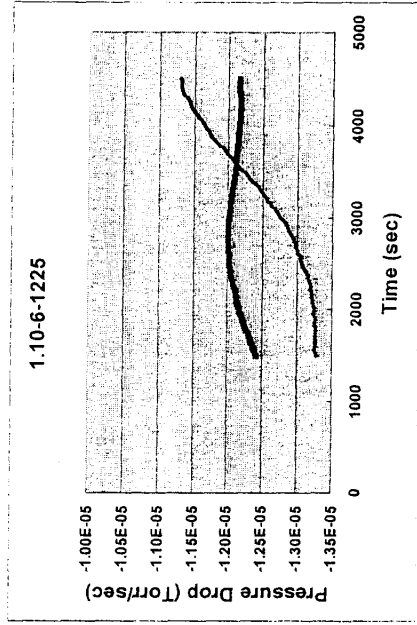
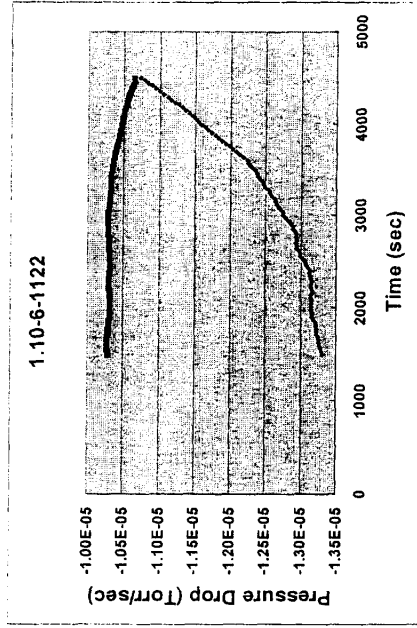
Standard Deviation of Slope: 9.1508E-8 Torr/s (0.17%)



**COMPARISON OF SLOPE DEVIATION**

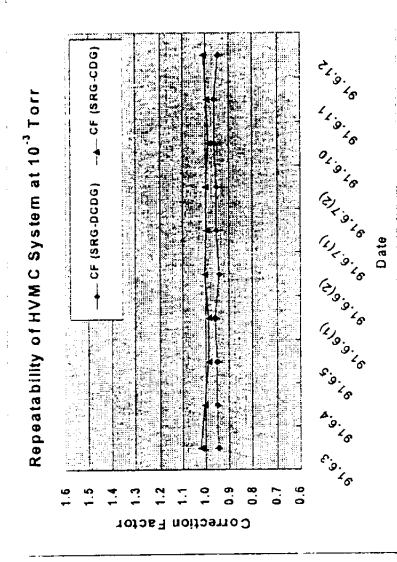
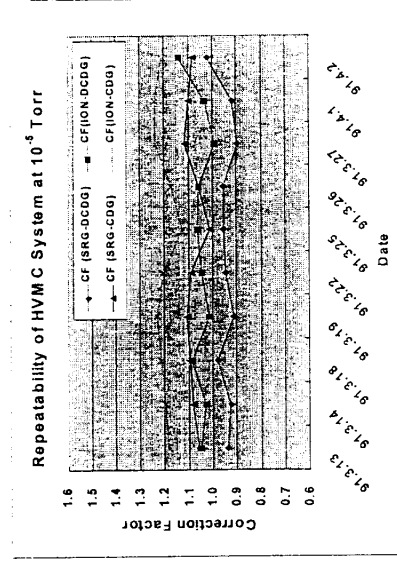
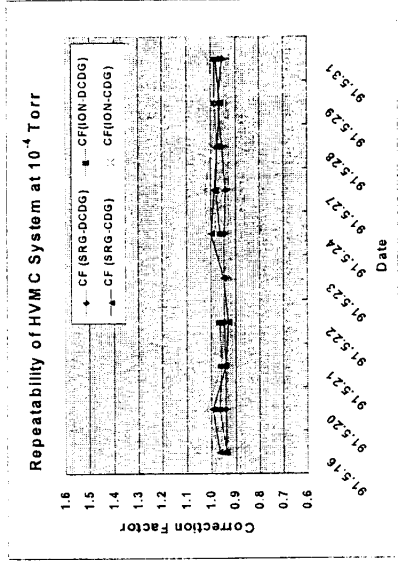
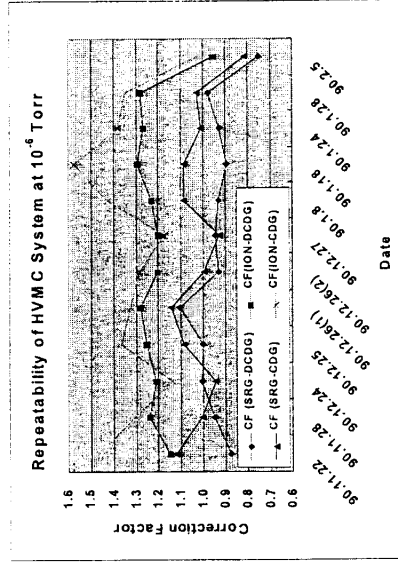
<b>Throughput (Torr.l/s)</b>	<b>Gauge</b>	<b>Average of %STD for Pressure Drop Rate</b>
<b>1.E-05</b>	<b>CDG</b>	<b>0.42%</b>
	<b>DCDG</b>	<b>0.16%</b>
<b>1.E-04</b>	<b>CDG</b>	<b>0.40%</b>
	<b>DCDG</b>	<b>0.21%</b>
<b>1.E-03</b>	<b>CDG</b>	<b>0.87%</b>
	<b>DCDG</b>	<b>0.08%</b>
<b>1.E-02</b>	<b>CDG</b>	<b>0.25%</b>
	<b>DCDG</b>	<b>0.05%</b>

# COMPARISON OF THROUGHPUT STEADILITY





# REPEATABILITY OF HVMC SYSTEM



## BEST MEASUREMENT CAPABILITY OF HVMC SYSTEM

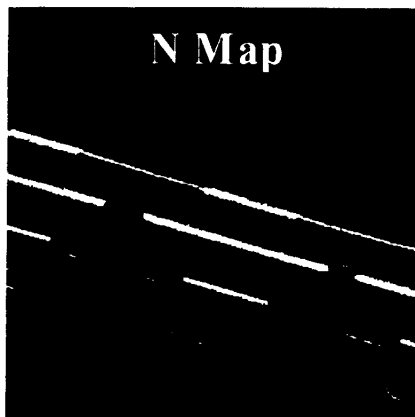
	10 <sup>-6</sup> Torr	10 <sup>-5</sup> Torr	10 <sup>-4</sup> Torr	10 <sup>-3</sup> Torr
Best Measurement Uncertainty	0.35%	0.35%	0.34%	0.34%
Degrees of Freedom	174	167	131	128
Uncertainty of Repeated Test	2.50%	1.20%	0.30%	0.24%
Degrees of Freedom	11	9	9	9
Combined Standard Uncertainty	2.53%	1.25%	0.46%	0.42%
Effective Degrees of Freedom	11	11	42	64
Coverage Factor (95% Confidence Level)	2.20	2.23	2.02	2.00
Expanded Uncertainty (95% Confidence Level)	5.56%	2.78%	0.92%	0.83%

## FEI 公司實作影像資料

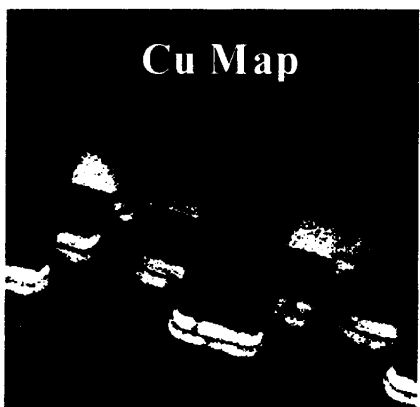
**N Pre-edge 2**



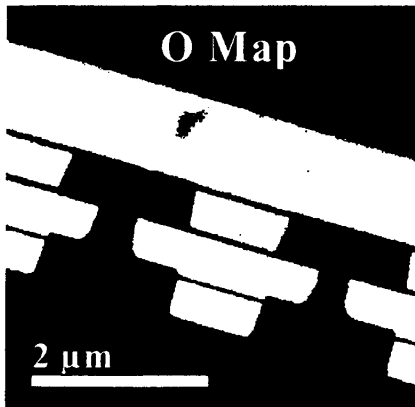
**N Map**

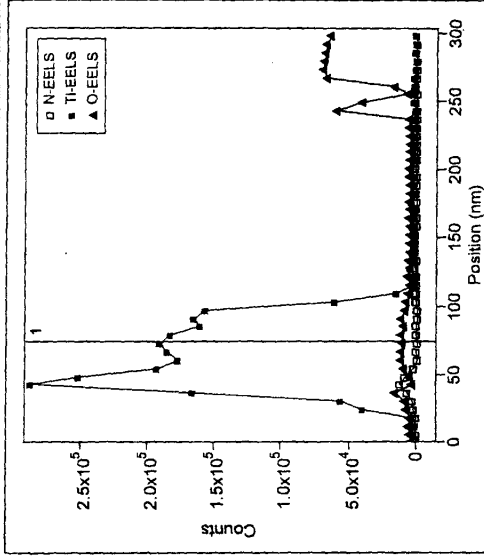
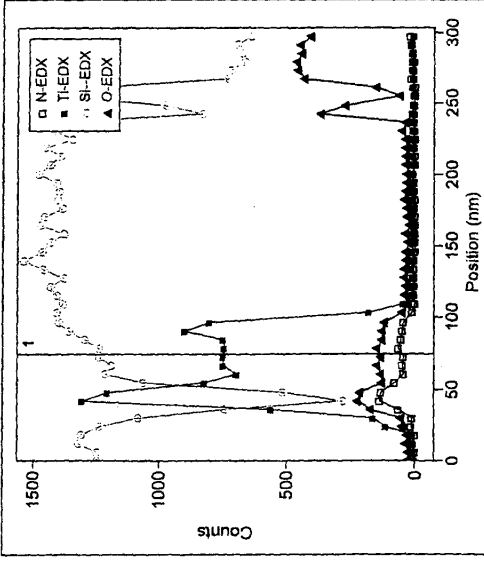
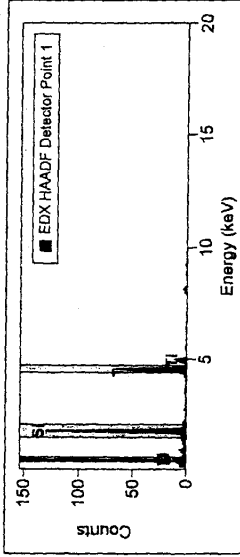
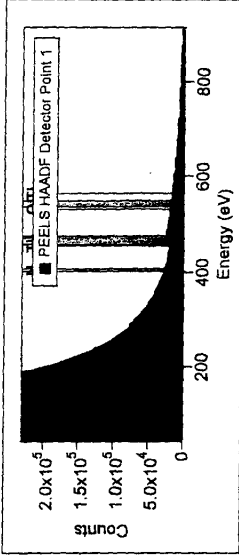
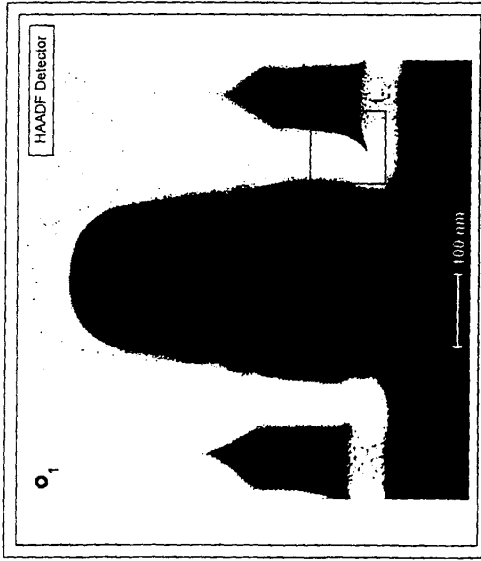


**Cu Map**



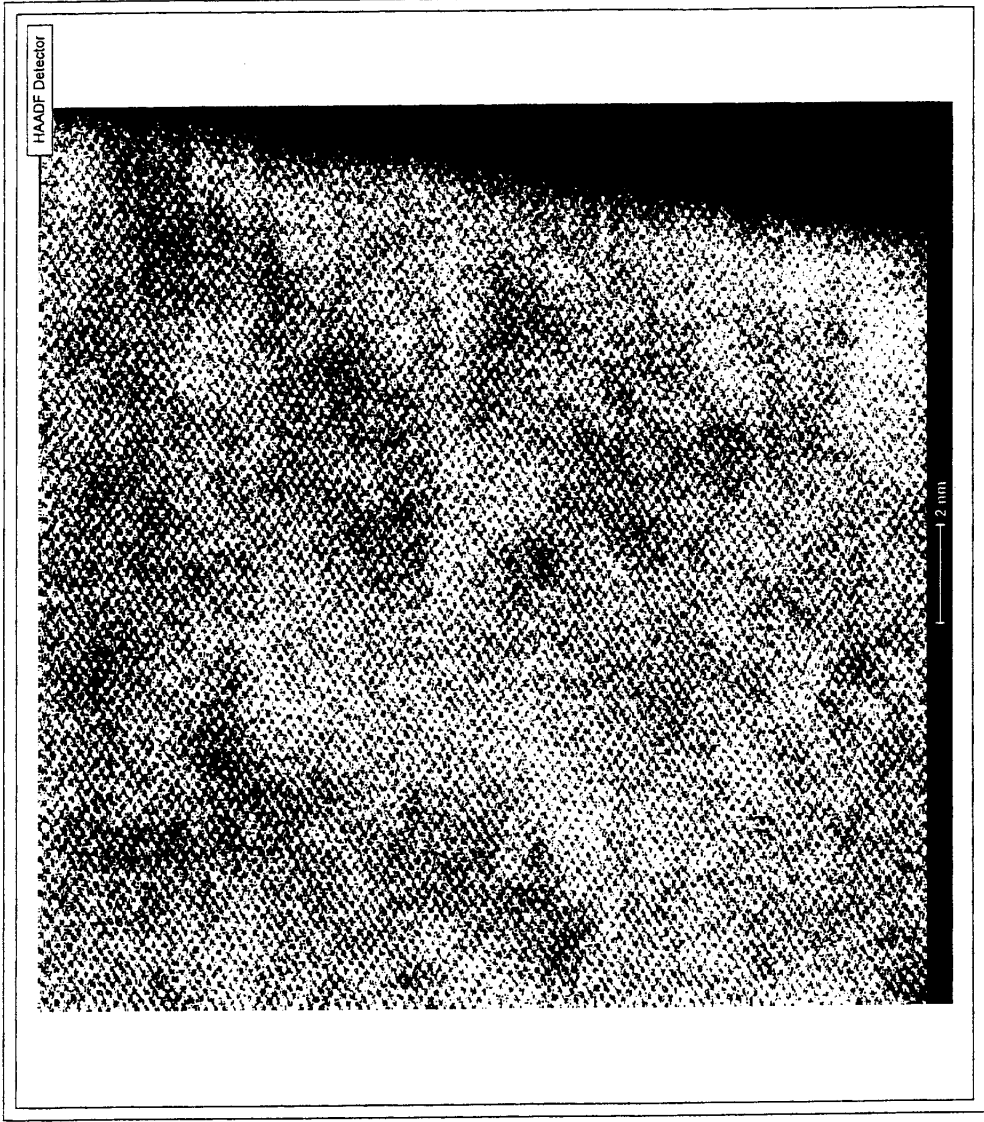
**O Map**



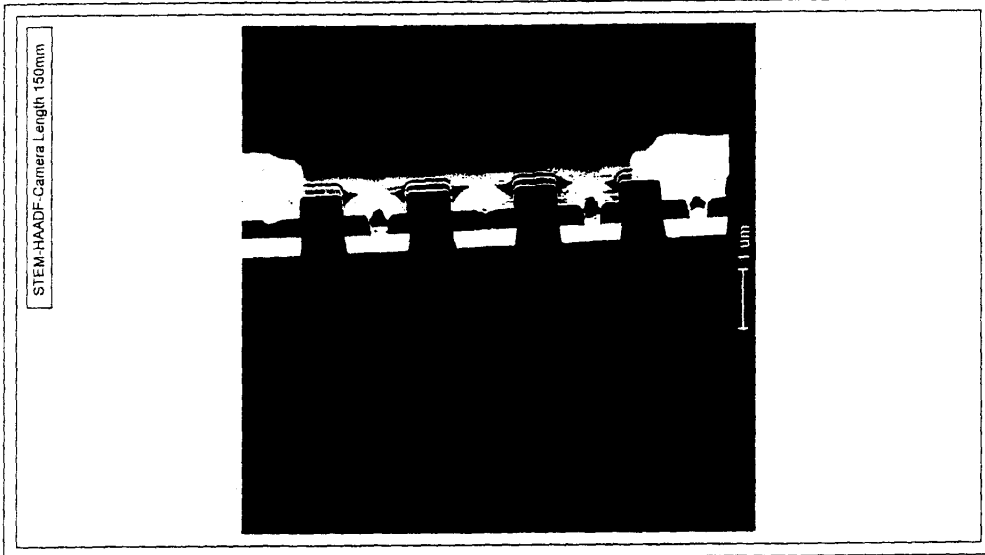
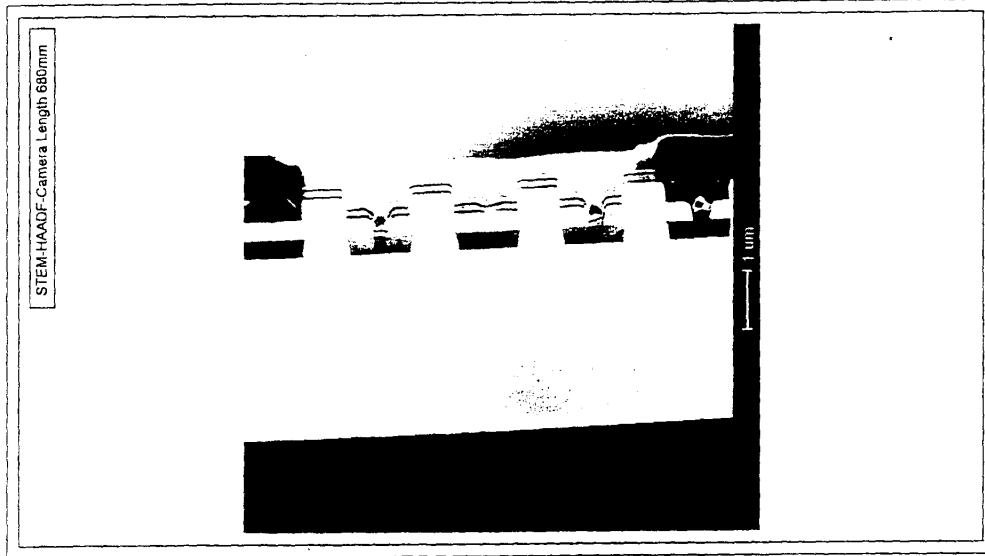




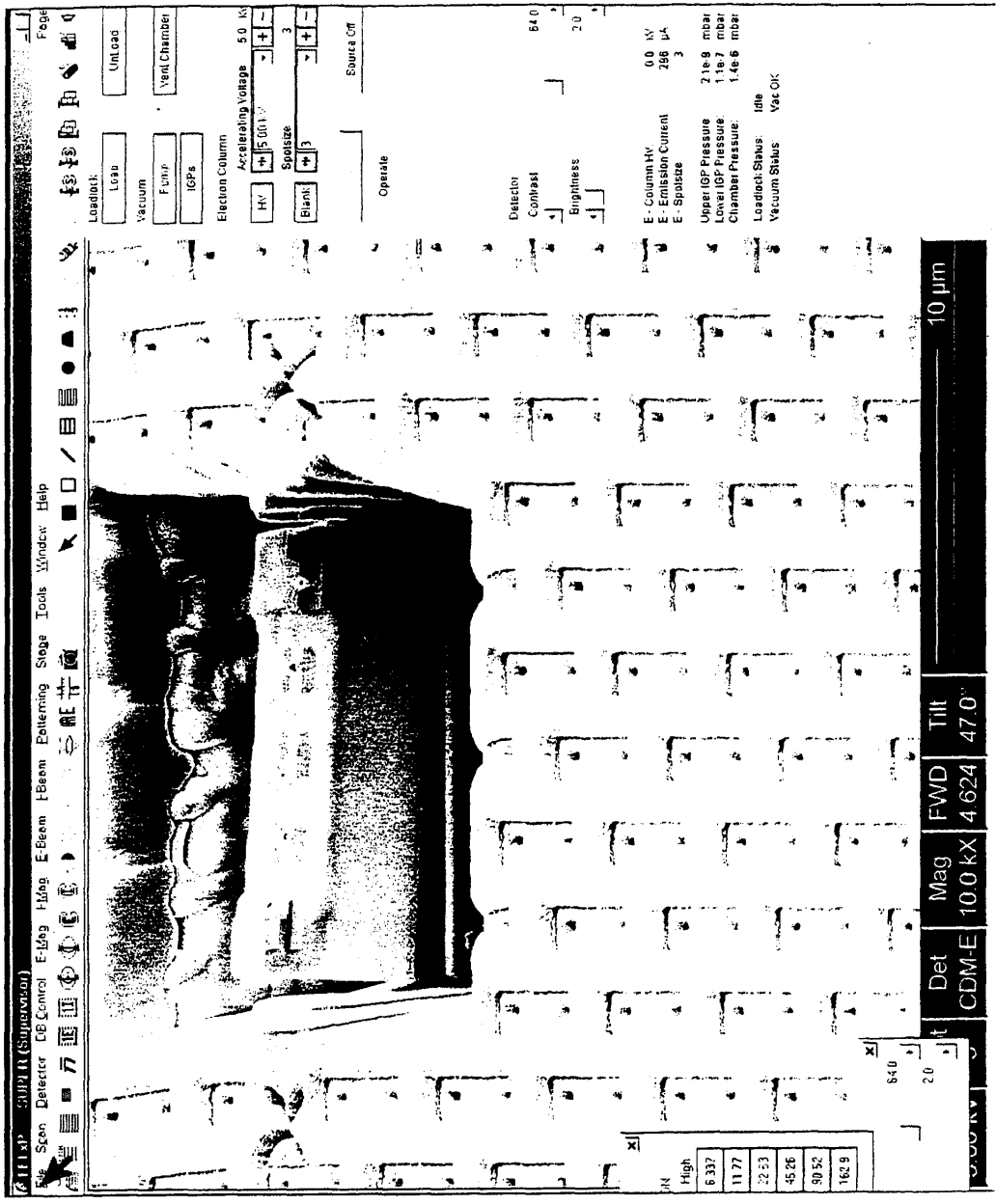
STEM\_HAADF\_01.emi - Fri Nov 08 15:03:25 2002



Fri Nov 08 15:27:28 2002







File Edit View Options Window Help  
 Scan Detector CB Control E-Beam HV-Beam E-Beam E-Beam Entering Stage Tools Window Help

Loadlock: Load Vacuum Vent Chamber  
 Electron Column: HV 5.00 kV Spot Size 3  
 Accelerating Voltage 50 kV  
 Operate Source Off

Detector Contrast 84.0  
 Brightness 2.0

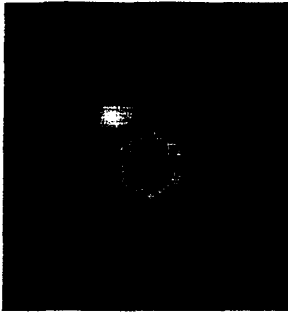
E-Column HV 0.0 kV  
 E-Emission Current 286  $\mu$ A  
 E-Spot Size 3  
 Upper IGF Pressure 2.1e-9 mbar  
 Lower IGF Pressure 1.1e-7 mbar  
 Chamber Pressure: 1.4e-6 mbar  
 Loadlock Status: Idle  
 Vacuum Status: Vac OK

High	6.337
11.77	22.53
45.26	90.52
162.9	

84.0  
2.0

Det Mag FWD Tilt  
 CDM-E 10.0 kX 4.624 47.0°  
 10  $\mu$ m

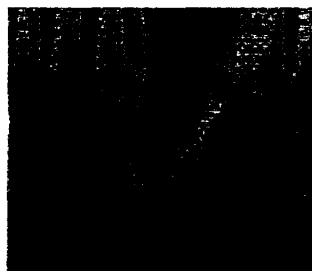
# FEI 公司儀器產品資料



FEI's Altura™ Series offers the ultimate tools for sourcing defects or inspecting process excursions on 200 mm wafers to reduce the time of development and yield improvement cycles. By providing three dimensional data, the Altura Series presents the most accurate picture of your process for increased control.

## Altura Series DualBeam™ Systems for Defect Characterization, Failure Analysis, and Process Monitoring

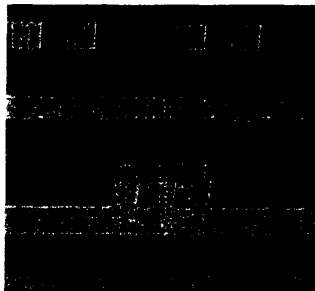
- Accurate defect characterization for reduced yield improvement cycles
- Rapid identification of process excursions on thin films, interlayer dielectrics, and copper interconnects
- Turnkey defect navigation with files retrieved from optical and SEM detection and review tools
- Analyze subsurface structures made visible by FIB cross-sectioning with enhanced etch chemistries
- Highest throughput cross section cutting
- "Slice and View" for high precision TEM and SEM cross sections
- Cleanroom-compatible, high reliability



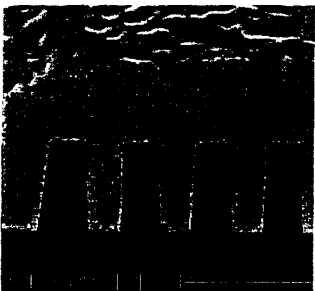
The value of the third dimension of data is illustrated in this FIB-created cross section. The information reveals that the origin of the defect is in the silicon substrate.



## Altura Series DualBeam Systems for Defect Characterization, Failure Analysis, and Process Monitoring



Delineation Etch™ provides the necessary contrast between layers in this FIB cross section, revealing structural information.



High resolution SEM image of a cross-sectioned copper via provides important 3D information.



Using FIB to image copper film reveals important grain structure that is not visible in SEM images.

As device geometries continue to shrink, the need for high resolution analytical capabilities increases. Smaller defects need to be examined, and new processes and materials require advancements in characterization capabilities. FEI's Altura Series of DualBeam tools provides the analytical power required to meet the process support demands of today's wafer fabs.

FEI's Altura Series offers the ultimate systems for sourcing defects or inspecting process excursions on 200 mm wafers to reduce the time of development and yield improvement cycles. Altura systems feature a high accuracy stage, high resolution SEM, and the most efficient FIB milling capability available, all fully integrated in a cleanroom-compatible package to give you fast feedback on your process in or near the fab. This combination of wafer navigation, cross-section preparation, and data collection in a single tool minimizes the risk of sample loss or damage and improves the quality of the data. The outcome is thorough, fast, and accurate three-dimensional defect characterization.

The Altura Series offers new capabilities such as automation software to control cross-sectioning and imaging and prepare TEM samples, as well as high throughput ion milling, all designed to increase productivity and provide rapid

feedback to the manufacturing process.

### Superb SEM Imaging for Every Application

Determining the root cause of a process problem requires clear, accurate images. Altura's advanced electron optics offer a number of imaging refinements—immersion-lens ultra-high resolution imaging, enhanced down-hole visibility, a unique method of charge compensation—all designed to provide top quality images. Altura's imaging capabilities support design rules at 0.13  $\mu\text{m}$  and beyond.

The Altura Series adeptly handles samples that are subject to charging, providing outstanding image resolution at beam voltages as low as 500 V. Or, use a mix of secondary electron (SE) and backscattered electron (BSE) signals to eliminate charging artifacts. The continuously variable mix of SE and BSE signals enhances subtle details such as grain boundaries.

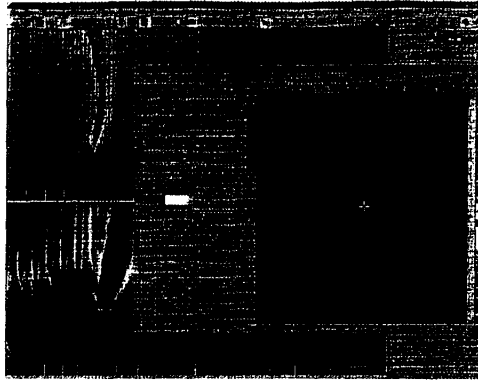
### 3D Analytical Capabilities

The high resolution SEM imaging capabilities of the Altura Series is complemented by Focused Ion Beam (FIB) milling, which takes you below the surface to reveal buried defects, process anomalies, and device failures, all of which are invisible to a conventional wafer SEM. This third dimension enables a comprehensive view of a process problem and possible culprits.

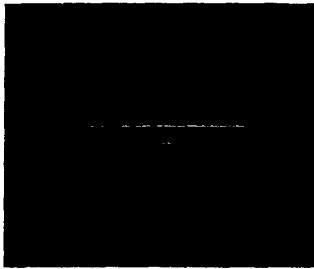
## Altura Series

### FEI-Navigator™

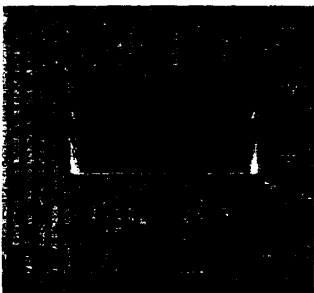
- Simple software-guided wafer alignment
- Automatic wafer map generation
- Optimized alignment routine for patterned and bare wafers



FEI-Navigator software translates defect locations from data obtained on optical and SEM detection and review tools so they can be characterized. When coupled with Altura's high accuracy stage, Navigator easily locates the detected defects for characterization.



View of copper device, prior to milling of TEM sample, shows alignment fiducials and Pt protective layer.



Tilted view of TEM sample prepared by AutoTEM Wizard software.

### On-Target Navigation

The Altura Series offers the highest accuracy 5-axis 200 mm stage available. With accuracy of  $<1.5 \mu\text{m}$  across a 200 mm wafer, you can confidently navigate directly to the desired location. Our software automatically adjusts focus with changes in sample working distance.

### Full-Featured Defect Characterization

From defect navigation to imaging, cross-sectioning, and materials analysis, the Altura Series has an array of features designed to make defect characterization more accurate and productive.

Integrated BSE detection allows you to relate image contrast to average atomic number, making it easy to differentiate metallic contamination from oxide or organic contamination, particularly on bare wafers. An EDS package is an option for providing more detailed compositional analysis.

### Automation Adds Efficiency

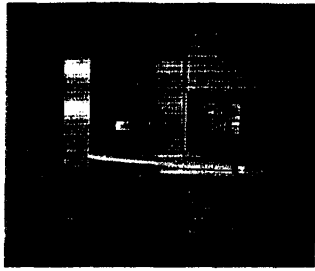
Altura systems take advantage of numerous automated routines developed for FEI's xP software interface. Scripts automate routine processes and procedures to increase the accuracy of the information collected and enhance productivity.

Our AutoTEM™ Wizard software permits unattended preparation of multiple TEM specimens easily and reliably. It can be configured to prepare samples on either standard TEM grids or for *in situ* extraction. The *in situ* extraction process does not require dicing the wafer or mechanical polishing. Automated TEM sample preparation is faster, more precise, and more accurate than mechanical methods.

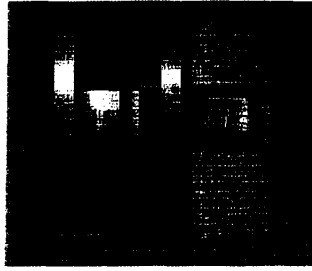
### Optimized Beam Chemistries

The Altura Series' high-speed beam chemistry implementation utilizes multiple retractable needles for safety and ease of application. Available beam chemistries are

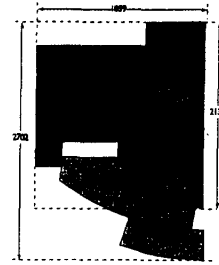
Altura Series



Altura 830 and 835



Altura 865

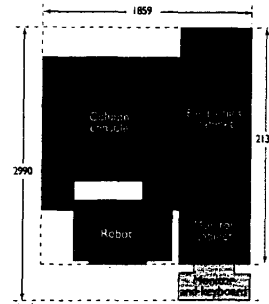


scale in mm

Altura 830 and 835

Altura Systems for Structural Diagnostics

Electron source	Schottky emitter, 12-month lifetime
Ion source	Gallium liquid metal, 1500 hours guaranteed
Beam voltage	SEM: 200 V - 30 kV; FIB: 5 kV - 30 kV
FIB current range	Standard ion column: 1 pA - 11.5 nA Magnum™ ion column: 1pA - 20 nA
Image resolution	SEM: 3 nm (1 kV - 30 kV); FIB: 7 nm (5 nm achievable)
Stage	5-axis motorized (tilt eucentric); XY: 200 x 200 mm Tilt: -5° to +60°
Systems	Altura 830: DualBeam with standard ion column Altura 835: DualBeam with Magnum™ ion column Altura 865: DualBeam with Magnum™ ion column and cassette-to-cassette wafer handling



scale in mm

Altura 865

conductor and insulator deposition materials, as well as a range of enhanced etch gases. These gases significantly extend the capabilities of the system, allowing localized deprocessing and *in situ* delineation of cross-section faces. In particular, Delineation Etch reveals oxide and other layers within a cross section, eliminating the need to use wet chemical etches outside the system before acquiring the final SEM image.

Flexibility to Address a Variety of Applications

Many customers also choose to use the Altura systems for tasks such as failure analysis, metal grains analysis, and measurement of critical dimensions.

Complete Life Cycle Support from The Structural Process Management Company™

The customer is our number one focus at FEI. Your investment in the

Altura Series is fully supported by the industry leader in Structural Process Management. Our global network of applications experts and service personnel is ready to assist, and we are continually working to add value to your purchase through an aggressive program of product enhancements, software upgrades, and training—all to assure that your Altura systems will support your process management needs for years to come.



World Headquarters  
7451 NW Evergreen Parkway • Hillsboro, Oregon 97124-5830 USA  
Phone (503) 640-7500 • Fax (503) 640-7509  
Email semisales@feico.com  
http://www.feico.com

©2000. We are constantly improving our products so all specifications are subject to change without notice. The FEI logo, The Structural Process Management Company, Altura, Delineation Etch, DualBeam, FEI-Navigator, and AutoFIB and AutoTEM are trademarks of FEI Company. Windows is a trademark of Microsoft Corp.

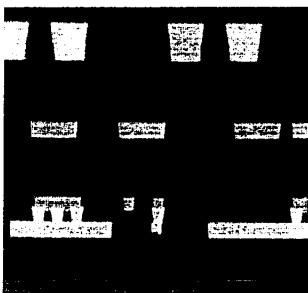
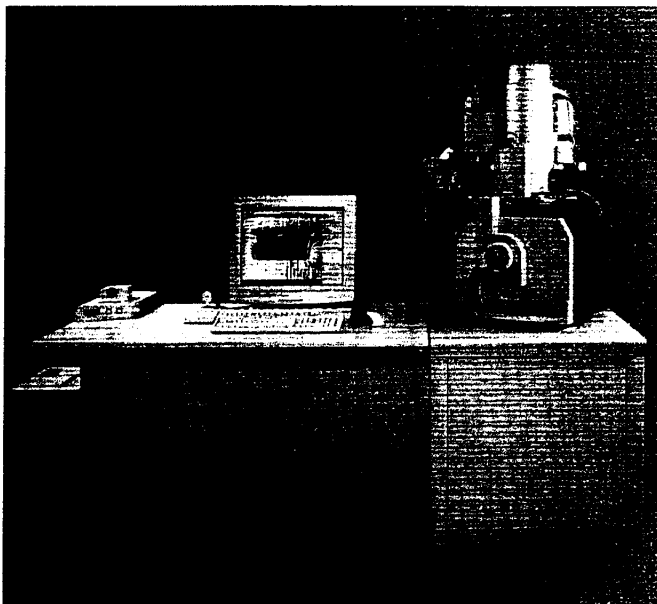


The small sample Strata™ DB 235 is the newest member of FEI's renowned family of FIB/SEM DualBeam™ tools. It delivers high quality 3D analytical data, accelerating time to market of sub-0.13 micron processes, including copper dual damascene, low-k dielectric, chemical mechanical polishing, and high-aspect ratio structures.

## Strata DB 235

### Fast, Accurate 3D Structural Diagnostics

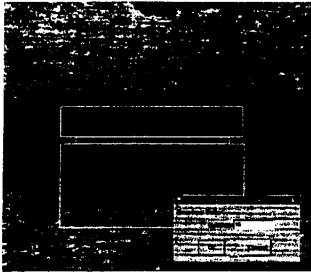
- Rapidly characterize process and defect excursions using FEI's DualBeam advantage
- Speed your "time to answer" by performing material and defect analysis on a single tool that delivers high-resolution images and compositional data
- Automated TEM sample preparation allows process control of shrinking device geometries
- Partner with FEI's Tecnai Series TEMs for a turnkey solution for thin film analysis at the Å level
- Reduce operator training time with microscope control under the familiar Windows™ user interface



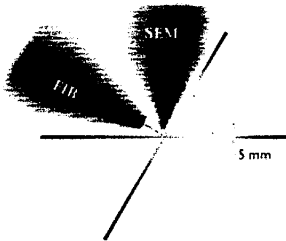
SEM image of a "delineated" FIB cross section through multiple layers of a copper integrated circuit.



## Strata DB 235 FIB/SEM Fast, Accurate 3D Structural Diagnostics



AutoTEM™ Wizard guides the setup process for automatically preparing thin samples for direct analysis in the TEM.



SEM and FIB work together at a single point to give superior results without compromise.

As device geometries continue to shrink, the need for high-resolution analytical capabilities increases. Smaller defects need to be examined, and new processes and materials require characterization. To meet these demands, FEI has introduced the Strata DB 235. The newest member of FEI's renowned family of FIB/SEM DualBeam, it excels in the preparation of sub-100 nm, site-specific samples for TEM analysis. Its precision FIB milling, high-resolution imaging, and gas chemistries provide the power and flexibility for full 3D structural analysis and characterization of sub-0.13 micron processes, including copper dual damascene, low-k dielectric, chemical mechanical polishing, and high-aspect ratio structures.

Why are 3D Structural Diagnostics important? Tools that provide 2D data have too many tradeoffs for current technology challenges. Only DualBeam can analyze multiple specific sites on a single die from any orientation. FEI DualBeam tools provide tremendous value by expediting root-cause analysis.

### DualBeam: The Ultimate in Analysis

FEI's DualBeam principle is simple, yet powerful: defects and process excursions are located, cross-sectioned, imaged, and analyzed all in a single tool. By combining the

sample preparation and data collection into a single tool, the risk of sample loss or damage is minimized and quality of data acquired is improved. The outcome is fast and accurate time-to-results with the correct answer the first time. The DualBeam has moved from a tool simply desired by semiconductor lab managers to one that is indispensable.

The Strata DB 235 offers high-resolution SEM imaging, high-throughput FIB milling, and automation capabilities in a fully integrated compact package. Add beam chemistries, automated TEM sample preparation, X-ray analysis or other options and you will have the ultimate analysis tool customized for your specific needs.

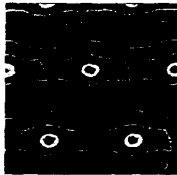
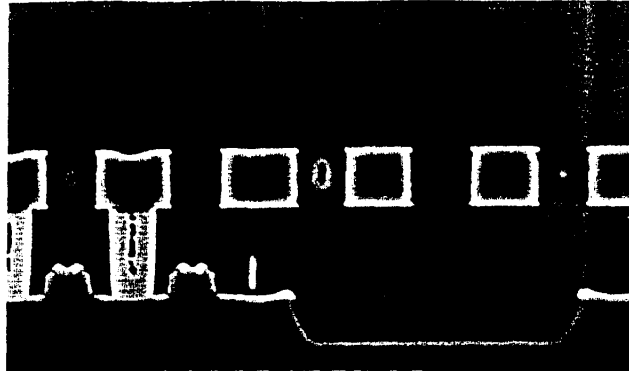
### High Throughput Cross Section Analysis

The Strata DB 235 is a high-end FIB sample preparation system, using FEI's outstanding Magnum™ ion column, maximizing cutting precision to produce results of superior quality in the minimum of time. The high-resolution electron beam enables you to view the cross section at any stage of the milling process to ensure that the precise information required is obtained. This "slice and view" technique is key to getting accurate and timely analysis data.



## Strata DB 235

- FIB plus SEM and TEM sample preparation in one tool
- Windows NT®-based user interface common to FEI's FIB and wafer DualBeam products
- Flexible sample handling for wafer pieces, packaged parts, and TEM grids
- Small SEM-sized footprint, high reliability



Delineation Etch™ is essential for Structural Diagnostics. This *in situ* etch process reveals oxide and other layers within a cross section. Delineation Etch can be used for localized deprocessing (left) or oxide layer delineation (above).



"Lift-out" TEM sample before it is cut free from the substrate. This FIB image also shows the grain structure of the copper interconnects both on the surface and in the cross section.



Tecnai STEM image of FIB-prepared sample. Preparing TEM samples with FIB gives you increased accuracy to analyze specific transistor locations.

### TEM Sample Preparation

For TEM preparation on small samples, the Strata DB 235 is ideal. As feature size shrinks, making large numbers of TEM samples is a necessity for process development, process monitoring, and defect characterization. To support this need, the Strata DB 235 can be configured to automatically prepare multiple samples in a single session.

For the thinnest samples, the slice and view capability of the DualBeam can be used to obtain the thinnest possible sample without destroying the target area. In addition, low-kV milling with the ion beam can be used to improve the sample quality.

### AutoTEM Wizard Software

FEI's AutoTEM Wizard software allows the automated preparation of both "lift-out" and "pre-thinned" TEM samples. Setting up multiple samples is simple. AutoTEM Wizard prompts the user for the sample location and key

parameters at each site. After this setup phase, multiple samples can then be prepared unattended in a single session. User or automatic final thinning are both possible.

Automation reduces the operator time per sample and allows the system to be used off-shift, with multiple samples being prepared. Automation also leads to greater sample consistency and reduces user training requirements.

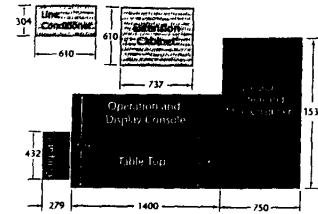
### Beam Chemistry

The Strata DB 235 offers a variety of beam chemistries to support the range of applications for this tool. Available beam chemistries are conductor and insulator deposition materials, as well as a number of enhanced etch gases. These gases significantly extend the capabilities of the system, allowing localized deprocessing and *in situ* delineation of cross-section faces. In particular, Delineation Etch reveals oxide and other layers within a cross section, eliminating the need to use wet

## Specifications

Electron source	Schottky emitter, 12-month lifetime
Ion source	Gallium liquid metal, 1500 hours guaranteed
Beam voltage	SEM: 200 V - 30 kV; FIB: 5 kV - 30 kV
FIB current	Range from 1 pA - 20 nA
Resolution	SEM: 3 nm (1 kV - 30 kV); FIB: 7 nm (5 nm achievable)
Stage	5-axis motorized (tilt eucentric); XY: 50 x 50 mm; Z: 25 mm; Tilt: -12° to +60°
Samples	Wafer pieces, packaged parts, and TEM grids
System options	EDX analysis, beam chemistries, AutoFIB™ automation software, AutoTEM™ Wizard software, CAD navigation, optical microscope

The Strata series of Structural Diagnostics tools for semiconductor defect characterization, materials characterization, and process development also includes the Strata FIB 200TEM and Strata FIB 200xP. Strata series tools are designed for small samples, packaged parts, and TEM samples.



scale in mm  
Compact SEM-like footprint makes Strata DB 235 ideal for any laboratory.



Tecnai F20 TEM from FEI Company partners with Strata Series for increased analytical capability.

chemical etches outside the system before acquiring the final SEM image.

### EDX Analysis

Once the defect is located and its morphology captured via high-resolution imaging, its composition is next investigated. The Strata DB 235 can be configured with X-ray analysis (EDX) capability, which provides chemical composition analysis on bulk or thin samples. EDX analysis on bulk samples suffers from the huge excitation

volume, limiting the spatial resolution to 500 nm at best. Smaller dimensions and defects are driving the need for analytical techniques with better spatial resolution. Thus, the Strata DB 235, besides making conventional cross sections, can also prepare a thin TEM-like section. With such a thin sample, greatly improved EDX resolution can be obtained.

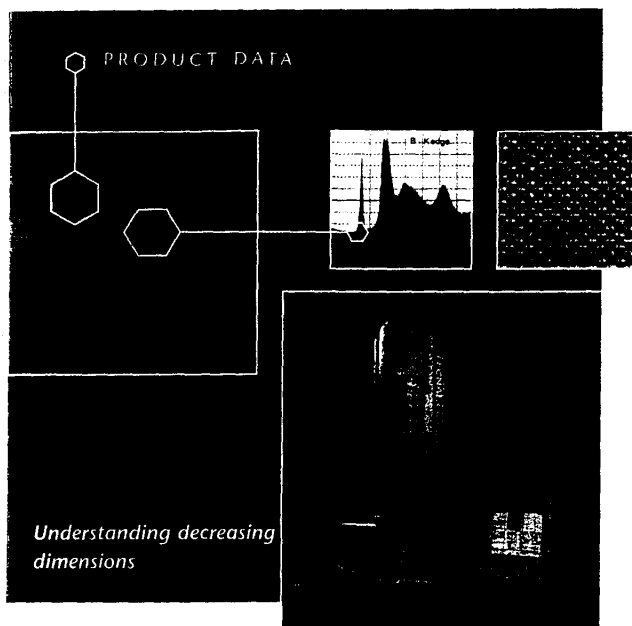
### Complete Life Cycle Support

The customer is our number one focus at FEI. Your investment in the

Strata Series is fully supported by the industry leader in Structural Process Management™. Our global network of applications experts and service personnel is ready to assist, and we are continually working to add value to your purchase through an aggressive program of product enhancements, software upgrades, and training—all to assure that your Strata systems will support your process management needs for years to come.



World Headquarters  
7451 NW Evergreen Parkway • Hillsboro, Oregon 97124 USA  
Phone (503) 640-7500 • Fax (503) 640-7509  
Email semisales@feico.com  
<http://www.feic.com>



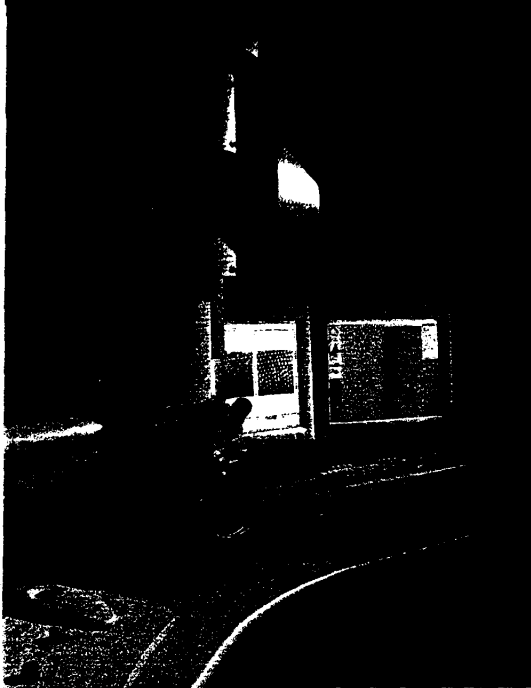
## Tecnai G<sup>2</sup> F20 U-TWIN STEM

### Combining HR TEM with HR STEM, EELS and EDX analysis

Modern society is changing at an increasingly rapid pace. As a professional, or researcher, this forces you to generate information ever faster. The challenges you face today in your work form the basis of our society's future. To address these challenges, you need top quality results; results that can only be generated by top quality tools. FEI is The Structural Process Management Company™, with a mission to help you better understand the advanced materials that surround us and the processes that create them. Faster time to data, shorter research and development cycles, enhanced yields, lower costs and increased return on investment are just some of the benefits you will derive from Structural Process Management™. At the core of FEI's proven and comprehensive suite of solutions is our powerful combination of (S)TEM, FIB and SEM tools, designed specifically to meet the stringent demands of today's Materials Research and Physical Characterisation laboratories.

FEI now offers you a unique opportunity to study structural and chemical information down to atomic level. The new Tecnai G<sup>2</sup> F20 U-TWIN STEM is optimised for complete materials characterisation by combining HR TEM with HR STEM and advanced spectrum imaging in EELS and EDX. It combines excellent high-resolution performance with ease of operation in all TEM modes. The user interface has been designed in such a way that you don't need a high degree of technical knowledge in order to obtain high quality results. FEI's industry-leading DualBeam™ systems have revolutionized sample preparation for TEM analysis. High-quality samples can be extracted from very specific sites of the sample at a much faster rate. In order to exploit the samples down to atomic level, the Tecnai G<sup>2</sup> F20 U-TWIN STEM is the ideal solution: no other tool will give you all your high-resolution results faster than our new Tecnai G<sup>2</sup>.

- *Superb HR TEM imaging with high contrast, high stability and high reproducibility.*
- *Fully-integrated HR STEM with no compromise to other modes of operation*
- *Excellent stability of focus, high tension, energy spread, spot, alignment and specimen stage*
- *High performance and reliable FEG technology*
- *Ease of operation*
- *Faster time to data*
- *Remote control from adjacent room; remote viewing during data acquisition*
- *Complete recall, including apertures, of optimised settings for all operation modes*
- *Total system support*
- *Windows 2000 operating system*
- *Next generation "All In One" Tecnai G2 concept*



Properties and characteristics of materials are, for a large part, determined by their sub nanometer structures. Grain boundaries, for example, determine the strength of ceramics and metals. The morphology and chemistry of gate-oxides determine the speed of semi-conductor devices. And surface condition of particles determine the quality of catalysts. Such interfaces have to be characterised for atomic roughness, sub-nanometer chemical distributions and even electronic bonding states. The characterisation of physical and chemical defects is paramount to the determination of the nature of the material.

It is clear that one must combine atomic resolution imaging with atomic level chemical and crystallographic analysis. It is essential to have such a complete set of data (chemical, physical, structural) to fully understand details fundamental to materials design, materials research and (industrial) process development.

The Tecnai G<sup>2</sup> F20 U-TWIN STEM combines the ultimate performance in TEM imaging with a powerful HR-STEM function, which is considered to be the ideal, high-contrast imaging mode needed to produce reference images for chemical analysis by EELS or EDS. The basis is the "All In One" concept, which delivers high performance in HR-TEM, HR-STEM, EFTEM, EDS and EELS analysis all within one instrument.

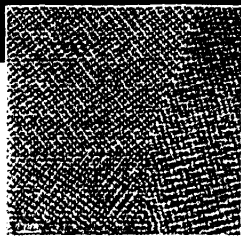
### FEI – Tecnai G<sup>2</sup> "All In One": delivering HR TEM, HR STEM, embedded EFTEM, EDS and EELS analysis in one system

#### Core technologies

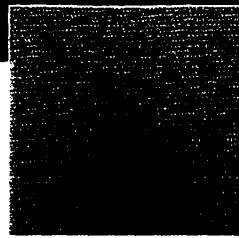
The microscope incorporates well-proven advanced technologies such as: a high-stability Schottky field emission source, which gives an ultra-high brightness, a low energy spread (< 0.7 eV at useable extraction voltages) and very small probe sizes (< 0.2 nm); a superb high voltage stability of less than 4 eV/hour; a low Cs objective lens for very high resolution in TEM (0.19 nm) and STEM (0.14); a CompuStage for accurate specimen control. It also uses state-of-the art computer and data transfer technologies (Windows 2000 and Fire Wire).

#### Ease of operation

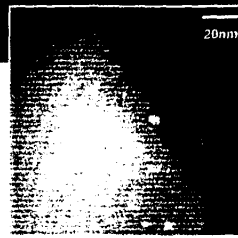
The Tecnai G<sup>2</sup> F20 U-TWIN STEM is equipped with the most advanced operating system. It runs under Windows 2000 and is built on the new generation of Tecnai G<sup>2</sup>. It not only allows easy system set-up and data acquisition, but also ease of control & management of the data produced. The task-oriented user interface allows automatic recall of all optimised operating conditions, including lens settings, Field Emission Gun settings, alignments, detector configurations and even apertures. This enables fast and reproducible data acquisition from even the most challenging of samples.



Reconstructed phase of a triple junction in BaTiO<sub>3</sub>, revealing the atomic structure at the interfaces.  
Image courtesy of C.L. Jia & A. Thust, Forschungszentrum Jülich, Germany



High-resolution ADF STEM image of a triple-junction in Au polycrystal. Numerous voids occur at defects at the interface.  
Sample courtesy of Dr. T. Radetic, U. Dahmen and C. Kisielowski, NCEM Berkeley, USA



High-angle Annular Dark Field STEM image of heavy element particles in a glass. Many of the smaller 1-2 nm particles are easily resolved.  
Sample courtesy of Johnson Matthey Technology Centre, Reading, UK

### True "All In One"

Like all members of the Tecnai family, the microscope, as well as detector systems – including STEM, TV cameras, EELS and EDX detectors, are embedded into one single system. The powerful Tecnai Imaging and Analysis Software allows you to correlate all the data from all the above-mentioned structural imaging and chemical analysis operating modes. The new Tecnai G<sup>2</sup> user interface is designed to attain High-Resolution in imaging and analysis in all operation modes with the emphasis on ease of operation. Tecnai G<sup>2</sup> makes microscopy easier than ever.

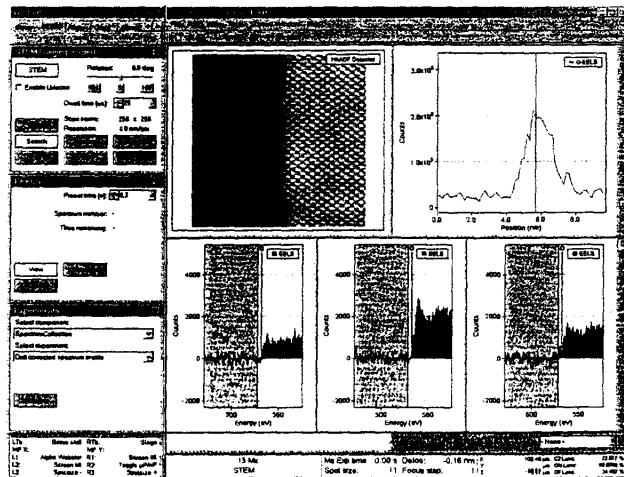
### Remote functionality as standard

Of course, such an ideal microscope deserves an ideal room. To minimise the influence for the operator on the final data, remote operation from an anti-chamber is incorporated in the system. The remote operation capabilities make it possible to design the instrument room much more adequately to obtain the optimal results. It also allows remote viewing of the Tecnai G<sup>2</sup> F20 U-TWIN STEM. Together with its multi-user set-up, this makes the Tecnai ideal for teaching purposes.

The Tecnai G<sup>2</sup> is ready for you today to solve the problems of the future. Your system will grow with the requirements on advanced (S)TEM, as FEI is committed to investing in additional features to make the system even more powerful. FEI will be there working with you to find ideal solutions for tomorrow's challenges.

Advanced Spectrum Imaging on a Tecnai G<sup>2</sup>. Only a few intuitive controls on the Tecnai G<sup>2</sup> interface are needed to produce high quality results.

The example shows a HR STEM ADF image of thin gate oxide along with an O-EELS spectrum profile. The fine structure in the oxygen-signal changes, indicating electronic variations of the oxygen.  
Collaborative work between E. Principe (AMAT), C.Kisielowski (NCEM, Berkeley) and FEI



**Essential specifications**

Point resolution (nm)	0.19
Information limit (nm)	≤ 0.12
HR STEM resolution (nm)	0.14
Cs objective (mm)	0.52
Cc objective (mm)	1
Focal length (mm)	2.2
Maximum eucentric tilt	± 24°

**Electron source**

- Schottky Field emitter with high maximum beam current (>100 nA)
- High probe current (>0.6 nA in a 1 nm spot)
- Small energy spread (0.7 eV or less)
- Spot drift <1 nm/minute
- High stability and long life

**Imaging**

- Patented U-TWIN objective lens
- Unsurpassed information limit (≤ 0.12 nm)
- Coma-free alignment for high-resolution objective-lens centring
- Magnification reproducible within 1.5 %
- Magnification range (EF)TEM: 60x – 1 Mx
- Embedded CCD/Energy filter

**STEM**

- Fully embedded digital scan system
- Bright Field and Annular Dark Field mode
- Ultra-high resolution STEM HAADF detector
- Magnification range 200x - 100MX
- Ultra-high resolution of 0.14 nm

**Micro-analysis**

- Embedded EDX and EELS spectrum imaging
- Small probes (≤ 0.2 nm)
- Excellent EDX in-hole performance

**Specimen stage**

- Fully computer-controlled, eucentric side-entry, high stability CompuStage
- Maximized tilts for any X, Y, Z, α, β combination
- X, Y movement 2 mm, specimen size 3 mm

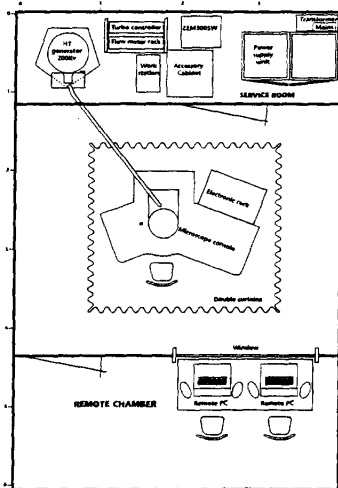
- Specimen recall reproducibility: ≤ 0.1 μm (x, y) and ≤ 0.1° (α tilt)
- Drift < 0.5 nm/minute

**Vacuum**

- Fully interlocked differentially oil-free pumped column with turbo molecular pump, pre-pumping column, gun and specimen airlock
- Ultra-high vacuum for contamination-free observation and analysis
- 150 l/s Ion Getter Pump on specimen area
- Liner tubes pumped by additional Ion Getter Pump
- Vacuum levels: specimen chamber 2.7 x 10<sup>-5</sup> Pa; gun 5 x 10<sup>-7</sup> Pa
- Plate camera exchange without switching off High Tension and Emitter

**Operation**

- Advanced operating system: new Tecnai G<sup>2</sup> series
- Operating under industry standard Windows 2000
- Remote operation and remote assistance from second work station standard
- Ready for dual monitor support
- Ready for automatic data acquisition in advanced operating modes



Floorplan

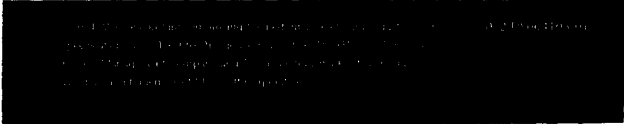
**FEI Company**

World Headquarters and North American Sales  
7451 NW Evergreen Parkway  
Hillsboro, OR 97124-5830  
Tel: +1 503 640 7500  
Fax: +1 503 844 2615

European Sales  
Tel: +31 40 27 66 768  
Fax: +31 40 27 66 786

e-mail: sales@feico.com  
www.feicompany.com

Asia-Pacific Sales  
Tel: +65 351 7671  
Fax: +65 354 0644



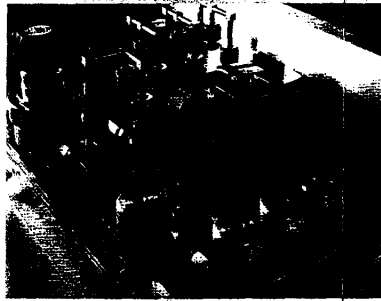
## Wolfe Engineering 公司簡介



design

unique approach

*High quality parts and  
sub-assemblies for the  
semiconductor, aerospace  
and microelectronics  
industries.*



fabrication



*Wolfe Engineering Inc.*



## A Unique Approach to Custom Design and Manufacturing



*Wolfe Engineering's reputation for excellence is based on the fundamentals—understanding our customer's needs and meeting them. Painsstaking attention to detail, quick response, and technology expertise are integral to our success.*



Wolfe Engineering is an established leader in the design and fabrication of high quality precision parts and sub-assemblies for the micro-electronics and aerospace industries. Since 1992, we have successfully partnered with major corporations by providing our own unique brand of customized manufacturing, engineering support and leading edge technologies.

We offer a broad range of services, including:

- Turnkey parts manufacturing in accordance with client specifications
- Customized engineering and fabrication for sub-assemblies and retrofits
- Rush assembly, overnight service
- Core competencies in high purity clean room manufacturing
- Test, inspection and quality assurance

### **Wolfe Engineering at a Glance**

Wolfe Engineering was established in direct response to the need for a

supplier that could offer premium quality turnkey manufacturing while meeting aggressive deliverable deadlines. Technology companies soon recognized the cost benefits associated with outsourcing specialized fabrication projects—and Wolfe Engineering answered that challenge. Our unique portfolio of services allows customers to achieve significant reductions in overhead and dramatically lower operations costs. Today, Wolfe Engineering's ability to meet stringent purity and technology requirements has made it the supplier of choice for industry leaders nationwide. With over 20,000 square feet of manufacturing area, two clean rooms for high purity assembly and 24-hour support, we're ready to meet a broad range of fabrication demands. Our dedicated manufacturing areas include automated orbital welding, tube bending, hot D.I. water and ultrasonic parts cleaning, electro-



polishing/passivation, parts assembly, and manual welding.

### **Uncompromised Quality and Unparalleled Service**

With a view towards providing full-service to our clients throughout the semiconductor, electronics, and aerospace industries, Wolfe Engineering has focused on the development of a strategic infrastructure capable of handling complex projects quickly—without compromising quality. Our goal is to maximize the fabrication flow while maintaining strict documentation standards and on-time delivery.

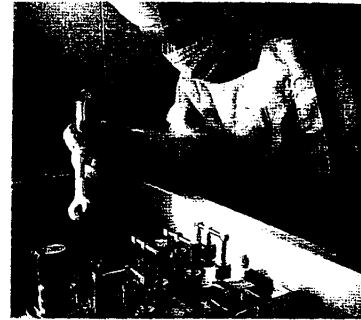
### **Engineering, Fabrication and Assembly**

As technology complexity has increased, so have the demands on manufacturing. This has proven especially true for the semiconductor industry where IC production has kept pace with reduced device geometries and strict guidelines

for contamination control. As a key supplier to this industry, Wolfe Engineering has achieved unmatched success due to our continued commitment to pure manufacturing standards and an intrinsic understanding of clean room requirements.

Our products and services include, but are not limited to, the following:

- Orbital welding in a Class 100 clean room
- Precision tube bending
- Manual welding
- High purity process gas boxes and delivery systems
- Air/nitrogen distribution panels
- Liquid delivery systems
- Electro-mechanical assemblies
- Pneumatic assemblies
- State-of-the-art electropolishing
- Parts fabrication and assembly

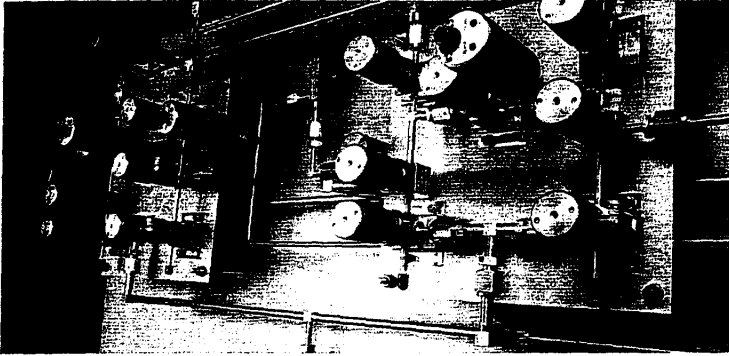


*Our capabilities are truly comprehensive. From integrated sub-assembly design and manufacture to customized high-purity part fabrication and assembly, Wolfe Engineering offers a superior level of service you simply can't find elsewhere.*



*Wolfe Engineering Inc.*

## Gas Delivery Assemblies



The solutions  
to your most  
difficult fabrication  
challenges are at  
Wolfe Engineering  
today.

Wolfe Engineering offers turnkey, production-proven assembly and design for gas delivery sub-systems for the semiconductor industry, including gas panels, manifolds and "gas sticks". Our assemblies are manufactured to meet the highest purity standards and to perform according to custom or standard applications. We feature 24-hour service for high or low volume fabrication, with an emphasis on quality, speed, and reliability.

### **Gas and Chemical Delivery Panels and Manifolds**

- Gas delivery systems for toxic, flammable, corrosive, and inert gases
- Ultra-clean design utilizing the latest in gas delivery technology for improved process results, increased uptime, and improved safety

- Replacement panels for all leading brands of gas cabinets, available in manual and automated configurations
- Automated configurations include pneumatically actuated valves and pressure switches
- Considerably less expensive than OEM gas delivery systems
- Custom designed panels for applications such as TCS chemical delivery (pictured above)
- Modular design and standard "off-the-shelf" components for optimized cost control of parts inventory

### **Gas Sticks**

- Configurations available for all applications—toxic, flammable, corrosive, and inert gases
- All sticks fully tested and certified
- Quick delivery of custom configurations for special applications
- Standard "off-the-shelf" components



*Wolfe Engineering Inc.*

Wolfe Engineering, Inc.  
546 Division Street,  
Campbell, CA 95008  
Phone: 408-379-8580  
Fax: 408-379-8583  
sales@wolfe-engineering.com

Austin Office  
3019 Alvin Devane Blvd., Ste. 230  
Austin, Texas 78741  
Phone: 512-385-8996  
Fax: 512-385-2080

## Value-Added Outsourcing Engineering, Design, and Assembly



The solutions  
to your most  
difficult fabrication  
challenges are at  
Wolfe Engineering  
today.

Wolfe Engineering provides a unique combination of outsourcing services to the microelectronics, semiconductor and aerospace industries throughout the United States. From pneumatic sub-systems to ultra-clean mechanical and electrical assemblies, Wolfe Engineering offers technology manufacturers significant cost-saving alternatives for improved productivity and cycle time reduction. With offices in San Jose, California and

Austin, Texas, we're strategically located to streamline your fabrication process. Contact our nearest office to learn more about how Wolfe Engineering can become a valued resource for your company.

- Clean room electro-mechanical assembly and testing based on your requirements
  - Class 10
  - Class 100
  - Class 1000
- In-house lean line manufacturing
- Point of use customer re-stocking
- Non-destructive testing
  - Pressure and vacuum
  - Electrical
  - Static bench test
- Pneumatic, mechanical, and electrical assemblies
- In-house tube bending, welding and ultrasonic parts cleaning
- Rush assembly, overnight service, 24-hour support



Wolfe Engineering, Inc.  
546 Division Street,  
Campbell, CA 95008  
Phone: 408-379-8580  
Fax: 408-379-8583  
sales@wolfe-engineering.com

Austin Office  
3019 Alvin Devane Blvd., Ste. 230  
Austin, Texas 78741  
Phone: 512-385-8996  
Fax: 512-385-2080