

CSIPW-90B-T00002

國外公差報告

中山科學研究院

國外公差心得報告

批		示		
公年 差度	九 年 十 度	所屬單位 各級主管	政戰部	企劃處
單 位	第二研究所 結構熱傳組			
級 職	荐聘技士			
姓 名	朱智偉			

報 告 資 料 頁

1. 報告編號： CSIPW-90B- T00002	2. 出國類別： 其 它	3. 完成日期： 90 年 08 月 27 日	4. 總頁數：16
5. 報告名稱： 參訪 SEMI West2001 展覽會及 Andrew NDT Engineering 公司			
6. 核准 文 號	人令文號 <hr/> 部令文號	(90)銓鑑字第 004600 號	
7. 經 費	新台幣：捌萬捌仟貳佰零拾捌元整		
8. 出(返)國日期	九十年七月十五日至九十年七月二十一日		
9. 公 差 地 點	美國舊金山		
10. 公 差 機 構	SEMI		
11. 附 記			

封面格式

行政院及所屬各機關出國報告
(出國類別：其 它)

(裝
釘
線)

參訪 SEMI West2001 展覽會
及 Andrew NDT Engineering 公司

服務機關：中山科學研究院

出 國 人 職 稱：荐聘技士
姓 名：朱智偉

出國地區：美國舊金山

出國期間：90年 07月 15日至 90年 07月 21日

報告日期：90年 08月 027日

附件二
行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

參訪 SEMI West2001 展覽會及 Andrew NDT Engineering 公司

頁數 16 含附件： 是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 中山科學研究院/趙哲誼/(分機)356834

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

朱智偉/中山科學研究院/二所結構熱傳組/荐聘技士/(03)4712201-356753

出國類別： 1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：

90 年 07 月 15 日 至

90 年 07 月 21

報告日期：

90 年 07 月 05

分類號/目

關鍵詞：

SEMI、Eddy Current、End Point Detection

內容摘要：(二百至三百字)

為配合經濟部機械業關鍵系統技術第二期研究計畫之半導體製程設備研製之需，參觀 SEMICON West2001 半導體設備展及 Andrew NDT Engineering 公司。在美國舊金山與聖荷西舉行 SEMICON West2001，為世界上展出最大半導體製程設備展覽會。此次參加展覽以現階段半導體工業之關鍵技術如：下世代微影(next generation lithography) 技術、銅製程 300 晶圓製程設備等相關最新之設備軟硬體為展出內容。參訪 Andrew NDT Engineering 公司，了解其渦電流(Eddy Current)感應器應用於銅製程 CMP 機台上作為終點偵測系統(End Point Detection,EPD)的技術及使用於本院研發機台終點偵測系統的可行性。此趟行程正為化學機械研磨 (Chemical Mechanical Polish; CMP) 之研發工作提供最佳之觀摩機會，在瞭解 CMP 研磨技術發展現況與最新相關資訊後，使 CMP 研發工作能收事半功倍之效，也能讓研發成果符合未來發展與市場需求。

附件三

行政院及所屬各機關出國報告審核表

出國報告名稱：參訪 SEMI West2001 展覽會及 Andrew NDT Engineering 公司	
出國計畫主辦機關名稱：	
出國人姓名/職稱/服務單位： 朱智偉/荐聘技士/中山科學研究院二所結構熱傳組	
出國計畫主辦機關審核意見	<input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整 <input type="checkbox"/> 3.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 4.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 5.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> ①不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> ②以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> ③內容空洞簡略 <input type="checkbox"/> ④未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> ⑤未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8.其他處理意見：
層轉機關審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 退回補正，原因：_____（填寫審核意見編號） <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於出國報告提出後二個月內完成。

出國目的及緣由

1.出國目的及緣由

本(90)年度七月十六日至七月二十日在美國舊金山與聖荷西舉行 SEMICON West2001，為世界上展出最大半導體製程設備展覽會。此次參加展覽以現階段半導體工業之關鍵技術如：下世代微影(next generation lithography) 技術、銅製程、300 晶圓製程設備等相關最新之設備軟硬體為展出內容。正因為歷屆 SEMICON 半導體展，展出廠商均視展覽會場為技術的競技場，無不竭盡所能地展出將該公司最新之技術及產品，以吸引參觀者的注目爭取商機。而對參觀者而言更是獲得最新科技與資訊交流的最佳場合，因此每年均吸引無數從事於半導體生產業者、零件設備製造商、研究人員等的參訪。

於此次行程中，安排參訪了 Andrew NDT Engineering 公司，了解其渦電流感應器應用於銅製程 CMP 機台上作為終點偵測系統的技術及使用於本院研發機台終點偵測系統的可行性。

此次為配合經濟部機械業關鍵系統技術第二期研究計畫之半導體製程設備研製之需，參觀 SEMICON West2001 半導體設備展及 Andrew NDT Engineering 公司，正為化學機械研磨 (Chemical Mechanical Polish; CMP) 之研發工作提供最佳之觀摩機會，在瞭解 CMP 研磨技術發展現況與最新

相關資訊後，使 CMP 研發工作能收事半功倍之效，也能讓研發成果符合未來發展與市場需求。

2. 參觀心得

2.1 SEMI West2001 展覽會

此次 SEMI West2001 共有兩個展覽地點，一個在 San Francisco 的 Moscone Center，展出內容為 Wafer Processing。另一個在 San Jose 的 Convention Center，展出內容為 Test, Assembly&Packaging。全部共有超過 1700 家廠商參展，是全世界規模最大的半導體設備與材料展。

目前半導體製程的演進，由 8 吋晶圓朝向 12 吋晶圓，鋁製程朝向銅製程，low-k 材料的研發等。其中銅製程由於銅與鋁的材料性質不同，以往的鋁製程需要做若干的修改，才能實現半導體的銅製程。針對目前半導體發展的潮流，各家廠商無不研發出各種新技術，以期能在下一代半導體製程中贏得商機。而這些新概念所研發的新技術目前許多尚未正式引入量產，故現在市場上百家爭鳴，各家不同的新技術企圖主導下一代半導體製程，或許是為此原因，此次會場上廠商實際產出的機台並不多，且多不備其產品資料，而派專人在場以供諮詢，不知是否為了保護本身產品的技術資訊而如此。

2.1.1 CMP 設備展出

CMP 已成為 0.25 微米以下製程中關鍵技術之一，它是目前唯一能滿足全域（Global）及局部（Local）晶圓平坦化需求之製程技術，可解決因元件尺寸（Design Rule）縮小，微影曝光解析度提高，曝光景深縮減等技術問題，以及滿足多層金屬導線設計層間堆疊，在晶圓表面輪廓需有足夠的平坦度的需求。一般而言在半導體應用所要求之晶圓表面平坦度約為 $0.01\ \mu\text{m}$ 以下。

根據統計全世界約有 20 家生產 CMP 機台，12 家分佈在太平洋周圍，2 家在歐洲，其餘在美國；而其中 5 家如：Applied Material、Ebara、IPEC Planer、Speedfam 以及 Strasbaugh，卻分享 90% 的市場，其競爭之激烈可見一般。然而設備商仍願意繼續投入研發之原因有：

- 一、CMP 為 0.25 以下製程所必要之平坦化製程，市場需求量近三年來持續大幅成長。
- 二、CMP 技術尚未成熟，如終點偵測技術未能普遍使用，Dishing/Erosion、非均勻性與磨除率、速度、壓力等工作條件間的平衡與取捨，縮減邊緣磨耗（Edge Exclusion）區等問題皆未完全獲得解決。
- 三、半導體新製程與新材料的引進。雖 CMP 對氧化矽層如 ILD、

IMD、STI 等的研磨已有多年之經驗，在耗材如研磨墊及研磨液的技術也漸趨成熟，但對於最新金屬導線材料-銅以及導線間之低介電 (low-k) 材料的引進，其相關之 CMP 技術仍處在研發階段。

四、製程對 CMP 研磨品質之要求愈趨嚴格，尤其對於殘留於晶圓之顆粒、缺陷數目等均有嚴格之要求，此一趨勢已迫使 CMP 機台必須與後段清洗設備結合，使晶圓在 CMP 製程前後均保持乾燥潔淨的狀態，即所謂乾進乾出 (Dry-in Dry-out)，更與線上量測系統或終點偵測技術相整合，以提高製程良率及降低製造成本，而使 CMP 設備不再以研磨專用機之型式存在，而成為高度自動化的生產設備。

五、直徑 300mm 晶圓廣被使用。許多半導體廠在籌建新廠時紛紛以直徑 300 釐米晶圓為生產對象，而原來適合直徑 200 釐米(含以下) 之 CMP 機台多已不能適用，而必須重新設計或大幅修改原有之機台，在晶圓面積足足大兩倍情況下仍滿足製程對晶圓表面平坦度與均勻度之需求，將為新 CMP 研磨機台最大之考驗。另外，如縮減機台佔地面積、提高研磨線速度、降低研磨壓力，控制晶圓均勻度為設計重點所在。

2.1.1 Lam Research Teres CMP 機台

Lam Research 公司推出 Teres CMP 係採用直線運動研磨方式 (圖 1), 晶圓由研磨載具 (Carrier Head) 帶動旋轉, 履帶形研磨墊由高壓空氣支撐並以直線型式運動, 研磨液滴入研磨墊, 晶圓由研磨載具施壓後進行研磨。晶圓研磨面因由研磨墊以高速直線運動, 相較於低轉速之研磨載具, 晶圓研磨面得到近似於均勻之速度分佈。直線運動研磨方式與傳統旋轉運動研磨方式相比較, 後者可獲得較高的研磨相對速度, 而藉由研磨速度的提高, 可在較低的研磨壓力作用下, 得到較佳的晶圓均勻度與平坦化效率 (Planarization Efficiency)。

該型 CMP 機台採用 OnTrak 後清洗設備, 以傳統 VPA 滾輪接觸方式去除晶圓表面研磨殘留物與旋乾技術的運用, 使晶圓在 CMP 前後均保持乾的狀態, 以避免晶圓遭到污染。

2.1.1.2 Tokyo Seimitsu A-FP-210

Tokyo Seimitsu CMP 機台最大特色在於採用空氣浮動研磨頭 (圖 2), 利用空氣直接於晶圓背面施壓, 使晶圓研磨面得到均勻的壓力分佈。

全機共

圖 1 Lam Research Teres 全機布置

計三部分(圖 3): 圓載入/載出區、研磨區、清洗區, 亦為乾進乾出機台。
研磨區由三組研磨模組所組成, 適合金屬 CMP 多道次研磨之需。

圖 3 TSK A-FP-210 CMP 全機布置。

2.1.1.3 Speedfan/IPEC AvantGaard 776

圖 4 簡略說明其研磨操作原理: 晶圓由載具空氣囊透過載具膜對晶圓施壓, 研磨盤上貼附研磨墊, 研磨液則由研磨盤透過多孔研磨墊滲入晶圓研磨面, 由於研磨盤以行星運動方式運動, 且其線速度遠較載具旋轉速度為高, 故分佈在晶圓研磨面之研磨速度幾乎一致, 因此採用此種新型的研磨運動方式, 已有效地降低晶圓表面之非均勻度與邊緣磨耗, 同時也大幅縮減機台之佔地面積。

圖 4 AvantGaard 776 研磨模組

從展出之平面資料顯示 AvantGaard 776 採用分區部分潔淨技術(Mini Environment), 全機共分為四個隔間, 空氣自與 M1 等級無塵室相接通之晶圓載入/載出區, 經超高潔淨濾網(ULPA)過濾後吹入機台, 在精密

空氣流量控制下，氣流在四個不同壓差之隔間間流動，最後從污染程度最高之研磨區下方排出，以解決 CMP 可能污染無塵室環境的問題。

2.1.1.4 Applied Material Mirra-Mesa CMP

美商應材 CMP 已將研磨機台 Mirra 與後清洗機台 Mesa 整合為乾進乾出之 CMP 製程設備。雖採用傳統旋轉式研磨運動方式，但以獨特之浮動式研磨載具 (Titan) 與終點偵測技術，宣稱可使 CMP 過程中 copper dishing 與 oxide erosion 的程度降至最低。Titan Head 浮動式研磨載具，可獨立調整晶圓研磨壓力與施加在研磨墊之保持環壓力，以控制研磨壓力的分佈，並在 Cu CMP 時控制在極低的研磨壓力下進行研磨以降低 dishing 與 erosion。

應材專利之即時終點偵測技術 (In Situ Rate Monitor, ISRM), 可即時監控 CMP 研磨狀態，以改善傳統以計時終止 CMP 程序的方式可能研磨過頭，造成金屬導線凹陷的問題，其方法是將雷射光由研磨盤下方透過研磨墊上之透明觀測窗，到達晶圓研磨面，再由反射光譜判讀出表層銅金屬層與防止銅離子擴散之障礙層 (barrier layer) 的差異，作為銅 CMP 研磨終了之依據。其次，EletraClean 獨特的後清洗液與清洗模組，以減少研磨面微刮痕與有效控制缺陷個數的產生。

2.1.1.5 Okamoto Machine PNX 200

PNX200 採用有異於傳統旋轉研磨運動方式 (圖 5), 將晶圓研磨面朝上吸附於研磨載盤上, 以旋轉中、直徑小於晶圓直徑的研磨墊在研磨面上來回研磨, 研磨液則從研磨墊預先加工之四個孔位噴出。這種設計最大的優點

圖 5 PNX 200 研磨模組

在於縮小機台佔地面積、便於光學式終點檢測裝置的安裝, 並減少研磨液用量。但因晶圓研磨面並非完全被軟性研磨墊所覆蓋, 是否會因壓力變動而影響其研磨品質值得關切。

2.1.1.6 Strasbaugh Symphony

Symphony 機台 (圖 6) 以推出數年, 在三組研磨盤可交互研磨之設計理念下, 確實可滿足銅 CMP 多道研磨道次的需求。最近也可代客規劃整合其他廠家之後清洗設備, 如 OnTrak, 成為乾進乾出之 CMP 設備。

2.1.2 CMP 發展趨勢

參觀此次 SEMICON West2001 多家 CMP 製造廠商, 無不以開發乾進乾出 CMP 機台、整合
研磨終點技術及縮小機台佔地面積為共同之目標。

圖 6 Symphony CMP 全機布置。

乾進乾出之 CMP 設備，能夠將 CMP 以往被認為對半導體製程中高污染源的製程設備完全整合至（如黃光區等）高潔淨需求的環境之中。其關鍵性的技術即為 CMP 後清洗技術，而目前而言主要用以消除表面微粒污染之方法主要還是採濕式作業，而無論採 PVA 接觸式 SCRUBBER 或非接觸式 MEGA SONNIC 清洗方式，各有居領導地位之供應廠，而如何針對客戶之需求，將不同廠商之後清洗設備整合至 CMP 機台，成為新型 CMP 設備是否為市場所接受的基本條件。

雖對半導體製程而言，目前終點量測技術皆未達完全實用的階段，但所有 CMP 設備供應商仍無不投注心力，全力發展出性能可靠且能適用於不同製程需求與研磨對象新的檢測方法，並將整合至 CMP 設備之中，期望能提高產品量率、縮短製程時間與提高生產力等之競爭優勢爭取及主導市場。

2.1.3 CMP 的耗材

CMP 主要耗材有研磨墊、研磨液、Carrier Film 等。研磨墊材質為聚亞氨酯(polyurethane)，具有多孔性之顯微組織，以利於研磨液的流通與附著。一般而言硬度較高的研磨墊其全面平坦化效果較佳，而軟性研磨墊對於晶圓表面起伏之適應性較佳，而得到較佳之膜厚均勻性。目前以

Rodel 產品之市場佔有率為最高，如 Rodel IC1000、IC1400 (SUBA IV 與 IC 1000 貼合) 等。供應商可經由指定，提供不同尺寸與形狀。

研磨液依研磨對象而不同，用來研磨氧化矽之研磨液含有約 30% wt 之 fumed or solution frown silica 顆粒，顆粒大小約 30-200nm，以 KOH 或 NH₄OH 為懸浮穩定劑(Stabilizer)，酸鹼值約為 7-11PH。研磨金屬(W/Al/Cu) 層之研磨液則含有氧化劑(Oxidant)及研磨顆粒(Abrasive)。研磨顆粒為含量約 > 6% wt 之 Alumina 或 silica，顆粒大小約在 100-500nm 間，氧化劑如 Fe(+3)、H₂O₂、KIO₃ 等，酸鹼值 > 4，如針對 Cu CMP 則需再添加生成銅保護層的添加劑如 BTA (Benzotriazole)。

為減低 dishing/erosion 的產生以及 CMP 控制容易，目前業界多採用兩階段式研磨方式(2-step Cu Polishing Approach)，第一階段以障礙層(barrier layer)為終止層(stop layer)將銅磨除，第二階段再將障礙層磨除。研磨液主要的廠商有 Rodel、Cabot、Fujimi 等。

另外，3M 公司已研發出表所謂無研磨液 (Slurryless) 的研磨方式，即在研磨墊上埋入研磨顆粒，研磨時在加入去離子水或純化學液，以減少微粒的殘留，這種研磨方式具有可免除研磨液及供應系統的耗費、不必過濾研磨顆粒大小與監測與可不需研磨墊整平作業等優點。

2.1.4 周邊設備

終點偵測技術(End Point Detection)

目前研磨終點偵測技術有線上(On Line)量測與即時(In-situ)量測兩類。線上量測是將薄膜厚度量測儀器整合至 CMP 機台，當晶圓完成 CMP 初步研磨後，移入量測儀器進行膜厚度量測，CMP 研磨結果再經由主控電腦研判是否晶圓需重新移入 CMP 研磨模組繼續研磨，膜厚度量測可直接在水中進行，如 NovaScan 210 膜厚度量測儀。

所謂即時量測是以一個或多個物理量感知器(Sensor)，如電流量測、光學反射、干涉條紋、溫度量測等，將晶圓研磨狀態的改變，即時地轉換為電子訊號顯示出來，以作為 CMP 研磨終了參考。

目前鋁製程所使用的光學技術，無法直接使用在銅製程上。因為銅製程的研磨對象為銅金屬，是不透光的材質，先前鋁製程針對氧化物等非金屬層的研磨終點偵測技術就無法使用在銅製程上。目前各家廠商均紛紛發展各種終點偵測方式，如 Eddy Current，atomic force，Opto-acoustic technology，laser 等等方法。

2.2 Andrew NDT Engineering 公司

Andrew NDT Engineering 利用 Eddy Current Method 發展銅製程終點量測技術。其產品包括探頭(可依需求塑造成不同大小尺寸)、放大器、控制軟體，搭配成整套系統。使用前需先將標準試件厚度值量測輸入資料庫，以做為未來量測所得資料的參考依據，而研判出目前的金屬薄膜厚度。其所允許量測速度為 28 feet per second，可以在研磨過程中，隨時監控目前的研磨厚度，而避免超磨或研磨不足的情況發生。目前該公司正與 Applied Material 簽約合作中，因顧慮其技術遭其他競爭對手瓢竊，基於保密理由，僅能當面與其工程人員討論問題，無任何書面資料提供。

3.效益分析

半導體是近來成長最快的產業，各家廠商無不全力發展新技術，以增進產品效益。感於科技日新月異，從事研發工作者需時時掌握最新科技、商情資訊與市場動向，以便掌握先機，同步發展。

此次參加 SEMICON West2001 半導體設備展，觀摩世界各國各大廠商在 CMP 研磨設備、相關周邊、零組件及耗材等最新發展現況與商情資訊，並再會場上與參展廠商相互討論交換心得，以及參訪 Andrew NDT Engineering 公司瞭解其利用 Eddy Current 做為終點偵測技術。相信經由此次參訪對於研發中及後續之 CMP 研磨技術開發助益匪淺，更確保研發

方向與成果能符合未來發展與市場需求。

4. 國外工作日程表

日期	公差地點	工作項目	主要內容
90/07/15	桃園 -舊金山	當天抵達舊金山	
90/07/16	Froment	參訪 Andrew NDT Engineering 公司	至 Fremont 拜訪 Andrew NDT Engineering 公司，進行渦電流式感應器應用於 CMP 線上即時終點量測技術討論。
90/07/17	舊金山	參訪 SEMICON West2001	參加半導體設備及材料展覽會(前段設備)，著重於終點量測模組商情尋找及整合技術可行性探討。
90/07/18	舊金山	參訪 SEMICON West2001	參加半導體設備及材料展覽會(前段設備)，著重於 CMP 整體發展趨勢及 CMP 後清洗機商情資料及整合可行性。
90/07/19	聖荷西	參訪 SEMICON West2001	參加半導體設備及材料展覽會(後段設備)，著重於蒐集晶圓傳輸設備 (FOUP, Mini Environment) 及自動控制零組件商情資料，以供未來設計應用。
90/07/20	舊金山	自舊金山搭機返國	
90/07/21	桃園	返抵桃園	

5. 社交活動

此次行程安排參訪 Andrew NDT Engineering，其公司位於 Froment，靠近矽谷。在這裡有許多的小公司，其成員大部分都是由幾個工程師合組一家公司，他們有了某種新的想法，於是共同努力不斷的研究希望能將其想法實現而獲得大公司的青睞。Andrew NDT Engineering 公司的工程師來自世界各地，有越南人、台灣人、印度人等，負責招待的人員表示，因為來自不同地方的人，其生長教育環境的不同，會有不同的觀念，因此當這些人聚在一起工作，凡事可從許多方向思考，而不會侷限在某一狹隘的範圍，如此一來就很容易產生全新的概念，這或許可以說明美國在科技上的成就是全世界有目共睹的。

6. 建議事項

此次 SEMICON West2001 半導體設備展參觀幾家 CMP 供應廠商新機型，瞭解到 CMP 最新相關技術及未來發展趨勢，總括來說有以下幾點：

1. CMP 研磨已傾向低壓力高速率的工作模式：低壓力可以提高研磨效率，高研磨速率可增加研磨移除率及平坦度，尤其針對金屬 CMP，為防止金屬導線為刮痕的產生更需降低研磨壓力。
2. 研磨載具的設計為 CMP 研磨之關鍵技術之一，各家廠商均全力發展新型晶圓載具，在極低的研磨壓力工作條件下仍能精確控制研磨壓力

分佈，此外降低晶圓邊緣磨耗區大小，亦是設計重點所在。最新設計趨勢有晶圓分區施壓、浮動式晶圓載具，研磨壓力與保持環施壓獨立控制等。

3. CMP 機台與後清洗設備完全整合，以達到 CMP 前後晶圓保持乾燥潔淨的狀態，以防止晶圓遭受污染，影響下一道次的良率。
4. 終點偵測系統已成為 CMP 機台不可缺少的附屬設備，尤其 STI CMP 與 Cu-CMP 對研磨終點偵測的需求更為迫切。而銅製程的終點監測系統不同於傳統鋁製程的技術，需要研發不同的方法來達到終點監測的目的。
5. 剛性研磨與不使用研磨液之新型 CMP 研磨方法漸受市場重視。

參訪大型展覽會可實地觀摩各國 CMP 設備供應商之最新產品及相關技術，瞭解最新之技術發展趨勢與市場動向，相信對本院軍民通用科技案之 CMP 設備研發之未來發展提供絕佳的諮詢，而商品資訊與商情的獲得更可以運用現有的商品元件於研發當中，使研發工作事半功倍，縮短研發時程，提高研發效益。