

機械業在半導體產業之機會

引言人盧定旭：

歡迎大家參加今天的浩然講座研討會。浩然講座是由交通大學思源基金會所主辦，同時由交通大學製造與熱流研究中心協辦。這是一個精密機械與自動化系列的演講，今天的演講主題是「機械業在半導體產業之機會」。

最近在天下雜誌中，報導了半導體的發展過程。差不多在二十年前，政府開始發展電子工業，經過艱苦的二十年，到今天半導體產業已經是台灣首位的明星產業。這裡有些數據要告訴各位：半導體產值在1992年佔全世界的0.45%，在1993年產值佔全世界2.5%，增多了將近五倍；預測在1994年以後三年內，半導體的投資金額可達兩千億台幣以上，還不包括其所帶動的週邊設備。所以可以想像半導體產業規模之大，而台灣目前也是全世界製造半導體第五大國家。

半導體產業算是一個跨領域的產業，它裡面包括了電子、機械、控制、光電、化學及材料，還有一些機械方面的，像熱流、精密機械與自動化。所以這是一個技術密集與資本密集的產業。

台灣目前半導體產業是非敘蓬勃，不過仍僅致力於製造方面以及一些加工，對於半導體製成方面的設備、檢驗的設備，裝封的設備，大部份機械都是向國外購買，對於我們技術的提升，受到非常大的限制。不久就要邁入第二十一世紀，台灣若要在全球半導體產業爭到一席之地，得要好好的規劃一下。比如在機械方面，我們對於半導體製程的設備，是不是要好

好規劃一下？所以今天我們藉著這個機會，有國科會代表、產業界代表，還有學術界代表，大家聚在一起，進行這場演講，之後還個小型研討會，希望能讓大家交換意見，共同規劃出一個方向。

第一場演講請到國科會工程處何有忠科長到此演講，何科長是國立台灣大學結構工程博士，曾任陸軍總部工兵署設計工程師，中山科學院機械所技監，及國科會工程處科長迄今。他在國科會內曾經參與產業界的多項合作計畫，像「半導體設備」、「微機電系統科技」、「高精密產業自動化」、「太空科技」等，協助產業界不遺餘力，且經驗豐富。今天他所主講的題目是「發展微機電系統科技規畫」，現在就歡迎何博士。

何有忠：

今天很榮幸在這兒向各位報告國科會在推動機械業與半導體方面的主要項目。首先我們要知道，機械在半導體的機會，一個就是機械參與半導體設備製造，另一個就是配合潮流，像IC把電腦縮小成微電腦，把通訊器縮小變成大哥大一樣，我們也嘗試機械縮小，變成微機械。

雖然我們的機械業現在非常蓬勃，但是諸位也發現到，向上發展的空間有限，後面又有許多追兵想往上擠，機械業若不思考另外的方向的話，一定很快就會被追趕過去。如果說配合台灣最有利的半導體產業，大家一起工作，就會增加許多商機。長遠來講，半導體產業需

要設備工業的協助，設備不是一拿來就可以用，一定是要做某種程度的修改，所以非常需要這方面的人才。另外一點就是，如果把機械IC化後，可以擴大市場商機，除了實現環境的取代外，還有許多其他的機會。

今天的演講就針對這兩部份來討論。第一部份有關半導體製程設備方面，我會講得比較少，因為半導體製程設備不只是機械問題的而已，它是個很大的問題，國科會在這方面已經有相當大的突破，而且最近配合IC場換裝buses，更形成一個有利的環境，等到比較具體以後，再向大家做個報告。

有很多人問說：「台灣能自己發展設備嗎？」其實我們不是要自己發展設備，而是要協助IC產業讓設備資源合作。因為即使日本也不是獨自發展，也是廿年前從國外引進，和外人合作，才有今天的局面；而韓國亦是如此。所以台灣今日第一優先要做的，就是人才的培訓，以及促使外國廠商到國內設廠，跟這裡廠商合作。等到設廠以後，或是我們能熟悉操作這些設備以後，要怎麼發展，那就再看環境而定。

據我所知，現在還沒有人敢說，他能做個一套設備。我們希望學術界能協助規劃出一個雛形系統，才有能力去工作，才有能力去承接國外轉移過來的技術，才有能力去創造現在市場上所沒有的設備。現在台大、交大、成大規劃成立一些不同的設備，讓學生也了解一下，什麼是半導體製程設備，因為有設備才有技術，沒有設備，什麼都不要想，是無法憑空想像的。

諸位可以回想十年前的電腦繪圖，一套系統就要一、兩千萬，沒有人會去用這套系統。等到PC與AUTOCAD出來後，五到十萬就可以買到手，一夕之間，繪圖桌就沒有了。現在諸位很少見到繪圖桌，全部都是用AUTOCAD。這也造成了一個困擾，以前電子業要請機械做一個設備時，只能隨機械索價，因為懂得的人不多。現在你隨便要一個東西，他都有辦法做出來，而且代價比一頓中餐還少。這也是機械業要小心謹慎的地方，生產一個新的產品，你一定要搞清楚，你有利的地方在那裡。

因為現在IC就等於money，所以大家都很有興趣。我們國家實驗室，像高速電腦中心，

也極力在IC製程方面和設備方面努力。另外，精密儀器中心也致力於這方面的人才訓練。

再來報告微機電系統這一部份，就是我們如何把機械IC化。我會就現在全世界微機電系統的發展現況，包括它在市場上競爭的潛力、主要產業應用微機電系統產品的現況、微機電產品潛力應用領域、微機電產品的分類、微機械產品材料與製造方法、微機械研發之技術優勢與困難這六部份，以及先進各國微機電系統研發現況、我國微機電系統發展現況，向各位作個報告。

壹、微機電系統發展現況：

微機電系統就是 Microelectro mechanical System，簡稱MEMS，本來應翻作「微電機系統」，但是從實際利益來看，把東西微小化，在電子方面已經做了許多，像把電腦微小化、把通訊器微小化。現在輪到了機械，而且這個領域做的還是以機械為主要導向，所以就將機械放在前面，故稱微機電系統。

一、市場競爭潛力因素：

1、未來二十一世紀對智慧型自動化生活型態的追求，將引致大量感測與致動器的需求。日本有所謂的智慧型大樓，能夠感測陽光和風動而有所動作。但仔細一看，他的牆都是兩面牆，中間放了許多actuator和sensor，這是非常不實際的，那有為了追求理想而作了兩面牆？如果用了微機電以後，可以把這些actuator和sensor縮小，或用buses傳送，問題就可以解決了，而這些人所追求的理想必可以實現。

2、結合IC設計模擬技術，減少了微機械研發成本和時間。在十幾年前，各國就開始在做微機械，但都認為不可行，因為做不出什麼東西。可是現在不一樣了，隨著IC設計模擬軟體的出現，要做微機械就變得很容易，而失敗率很低。

3、結合IC大量製造技術，產品製造成本大幅下降。現在IC製造的方式，就可以直接生產微機電系統。諸位都見過IC吧！486一塊IC成本只要8塊錢台幣，但可以賣到四千多元台幣，所以會有人說IC就等於money，其間的利潤，可見於一斑。

4、結合IC智慧型功能，更有效減少使用

障礙。很多設備雖然很好，可是沒有人會用，但是有了IC以後，就有了智慧型的功能，怎麼按都不會錯，它會幫你做判斷，你不需要再做複雜的思考。

5、尺寸縮小的微機械產品，擴大使用範圍。以前很多想放卻不能放sensor的地方，在尺寸縮小後，現在都可以放置了。能夠感測環境，控制品質的提升。所以在F16戰機提升計畫中，所要提昇的就是航電系統，意即在尺寸縮小後，把以前無法放進去的東西都放進去。

以上這些理由說明如果把機械IC化以後，則微機械將有相當大的市場潛力。所以我說，微機械所顯示的智慧型、低價位、低材料消耗、微尺寸等有利性能，已明顯衝擊現有精密機械產業（250億美元/每年），成為新一代精密機械的明星。

二、主要產業應用微機電系統產品的現況：

1、國防與航太工業：是最早發展微機電系統的工業。我在中科院的時候，大家就在注意精靈炸彈的方向導引，也就是微型光纖陀螺儀，就在IC上做，做出來的一塊只有幾塊錢美金，然後把他裝在炸彈的末端，就很容易擊中目標。另外在飛機的燃油、航速測量上，壓力計是一定要有的，以及飛機上的航電與其他導引系統，都是應用的重點。

2、汽車產業：加速器是3億（美元/每年）的產值，微壓力計則是5億（美元/每年）。利用微型加速計的有：加安全氣囊的控制器（+50g，型號ADXL50，使用BiCMOS與深溝蝕刻製造彈簧片，ODE製造質塊），和懸吊系統控制器（+20g），以及ABS防鎖、煞車控制器（+1g）；利用微型壓力計的則有：引擎燃油控制（MAP原\$400，現在只要\$10元/每個）。FORD是自己做微型壓力計，Delco是替GM做，Motorola是替Chrysler做，Nippon是替Toyota做。所以進到微機械這個領域，除了原來的精密機械以外，IC的引進使得競爭更加激烈，你不做，別人也會搶著做。

3、醫療產業：微血壓計的產值是（10億/每年）（原型每件600美元，微型已產製1700萬件，每件價值60美元），而體內感測器則是（3億/每年）。

4、消費電子產業：微型感測器Honeywell產值5億/每年，年成長22%。

5、半導體產業：我們也使用很多微型流量計。

6、其他。

三、微機電產品潛力應用領域：

1、顯微外科手術：利用微致動器感測器協助手術。

2、DNA複製：利用極小的微泵與微閥，很快的升溫降溫在96度C上下，以完成複製的過程。

3、光學影像處理：微鏡片組。

4、紅外線成像：微熱感計。

5、生命警示系統：化學感知計。

6、通訊開關：微繼電器。

7、光纖接線：微接線對準盒。

四、微機電產品分類：

1、致動器：微馬達、微夾頭、Micro-grippers、微機械手、微鏡片組。

2、感測器：微加速計、微壓力計、微化學感知器。

3、其他：微紡口、微噴墨頭。

五、微機械產品材料與製造方式簡介：

1、材料：半導體元件材料矽、鋁、鈦、鎢、皆是微機械材料，具有導電、絕緣、壓電、熱電與有機各項性能，足以構組微機械各項工作原理。

2、製造方式：如ZnO噴濺在矽表面提供壓電性能、熱電材料則由CVD沈澱法處理，對馬達、加速儀、等需高方向比結構件者，深溝蝕刻（trenchetch）可提供至15：1而LIGA光蝕刻達400：1。

六、微機械研發之技術優勢與困難：

1、優勢：它有成熟的IC及機械設計模擬軟體。

(1)ICCAD有：

IC

MEMS

SPICE：模擬用

SUPREM：

預測製程之結構與尺寸

定義精確尺寸

PISCES：預測元件電場

預測元件電場

(2)機械CAD有：Abalus、ANSYS、Nastran

、SDRC、Matlab具圖形、應力、與位移估算。
 (3)MEMS專用(結合IC與機械用CAD):
 MEMCAD:由MIT與INTEL、TI合作。
 CAEMEMS:密西根大學發展出來,可將材料模組化。

2、困難:MEMS與IC有相同之難度。

(1)非標準IC的製造程序。

(2)IC、機械、結構三者耦合。

(3)電漿蝕刻之製程殘餘應力,使材料性質改變。一旦材料性質改變,便無法先預測我要做的東西,也就是你要求做的東西,我不見得做得出來。

(4)無標準檢視製程中,材料變化的方法。

貳、先進各國微機電系統研發狀況:

一、研發單位與投資額度:

1、歐聯(德、荷、瑞、法、英、瑞典):
 每年約2億美元。

2、日本:工研院(Ministry of International Trade and Industry),簡稱MITI,每年2500萬美元(1994-2001年)。工業界每年7500萬美元。

3、美國:ARPA(Advanced Research Projects Agency)在1992年投入2000萬美元,1993年增加為2200萬美元,到了1994年更激增至5500萬美元,由此可知其重視的程度。如ARPA每年投入450萬美元在開發汽車用安全器囊用加速計。其他投入研製產品有:DNA複製、加速度計、微GYRO、光纖接頭等約三十件,另外向NSF(National Science Foundation)、BSAC(Buckly Sensor actuator center)等每年可獲得200萬美元的投入。

二、各國工作重點:

1、使用共用設備中心,使研發經濟效益提昇。

2、建立標準及低價位生產技術。

3、建立E.V.等材料特性模式檢測技術。

4、建立微機械與應用系統標準界面。

附註一下微機電系統科技共用設備中心需求,

ETCHING	約500萬元
LPCVD	1000萬元
LITHOGRAPHY	1000萬元

高溫爐	200萬元
真空爐	200萬元
無塵室	500萬元(20坪,1萬級)

以上皆為IC產業換裝舊品。

參、我國微機電系統發展現況:

一、優勢:

1、IC產業換裝,舊品或可裝備必要之共用設備中心:與製程設備研製中心合用。

2、成熟的IC設計製程實務環境。

3、成熟的精密機械系統實務:工具機佔全世界第七位。

4、國際合作機會:Berkly大學、華美半導體學會願與本會合作。

5、未來製程設備人才可協助專用機研製。

6、產、官、學、研整合:國科會成立推動小組,與工研院及產業界關係密切。

7、南部科學工業園區微電子精密機械專業區的規畫:有心之士可至該處設廠。

二、困難:

1、具共識之系統發展策略仍須具體研擬。

2、無共同設備中心,原型研製困難。

3、各領域研究人才整合不易。

三、本會駐金山科學組建議與柏克萊大學洽談微機電系統合作辦理現況:

1、工程處已籌組微機電系統推動小組,進行現況調查與分工合作計畫。

2、請科資中心收集相關資料。

3、於本會與NSF年會提合作需求。

4、協助微機電系統協會邀請柏克萊大學教授來華講學。

5、籌組學術團隊赴美柏克萊大學洽談微機電系統的合作。

簡單講就是要發展出一個成熟的東西,總要先知道一些基本的knowledge,再進行中西合作,才有條件knowhow,才有創造力,才有自主經營的能力,我的演講就到此告一段落,謝謝各位!

引言人盧定旭:

接著是由牛堅實,牛總經理演講。牛總經理在研究所讀的是電子工程,曾服務於Fairchild、Intel、Sharp Corporation,而

後創立systematic Designs, Inc. (簡稱SDI)。
。今天他所要演講的主題是「機械業在半導體
工廠自動化之角色」，讓我們一起歡迎他。

牛堅實：

現在園區很多公司都在建新廠，且對自動化的需求都非敘高，所以我想根據我們過去在日本做自動化，以及我們在做園區聯電三廠所累積的經驗，無論是關於運送的系統或是機器，所有的設備層面、人與機器的界面或是機器之間需要同步的地方，在這方面的經驗與大家分享。

在此我想先分析一下，在半導體界，對自動化的定義以及整個作業流程，再介紹半導體自動化所用的東西。在兩年前，大部份的半導體廠，都屬於 manual mode 的工廠，它們系統的上面有個電腦主機，可以做機台的控制以及機台參數的設定與物料的搬運等。故此種生產的模式，我們稱為 manual mode，而現在我們進一步把 intelligence 加進去，並且跟機台做了介面之後，很多機台的狀態我們都可以收集，而機台所需的參數，也可以由電腦送給機台，做到此步之後，我們就叫做 semi-auto mode，如此一來，我們可以送參數進入機台，也可以接受機台所送出來的參數，剩下來的，就是我們如何把物料搬運到機台的前面。搬運的方法，現在有所謂的 Inter-bay 與 Intra-bay。Inter-bay 的定義是在半導體的生產環境內，每一個地方的工作區都是固定的，故每一個地方都是一個 bay，在 bay 與 bay 之間做傳送叫作 Inter-bay，在一個 bay 之內，把物料傳送到設備前面叫作 Intra-bay，而以此種模式運送物料，我們叫作 Fully-auto mode。

現在我要先做一些定義的解釋，待會有一些 diagram 再澄清剛才我所講的 definition。在一個半導體的生產線上，它的 operating sequences (意即線上的 operator，他到工廠上班後，他在生產界面前所做的生產工作) 通常 operator 進了 Fab 之後，他得知道我們現在要做什麼東西，例如說若這個設備現在是 free 的話，我要去找一批貨給這機器工作，所以他會有一個 decision 的動作；在半導體裡，我們定義這一批貨為一個 lot，找到此貨在什

麼地方後；而裝這種 lot 的 carrier 是叫一個 cassette。而這個 cassette 只能放在一個盒子裡面，故在 Fab 裡面，他會在架子上或地上去找，找到之後，把它 transport 到設備上，然後再根據此是何種產品，而做那一步驟；而在機台上面，我們也得先對機台做設定，設定好之後，才開始所謂的 process。

在 process start 之後，製程中，我們有各式各樣的資料收集，如果現在我想要做量測的動作，在傳統的量測機器，是以人去做量測，再把量測好的資料抄錄下來，然後輸入電腦內。而現在做了自動化之後，這些所需的資料，都會自動收集，然後傳入電腦內，再根據這些量測的結果，我們可以知道這些做出來的產品是成功還是失敗。當然，在製造的過程中。設備可能會出現溫度不夠、壓力不夠等問題，這些情況，機台都可以將 alarm 的訊息送出來，再進一步將其排除。

若做一個 summary 的話，在 manual mode，所有的動作通通都是由線上的 operator 自己去作決定，去找到東西、去 process；而 Semi-auto mode 是說，一旦設備接上去之後，我們可以知道所有設備的狀況和物料存放的地方，所以可以自己來做 schedule；我們也可以知道現在那一批貨在器材上面，根據它在電腦儲存的參數，自動將其送下去，故 Process Start、Process Data Recording、Pass/Fail Decision 與 Alarm Handling 通通可以藉由電腦來處理。當然這裡有會有 exception，例如晶片的破損，或者傳送系統的 server 壞掉，這些故障的排除，還是需要 operator 的協助。而走到 Fully-auto 後，則所有的 transport 都是由機器人來做。

在半導體的機械化中，傳統的系統，是屬於純粹的機械，然後會附帶一個 control 的系統。另外在 process 時，物料被傳送到設備前，再開始處理；但是，因為這些設備不是用來 automation (自動化) 的，它純粹是根據它們在半導體方面製程技術來發展，故在人機界面上，並不是做得常好。

接下來我要講的，還是與機器有關，是在自動化工廠裡，我們會碰到什麼樣的元件，以及其順序發展的意義，在開始講之前，我們定義所處的工作區叫作一個 bay，而其中間的

cell controller會自己去算，下面一步應該要去做那一批貨，然後去找此批貨的製程，看看到底有沒有被定義，或是這批貨，是不是該在這裡做，若是的話，就叫機器人去搬；等機器人搬到設備後，此機器會說我收到這一批貨啦；而根據收到的貨，我們將生產的參數送下來，等內部的狀況都設定好，就開始process。最後設備會把量測的資料及生產過程中的參數，報告給電腦系統，接著就會要求系統，等此貨品完成後，將這一批貨搬走（move out request），然後再送一個資料給電腦，讓電腦去通知傳送系統，說你現在可以moveout了，這就是整個作業系統的順序。

現在我想另外補充一下，有關於半導體廠生產線的配置圖。進到工廠之後，這每一個方塊代表一個工作區，這種方塊叫作stacker，在stacker與stacker之間傳送，這中間的loop叫作intra-bay transport系統；下面的工作完成之後，可以到上面的那一個系統，這是inter-bay。而中間的那一個loop（inter-bay），各個工廠使用的方式不同，有的用超導，也有的用air（在軌道上鑽個小洞，把air推出來，故軌道上幾乎沒有阻力）。

講到人機界面或是機器人與機器人之間，除了整個傳送系統之外，一般來說，AGV與人access物料的方式，通常都不很方便，如果equipment access AGV 或人，不能很容易把cassette 放進去（不管是角度的原因或是他上面的 access area 不夠），我們可能會在前面加一個inter-bay的unit，就是所謂的loading、unloading station。人或是AGV把這些東西放上來，這個上面會自備一個機械手臂，此機械手臂有可能是四軸的，或是六軸的；若想要將物料放進的設備較複雜的話，通常我們會選擇六軸的機械手臂，因為它可能得先轉一下，再扭一下，才可以進得去設備裡頭；以目前來說，大概有一半的設備，前面都會加loading station。

講到要放置的東西，我們就得考慮位置與空間的關係。若是人去放的話，人就可以去評估，這兩位置在什麼地方我就放上去就好啦。但若是給機器去放的話呢，因為機器人是靠旋轉，它移到某一個地方就得轉過來，故這邊的寬度，就得考慮！而高度也要一併考量。像韓

國三星，當初在建新廠時，是工廠先蓋好，設備也買好後，才考慮由機器來做全自動的問題；而我們機器人station它的整個身高的範圍，就有一個極限，所以你這一工作區買的設備，它的自高的機台與最低的機台，不能超過一個極限的擇而韓國三星第一次做自動化時，就遇到這一問題。所以在做自動化的規畫，並不是說廠子的觀運、與廠房設備的layout之間，通通得做一併的損壞量。

現在我想介紹一下全世界，除了歐洲之外，對自動化的走向。一般來說，講到自動化通常會有一個主機系統，做上層management的名資料收集與控制；而下層，有Inter-bay與Intra-bay的控制以及所有處理設備的控制。現在有一種新的技術，我不需要整個廠做class 1的clean environment，只需要每個設備保持clean，每一個cassette也都是裝在clean的盒子裡，那麼在工廠裡，每一個機台通通都是獨立的，是密封式的，這種叫作 standard mechanical inter-bay 的unit，我們現在已經可以做到此技術了。為配合此種要求，我們在做自動化時，通常會考慮這五項：MES、SMIF、MCS-Inter-Bay、Tool Control、MCS-Intra-Bay。在manual-mode，我們只需應用到MES與SMIF這兩種，而在semi-auto mode時，有些廠會把inter-bay放進去，故它包含了前四項，而Full-auto mode 則是五項都要考慮進去。以廠房最上層的主機系統，是所有動作與製程所必須的，故任何國家在此項上都有。而以inter-bay來說，也是幾乎大家都有自己的標準配備；而以所謂的機台界面，以美國來說是比較差的，在日本、韓國、台灣反而比美國做的好。不過在美國以AGV而言，除了intel之外，所有公司已經不採用AGV啦！若是所有的產品，都是標準產品，用AGV來deliver，是比較簡單的，一般像Memory、DRAM與SRAM，都屬於這一類的產品，而這些產品，大多是由日本、韓國、台灣來做的，像美國除了一家公司之外，其他都不做Memory的東西；它們所做的產品，都是像CPU等比較複雜的東西，而這些產品，以AGV來deliver是比較不容易的，因此美國廠商通常不考慮AGV。

至於採用何種傳輸的方式，通敘不是取決

好、對於technology,例如以韓國與日本而言,它們的operator在操作時,會一步一步按照程序來操作的範圍,而且不會在工廠內講話,故它們不會要求完全的自動化,因為有些工作還是可以由訓練有素的操作員來操作;而台灣的工廠則不一樣,我參觀過有一些工廠,曾經見過operator在廠內摔跤的呢!所以要使用較高層次的自動化,以減少搬運、操作上的疏失,或是不小心造成的灰塵,而損壞了產品;美國的情況,也差不多,其員工的服從性較差,故也需要較精密、高要求的傳輸工具。

接下來,我想介紹一下國內IC廠的經營與排名。我們看到TSMC今年在sales上,可以做到1個billion,而聯華、華邦都在後面追,它們幾個也都要蓋新廠;根據它們幾個新廠的開始營運時間,都可能破上面的紀錄。這些數目代表一個意義,那就是半導體業都很有錢,光看它們的profits與sales就知道啦!在有錢時,就會將錢花上去投資,若你要一個廠去討論自動化,以半導體而言,例如一個八吋的晶圓,如Intel pentium 586的chip,每個chip賣400~500塊錢美金,若一個wafer上面可以擺100個,則就有40,000元美金,若一個盒子裝25片,就是1,000,000(一百萬美金),若是線上的operator一不小心跌倒了,一百萬美金就泡湯啦,所以新廠當然要用自動化。還有另一個原因是八吋的晶圓很大,連物料加起來大約3到4公斤,故當人員在裡面,穿著太空衣,帶著手套,我本身在裡面30分鐘就受不了,所以operator在不理想的環境內工作,很容易會出狀況。雖然台灣的工廠,因為cassette的搬運而砸碎、掉落破損,並沒有統計數字,但是我知道某一廠,光單單一區的某一機台,其operator在十個月之內設錯的參數就有500片之多,故若是錯整個廠全年的話,必定超過1000片mishandling。

以TSMC、UMC的現有廠房而言,在主機系統上,大家都是由人為來操縱的,再將製程鍵進去,故MES這一部分各廠商一定都有;在工作區與工作區之間的傳送,UMC與Macronix是台灣最原始的兩家做inter-bay的;以新廠來說,台積三廠、聯華三廠與華邦的三廠,報紙也在登大同要投資,華碩也要投資IC廠。晶圓場與液晶顯示器的工廠,基本上,都會遇到相同的問題;以LCD來說,台灣目前做得還小,只是3-4英吋而已,六年前我們

在Sharp公司,它們已經在做11吋,現在它們在做17英吋。這些LCD都是玻璃啊,這玻璃絕不可能用人來搬運,全部都是mechanical transport。以inter-bay來講,幾乎所有的新廠都要做inter-bay;再談到SMIF,TSMC當然會繼續做,Winbond與HMC也都在考慮;以AGV來說,聯華大致已經決定了工作區它會用AGV,像Acer與HMC是還沒有決定,而Winbond也是決定要做,故我們看到這個inter-bay的傳送系統幾乎是必備的。一個inter-bay傳送系統,在八吋晶圓廠中,從inter-bay、stacker,不連AGV,全部配置完畢,大概是1,000萬美金,這SMIF,因為它要將每一個設備都包起來,故這些設備全部加起來約1,500美金。而一般一個AGV大約是10萬美金到15萬美金,看你用的是無軌式還是有軌式的;一個工作區,大約是1到3台的AGV,因為台灣的產量做得相當驚人,整個工廠配備下來,以自動化的考量,大概佔整個工廠投資的10%~15%。例如華邦說要建一個500億的廠,其中10%~15%的錢會投資在自動化上面。

假設我們現在做自動化,成立了自動小組,我們到底要考慮那些項目呢?第一個就是SECS(Semiconductor equipment control standard)這個界面,意即電腦與機台,包含這傳送系統之間,所有交談與protocol,這之間conversation的順序都要訂下來,為什麼在semi-auto mode內要考慮這些東西呢?因為在生產線上的每一步驟,不管是在黃光區也好、擴散區也好、離子植入區也好,都要人為去設定or操作它。因此其operator全部都要經過好幾個禮拜的training。但若是黃光區的人請假過多的話,設備沒有人操作,因此你得考慮cross-training,所以在每一個機台前面,若是人與機台沒有標準化的交談方式,常會碰到某一些operator操作的結果比另一些operator好;而現在又遇到人力不足的問題,引進許多外勞,若沒有標準化,一定會出許多問題。所以我們可以考慮在每一個設備前面,將loading的動作電腦化,在semi-automode下,所有的參數會從電腦那兒直接出來,故這線上的operator不需要懂得去操作此機台,只需要知道這批貨要放在機台上的什麼地方,而operator的動作只需去物料部把東西放在機台上,然後按一個start,以後的動作就是由設備與電腦會自動去

配合,故可以減少許多人為的疏失與training的時間。

在自動化之後,生產線上一個很大的改變是,當我們在Manual Mode時,是operator去看那一個機台現在可以動作,然後再去找這批可以被那機台動作的貨,這是由人為去push機台工作;一旦自動化之後,因為機台本身可以跟電腦操作,所以當機台detect到機台內部可以process下一批貨時,這機台會送message給電腦,因此變成由機台去pull,可以節省許多時間,因為若電腦要等人去找物料,人常常會沒注意到哪些機台是available,或是東西找不到。而另一種疏忽是機台也available,貨也available,但沒有人把或貨拿到機台去做,此部分的浪費,大概佔了生產線的5%~10%。另外有另一項統計數字,線上的operator他一天工作八小時,大概花15%的時間再找哪一批貨放在哪?因為在生產區之內,一般大概有一、兩千批貨堆滿工作區,所以operator得去找。

在Fully-automation時,他得考慮的東西就更多了;應該用那一個inter-bay,到底是買有軌式?還是無軌式?每一個設備的空間應該是多少?否則機器人來時,先把物料放右邊,再放左邊時,就會撞到右邊的貨。此外,我們用AGV去取貨,貨由這邊放進去,另一邊出來,所以假使是晶片進去的話,其空盒子是機器去搬運還是人為去搬,也得考量;且在晶片的製程中,我們通常會在某一槽內清洗晶片,但裝晶片的盒子,也應該一起清洗,不然乾淨的晶片放進髒盒子,則失去清洗的效益,所以在原有的設備上,就要再追加,也就是說,除了清洗晶片外,同時這盒子上也要設一些mechanical的動作,讓清洗好的晶片與盒子,再碰在一起,這些配合的動作都相當重要。另外cassette,為了要求精確,我們不希望以人工的方式將材料的號碼再打進電腦裡;而是採用條紋式的讀碼。而條紋式的讀碼也有很多方式,最理想的,是將讀條紋的設備裝在機器上,於是此機器就可以把我們define過的條碼,也就是這批貨的ID,告訴電腦。而此項技術,目前所遇到的問題是,很多種機器,在physically上無法安裝這種讀條碼的設備。

有了自動化之後,我們就可以操縱機台啦

!在操作中,包括有input port或loading port,還有stacker與AGV等,而在工作區之間,有所謂的inter-bay的transport。由這個stacker上到vehicle,到下一個stacker再下來。而在equipment方面,我們不希望等機台處理完這批貨後,才叫Robot把東西拿走,再把下一批貨拿來,因為這中間等待的時間就被浪費掉了。我們可以算一算,現在半導體廠,一個廠約400億台幣,平均算下來每一分鐘約8萬塊美金。所以為了節省時間的浪費,我希望在機台上多出一個input port,且在機台上可以有多幾個地方可以放物料的地方;一旦一批貨做完之後,再請人 or AGV去拿另一批貨的同時,另一批貨可以送進去處理了。所以現在每一個設備上面通常都有兩、三個port,或是兩個input port、兩個output port。而input與output的中間還要有Robot,因為人或是Robot在deliver時,是一次送整個cassette的;而有些設備它在製作時,是waver by waver的,故有時候得借助Robot來搬運。

接下來要說明的流程,與前面講的差不多,只是show一下設備如何告訴電腦,電腦再通知AGV的一個messages equence。當電腦的設定完成之後,一開機,電腦會將manual mode換成Auto-mode,然後他自己會去detect那一個port是empty,detect到後,就會送一個moving request出去:送出去後,cell control會去算,若有AGV,則它就會將貨自stacker送出來,等搬到之後,equipment就會送一個moving complete(我接到東西啦!)這時候,我們把製作的參數送下去,機器就開始製作了,等製作完成之後,機器會將資料傳上來,然後通知電腦,我要move out request,當這批貨被搬走之後,就送一個move out complete的信號,這就是其大致的流程。

而下一張圖,是大致流程的state-diagram。開機後經過一連串的消息後,它就進入available的狀態;等拿到東西後(moving complete),它就開始Ready,並且把參數開始送下去;參數開始送就叫作process,等完成此步之後,就叫post-process,它可能需要內部整理一些資料,然後再把資料送出來,等到move out request complete 之後,它又開始available,這就是

它的state。在任何一個state，若有狀況發生時，可以作mode-change，由auto-mode再變回manual-mode，以上是大致的一個message的state-diagram。

今天我大致是跟大家介紹一下，在半導體界作自動化之後，對人機界面間的標準化，所遇到的問題；對computer science來講，就是在台上的控制方面，對於機械業者來說，就是得想辦法自己做研發的工作，因為目前這些設備，皆是靠國外進口，而最近台灣要蓋十幾座新廠，且日圓不斷地升值，所以不管是在美國or日本，應該有不少廠商，希望在台灣尋找合作的伙伴，不管是在台灣設分公司或是跟台灣合資，從高層次的合資，到低層次的把物料送進來做組裝，都有可能，因此我想若有機會，應該多去參觀別人的自動化，向TSMC有一個show Room，應該是可給你一個新的idea，此外在學的學生，畢業之後，園區的工廠也非常需要這方面的人才，因為自動化的設備裝了之後，他需要有人去maintain loading station或是傳送系統，或是提供傳送系統和loading station的廠商，也需要這些人幫它維修、開發or組裝，這種人才的需求都是非常高的；所以我想藉著各種idea的相互交流再加上產、官、學界的合作，應該是有很大的發展潛力。

問題研討：

A：剛才聽牛先生說，自動化在半導體的設備佔了非常重要的角色，想請問一下，他與一般工廠自動化的要求或是差異性，可否作更進一步的說明。

牛：從美國、日本所做的傳送系統or loading、unloading system來講，由它的目錄我們可以知道它們同時也作許多其他行業，因此在基本的原理上，半導體廠的自動化設備與其他行業沒有很大的差別，唯一不同的就是clean上的問題，要如何處理，使其不會產生particle，以及要有何種的材質，能使機器達到此要求，都要考量！而處理真空的方法，實際上就是要去多臻，所有關節的地方，都要用真空去抽。

A：還有一個問題，再做loading時，那Robot的工作，它是需要可以作一個很複雜的動

作，還是以X、Y、Z三軸的直線型的Robot來代替，這方向性（以X、Y、Z三軸代替可作複雜工作之Robot）是否有可能性？

牛：當初我在sharp，以及在日本作全自動化工程時，那兩個project，所有機器人都是四軸的，他們都只作X、Y、Z的，因為日本的廠商配合較好，因此如此的Robot即可以符合半導體廠的要求，不需要作太複雜的動作；一般而言，這些複雜的Arm，大概佔不到5%。

A：此外我們在發展半導體機器的產品，也會遇到無塵與會不會產生particle的問題；像機器都需要潤滑油，潤滑油的要求為何？還有產生particle的問題；是應該從每個元件上來著手，還是用較大的真空設備，來維護其清潔的環境？

牛：以前我們所講class 1，現在都講subclass，所以class的要求越來越高了，所以應該從各方面來設想，不能全靠真空設備來抽，應該由material產生particle的可能性與潤滑油的原料等，一併考慮進去。至於如何找到information，應該有地方可以找得到，因為這都是別人考慮過的東西，當然不可能隨便找一個機車的潤滑油，要從各方面考量，做到最低particle產生的可能性，然後再附加一個真空器來抽驗！

何：我來補充兩句，客觀來講，在半導體製程的設備上，有很多特殊的考慮，尤其是軸承上的顧慮，不能產生gas，若本身產生的氣很少，產生的particle也少；另外很重要的，是不是會產生熱量，因為兩機械元件一摩擦會生熱，在真空環境下，熱如何散掉，都要考量。

牛：在半導體廠，有一點很重要就是盡量不要有風扇在裡面，因為他完全是靠clean的Air從ceiling上，靠壓力的差別，將Air往下吹，若風扇在內的話，會造成阻礙，所以一般電腦設備，我們都是放在最低位，因為電腦裡會有風扇。

B：請教一下，國內的大部份設備，是從美國或日本買進來的，而這些代理商的角色只是設備的維修。我想請教一下代理商的優勢為何？因為最近半導體廠越設越多，因此半導體廠會否因此而自己來作研發自動化設備的工作，那代理商的生存空間會否越來越少？第二個

問題是請教何先生政府有沒有任何計畫來協助這些代理商，能夠作一些研發的工作。因為我知道國內有些廠，自己有本身的研究中心，不曉得政府有否計畫幫助它們？

何：代理商被穀公司取代的事，這是看起來已經發生，而且情況蠻嚴重的，其實在日本的半導體產業，也是先有代理商，然後再有自己的設備商，這是日本的經驗。而政府協助的問題，我們在南部園區，就設置了微電子與精密機械的專業區，是希望國內有興趣的廠商來此設廠，而政府的輔導，還是以國內半導體廠商永續經營為主，若設備廠商能支持半導體廠商，且支持得很好，沒有理由兩者之間要作對抗；不過我們要引進國外廠商與國內合作，就好像美國or日本與我們合作，當然我們本身也要有一定的實力，如此它才願意來此設組裝廠，且願意請你這裡的人來做維修的工作。故人才的訓練是相當重要的，因此我們盡量用幻燈片或一些目錄，讓你對自動化的設備有一些概念，因為你若是從來沒有見過，實在很難想像。我們這樣作，並非是要訓練operator，而是要學生or教授真得下去看，久了就懂了。回想三十年前我們去看紡織機，就好像我們現在看半導體設備一樣，等到我們環境好，人才有了，商機就自然有了，而政府能做得，就是先維持主要IC產業的永續經營；當然有機會的話，我們會努力讓回國的設備人才，透過國際的合作，以互利互補的精神，使雙邊得到最大的好處，這也應該是抵抗最小的方式。

C:作為一個導體精密機械業者,如何來切入半導體製程的流程呢？

何:機械業切入半導體業，有幾個方向。一個就是我們要把機械產品IC化。主於如何切入這個市場，我想任何廠商都一樣，你要參加投資，必需對系統了解，自己評估到了某階段，覺得可以，自然就會投入；所以說，我們規劃這個共用設備中心，希望比照國外的CENTER，廠商可以成立CLUB來加入我們的共用設備中心；若廠商有興趣，可能一個廠出資五萬或十萬來參加，故這套系統除了讓教授們來研究外，也可以讓產業界來熟悉這系統，如此一來，廠商可以了解到學術界培育人才的情形怎麼辦？對技術掌握如何？再透過產業界對產業經營的能力與他們開發系統的經驗，

我想這是切入此領域的唯一方法。

牛：我先回答代理商生意被拿走的問題。代理商的策略通敘是哪一種產品的利潤較好或哪一種產品有人要買，我就去代理那一項產品。在18個月前，誰也想不到台灣的半導體業會如此蓬勃。我兩年前曾經告訴過一個代理商，要他們留意一下產業界的情形，但是當時他們的態度不積極，所以等機會來時，這些代理商沒有花時間去準備技術上的知識領域，因此在銷售產品時，無法和客戶較紳入的去談，因為在半導體界，不是說單純的這產品長什麼樣子就是多少錢，若你無法自動地去提供廠商一些技術上的諮詢，你自然會被淘汰掉，而且全世界現在都在蓋廠，同一種機台的價位，全世界都知道，若在競爭激烈時，原始廠商他看到利潤沒有了，它可能會因此而砍掉中間的代理商。所以代理商代理產品，要去了解它、行銷它、不能只看有沒有市場，老闆要花錢讓員工去training，不能純作sales。若你也丟一些研發的人才進去的話，一台如此複雜的機台，一定有某一部份是你可以去參與的，一旦它有東西要靠你時，就無法再一腳把你踢開了！如果不能作研發的話，也要爭取到做組裝，從組裝可以學到維修；從維修就可以知道那些東西可以切進去了，協助它做更進一步的研發，若你對半導體的製程有所了解的話，可以想辦法improve機台，像日本的設備一代一代的發展出來，就是因為它們不斷的去跟客戶談，了解客戶使用的問題到底是出在那裡。至於你要如何切入，現在半導體業的景氣很好，你要它讓你在真正的生產區作研發，是很難的，因為半導體廠不願意去冒這個險；但相對的，一些不會去影響它製程的東西，測試區或後段區，這些一樣是機台，也有外國的公司作到全自動。我們可由政府和園區的廠商協調，找一些不是很critical的工作區，與不是很critical的設備，讓台灣產業界半買半送的來研發這些東西。因為現在主力都放在新廠，那些舊廠可以慢慢地把它作到自動化，且那有很多地方可以作test-case的地方。或許我們可以找台積、聯華、華邦這幾個大廠，它們現在都已經有好幾個廠，行有餘力時，我們可以由教授與官方一起合作，帶著廠商一起來研發，我認為一定有人有此動機的。