

行政院國家科學委員會補助國內專家學者國外參訪計畫出國報告

97年10月15日

報告人姓名	林錫寬	服務機構及職稱	國立交通大學電機與控制系教授
時間參訪地點	2008/8/31 ~ 2008/9/12 新加坡/德國	本會核定補助文號	NSC 97-2217-E-009-002
計畫名稱	機械固力與自動化學門E化製造技術運用之現況國外參訪計畫		
<p>報告內容包括下列各項：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>一、參訪經過</li> <li>二、參訪 National University of Singapore</li> <li>三、參訪 Nanyang Technological University</li> <li>四、參訪 Applied Materials, Singapore</li> <li>五、參訪 Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech)</li> <li>六、參訪 UMC Singapore Branch</li> <li>七、參訪 Qimonda Dresden GmbH</li> <li>八、參訪 Erlangen University</li> <li>九、參訪 Siemens Erlangen GWE</li> <li>十、參訪 Institute for Microstructure Technology/ Karlsruhe</li> <li>十一、參訪 Department of Microsystems Engineering at University of Freiburg</li> <li>十二、參訪心得與建議</li> <li>十三、攜回資料名稱及內容</li> </ul>			

## 機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

鄭芳田<sup>1</sup>、蔡得民<sup>2</sup>、林士傑<sup>3</sup>、黃漢邦<sup>4</sup>、林錫寬<sup>5</sup>、洪敏雄<sup>6</sup>、唐永新<sup>7</sup>、黃志良<sup>8</sup>、  
陳仁浩<sup>9</sup>、陳志鏗<sup>10</sup>、陳定宇<sup>11</sup>、敖仲寧<sup>12</sup>、董必正<sup>13</sup>、蕭德瑛<sup>14</sup>、羅裕龍<sup>15</sup>

- <sup>1</sup> 國立成功大學製造工程研究所
- <sup>2</sup> 國立中山大學機械與機電工程學系
- <sup>3</sup> 國立清華大學動力機械工程學系
- <sup>4</sup> 國立台灣大學機械工程學系
- <sup>5</sup> 國立交通大學電機控制工程學系
- <sup>6</sup> 國立國防大學電機與電子工程學系
- <sup>7</sup> 國立台灣科技大學機械工程學系
- <sup>8</sup> 淡江大學電機工程學系
- <sup>9</sup> 國立交通大學機械工程學系
- <sup>10</sup> 大葉大學機械與自動化工程學系
- <sup>11</sup> 國立中興大學機械工程學系
- <sup>12</sup> 國立中正大學機械工程學系
- <sup>13</sup> 國立中央大學機械工程學系
- <sup>14</sup> 國立清華大學動力機械學系
- <sup>15</sup> 國立成功大學機械工程學系

### 一、參訪經過

2008 年度機電能源領域 E 化製造國外參訪團由鄭芳田教授與蔡得民教授共同領隊，成員包含林士傑教授、黃漢邦教授、林錫寬教授、洪敏雄教授、唐永新教授、黃志良教授、陳仁浩教授、陳志鏗教授、陳定宇教授、敖仲寧教授、董必正教授、蕭德瑛教授、與羅裕龍教授。此次參訪的主要目的是瞭解國外大學在製造自動化和微系統設計製造和應用之研究現況，以及介紹我國之研究成果，建立起國際學術合作之管道；另一方面藉由參訪著名的企業，可實際瞭解自動化生產線之運作和先進技術之使用，也可發展出未來可能之國際產學合作之機會。此次參訪共訪問新加坡和德國的六所大學和研究所，以及四家國際企業。參訪團於 8 月 31 日由台灣出發前往新加坡及德國，於 9 月 12 日回到國內，參訪對象包含：

- National University of Singapore：  
9 月 1 日上午參訪 National University of Singapore，該大學位於新加坡西南方，主要之研究特色為智慧型製造系統。
- Nanyang Technological University：  
9 月 1 日下午參訪 Nanyang Technological University，該大學位於新加坡

西方，主要之研究特色為機器人、微系統設計和精密加工。

■ Applied Materials, Singapore :

9月2日上午參訪 Applied Materials, Singapore，該公司位於新加坡東方，主要之產品為半導體廠、平面顯示器廠、太陽能光電廠、軟性電子廠、及省能玻璃廠相關之製造設備。

■ Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech) :

9月2日下午參訪 Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech)，該研究所位於新加坡南洋理工大學旁，主要之研究特色為成型技術、微系統設計、精密加工、精密量測、表面處理等。

■ UMC Singapore Branch :

9月3日參訪 UMC Singapore Branch，該半導體廠位於新加坡東方，主要之產品為採用先進製程控制系統生產各種線寬之 IC 晶片。

■ Qimonda Dresden GmbH :

9月5日參訪 Qimonda Dresden GmbH，該公司位於德國東部的德勒斯登市附近，主要之產品為採用先進製程系統生產動態記憶體。

■ Erlangen University :

9月8日上午參訪 Erlangen University，該大學位於德國中南部，主要之研究特色為製造自動化的研究，強調的是製造單元和自動組裝，同時對軟性電路板和模造連結裝置也有很好的研究成果。

■ Simens Erlangen GWE :

9月8日下午參訪 Simens Erlangen GWE，該公司位於德國中南部的 Erlangen 市附近，主要之產品為各種機具設備的 CNC 控制器與驅動器。同時也使用 Erlangen 大學之相關研究技術以自動化之生產線生產軟性電路板和模造連結裝置。

■ Institute for Microstructure Technology/Karlsruhe :

9月10日參訪 Institute for Microstructure Technology/Karlsruhe，該研究所位於德國西南部 Karlsruhe 市附近，主要之研究特色為物質結構、環境科學、生物醫學、能源轉換、奈米和微奈米系統。該研究所並擁有一同步輻射器。

■ Department of Microsystems Engineering at University of Freiburg :

該大學位於德國西南部 Freiburg 市附近，主要之研究特色為微感測器和制動器之研發和封裝，生醫微系統之研究，精密加工和先進材料之開發，教學上強調跨領域和實作。

各參訪行程之詳細資料及參訪心得於本報告之第二至第十一節詳述。整體參訪心得與建議於第十二節說明，參訪團攜回國內之資料清單於第十三節詳列。

## 二、參訪 National University of Singapore

新加坡國立大學(NUS)為本次參訪行程之第一站，9月1日上午8:20一行16人從旅館搭車前往NUS校區，此行主要拜訪機械系，由系主任周永祥(Prof. Chew Yong Tian)率系上製造組及控制組之資深教授接待與會並簡報，介紹NUS之校況及研究方向與特色，見圖2-1。其中王宗仁副教授(Prof. Ong Chong Jin)負責控制組介紹，黃玉山教授(Prof. Wong Yoke San)負責介紹製造組研究現況。現場與會之NUS人員包括Prof. Lu Wen Feng及Prof. Marcelo Hang Jr.等人。



圖 2-1 (由左至右)王宗仁副教授、周永祥主任、黃玉山教授

新加坡大學之學校制度為英國系統，其特色為由同組教師組成同領域之研究中心，共同使用實驗室空間成為研究群組，其優點為能將研究資源集中，建構成較大的實驗中心，研究中心內有專任技術人員管理，除避免設備重複投資的浪費，也可以聚集相同研究領域的教師共同投入，以產生更多的論文與豐富的研究成果。圖2-2為NUS簡報檔中有關其機械系之組織架構，設有主任一人及副主任數人，副主任協助行政管理、研究及教學課程等事務。其中系內之教學與研究領域分為應用力學、控制、製造、流體力學、熱力及材料等領域。圖2-2中所示之“智慧型產品與製造系統中心”則是整合應用力學、控制、製造及材料等領域之教師共同參與投入。

以製造組為例其研究發展重點包括：智慧型整合設計與製造(Intelligent & Integrated Design/Manufacturing)、協同設計與製造(Collaborative Design and Manufacturing)、快速成型技術發展(Rapid Product Development)以及進階材料處理(Advanced Material Processing)等領域。圖2-3所示為製造領域之研究路程圖，透過此四個研究方向預計將達到下列目標：

- 具Internet網路功能的協同設計與製造平台(Internet-enabled Collaborative Design and Manufacturing)



- 快速成型產品的實現(Rapid Product Realization)
- 智慧型創新流程自動化系統(Intelligent/Novel Process Automation System)
- 微製造系統架構與感測器(Micro Factory Architecture/Sensors)

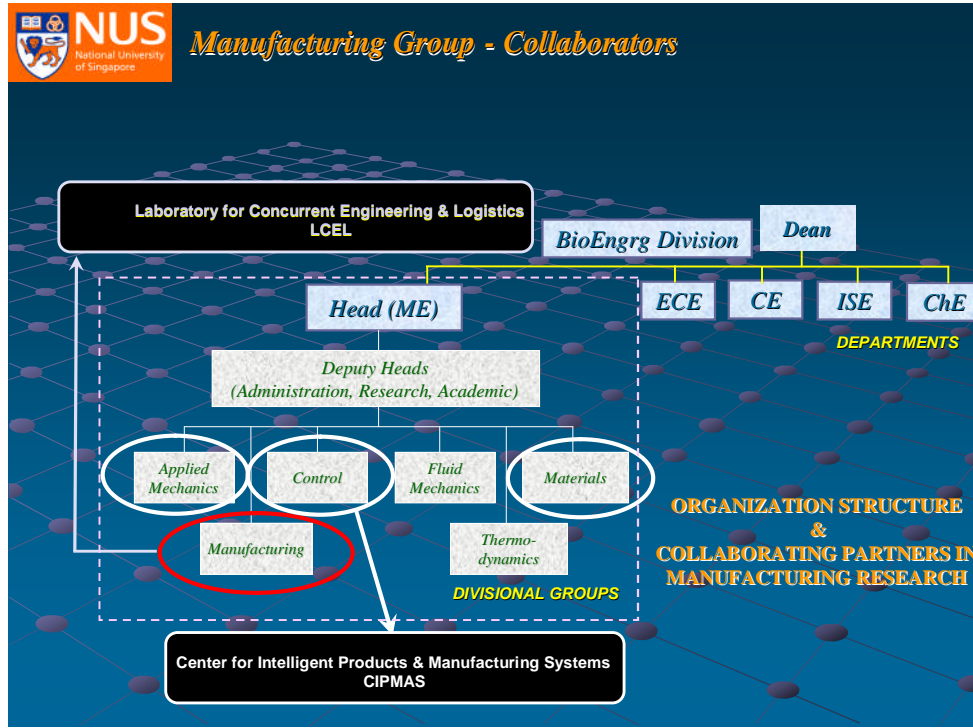


圖 2-2 NUS 工學院暨機械系之組織

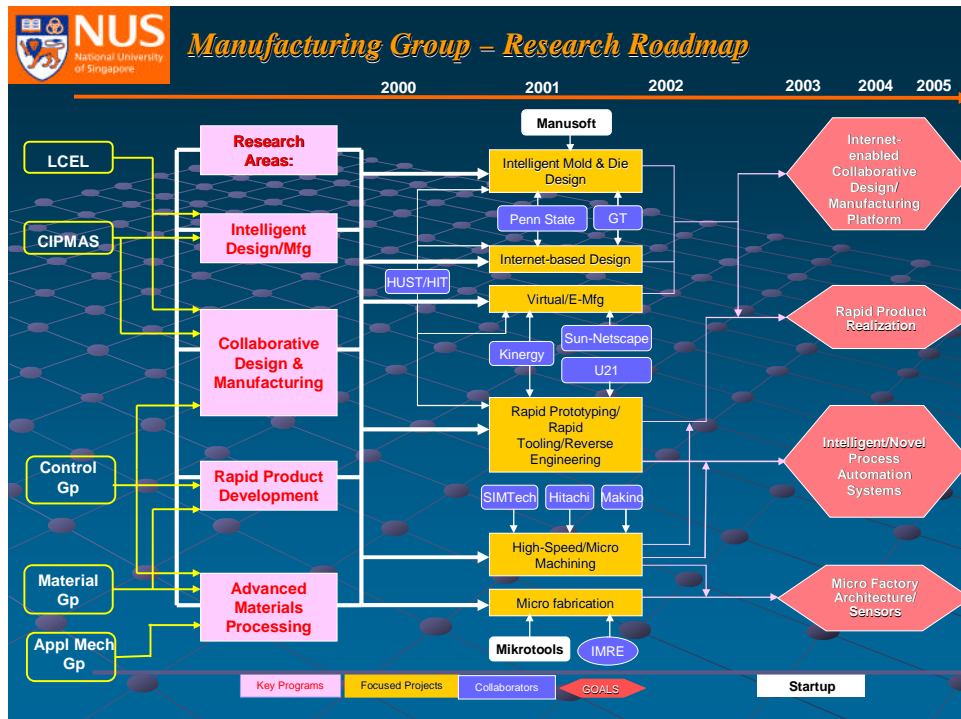


圖 2-3 製造組研究方向之路程圖(Road Map)

機械固力與自動化學門E化製造技術運用之現況國外參訪

NUS 機械系每年皆由學生組隊參加國際方程式 SAE(International Formula Society of Automotive Engineers FSAE)競賽，由車體設計、機構、引擎組裝到外型設計等皆由老師指導學生完成，圖 2-4 為其系館前所展示之賽車，這個活動類似國內每年舉辦的環保車競賽，只是舉辦地點在美國的密西根洲，屬於國際級的競賽，除了能展現團體合作之車輛技術整合外，還可拓展參賽同學之國際視野，提升學校的知名度。圖 2-5 所示為 NUS 機械系的同學在今年 2008 FSAE 的競賽中，在 121 個競爭的參賽隊伍中獲得第 22 名的佳績，進入前 20% 內，實屬不易。不過參加此類活動需投入大量的人力與物力，也由此可見新加坡政府與大學為提升能見度與知名度所做的投入，國內能投資支持此項活動的大學則並不多見。



圖 2-4 NUS 系館前所展示之賽車



圖 2-5 2008 年 NUS 參加 FSAE 比賽獲得第 22 名(共 121 隊參加)

所參觀的實驗室介紹如下：

### 機器人實驗室：

機器人實驗室包含許多機器人相關的研究，整合機電、機構設計及動力控制等領域，圖 2-6 所示為人型機器人之研究，以模擬人體下肢二足運動的方式設計機構，並進行其行走之運動控制，以進一步研究人體運動之相關題材，還有生醫方面的應用。

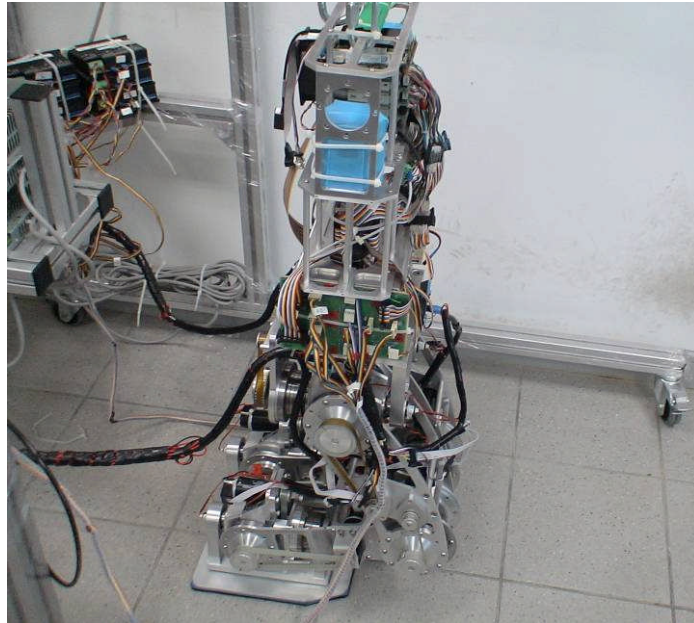


圖 2-6 人形機器人之研究

### 精密製造實驗室：

精密製造實驗室的研究大部份來說是以傳統加工為其主要的研究方向，有高速加工、微小精密加工及電補助研磨加工等，所使用的機器有部份是自行設計完成；由於技術有商業機會故有 spin off 公司的成立；但其 key person 仍是支領新加坡大學的薪水；公司部份則只領紅利。如圖 2-7 所示為其 spin off 公司的教授為我們解釋其設計的小型精密加工機具，該教授號稱可達次微米加工；由於未見其加工過程尚難評估。





圖 2-7 Spin off 公司負責教授解釋其精密加工機

### 三、參訪 Nanyang Technological University

南洋理工大學是新加坡三個國立大學之一，依照歷史新加坡本來只有一個大學(即新加坡大學)，後來因語文的關係從新加坡大學分出。其後因學習英語的人愈來愈多，使得南洋理工大學因招生困難等原因再次併入新加坡大學，但為了加強理工，又將理工部份分出再次成立南洋理工大學，因此南洋理工大學是以理工為主，且認為強過新加坡大學。

此次訪問團在 9 月 1 日下午 2:00 抵達南洋理工大學的機械與航空系，在路上看到許多的樹木，基本上新加坡的大學綠化程度很高，校園裏的花木都相當的密，而機械與航空系則是建在一山凹內，是一個有八層樓的建築，占地很大。該系原先是機械與生產工程系，為因應新加坡成為航空維修中心而於今年改名，並增加航空專長之教授十多名，以合乎系的名稱。據說明新加坡準備成為全世界三大飛航轉運中心，因而該系配合國家政策而增設航太相關科系，以培養必需之人才，每年招生八十人，據稱該系所收之學生的成績名列前茅，很受學生歡迎。

本訪問團到達機械與航空系後受到熱烈的歡迎，工學院院長 Prof. Pan Tso-Chien(見圖 3-1)及機械與航空系系主任 Ling Shih Fu 帶領四個組的組長(Chen I-Ming、Lam Yee Cheong、Du He Jun 及 David Butler)參加系概況介紹。介紹由系主任 Lin Sher-Fu 博士(見圖 3-2)主持並由五組主任各自介紹各組之研究。

該系目前有六個組，分別為：Aerospace、Engineering Mechanics、Manufacturing Engineering、Mechatronic and Design、System and Engineering Management 及 Thermal Fluid Engineering (分組及系組織圖如圖 3-3 所示)。其教師及職員組織圖如圖 3-4 所示。該系共有 150 位教師、89 位研究人員、37 位職員及 98 位技術人員。其組織之大是台灣任何一個大學所無法比擬的，新加坡對大學的投資台灣任何大學都無法比得過，尤其是職員數與技員的名額台灣差太多了。



圖 3-1 工學院院長



圖 3-2 機械與航空系主任 Ling Shih Fu 介紹該系狀況



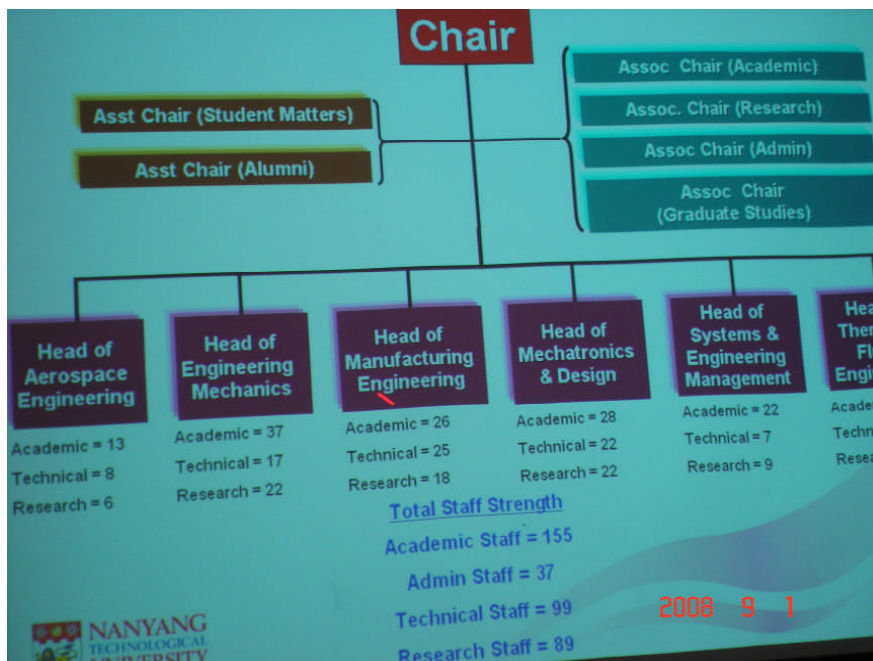


圖 3-3 分組圖

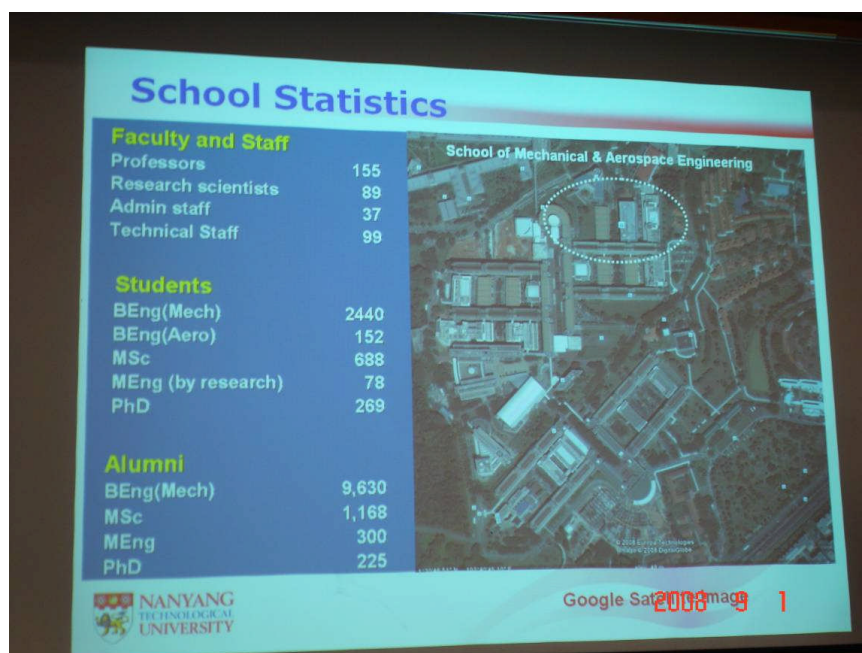


圖 3-4 師生狀況

進行研究交流如下：

- A. 首先由 Prof. Chen I-Ming 介紹該系的 Robotics 研究主題有：  
 UAV、Biomimetic Systems、Medical Robotics、Assistive and Rehabilitation Technology、Micro Manipulation Systems、Modular Robots and Parallel Manipulators 及 Wearable Sensors and Novel Actuators。

機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

- B. 接著由 Prof. Lam Yee Cheong 介紹該系的 Advance Manufacturing Center 研究主題有：  
Laser Machining、Microfluidics、Polymer Composites 及 Injection Molding。
- C. 有關 Mechanics of Micro-System 之研究是由 Prof. Du He Jun 來介紹。其主要研究項目如下：  
Hard Disk Drive Mechanics、Shock Resistance、Simulation and Control of Vibration、Sensing and Actuating、Servo Control、Noise Control and Simulation of Acoustics、Mechanism、Air Bearing Sliders Modeling and Design、Aero-elasticity、Tribology、Mechanics of Materials、Enabling Technologies for Design and Manufacturing of Micro/Nano Systems、Investigation of Mechanism of Micro Joining、Monitoring of Micro Processing、Methods and Software Packages for Topological Optimization of Compliant Mechanisms、Simultaneous Sensing and Actuating、Creak Free Coating SMA and PTZ Thin Films、Micro Fluidics、Polymer MEMS、Drug Delivery Micro Device 及 Mechanical Characterization of Carbon Nano Tubes。
- D. 有關 Ultra-precision Machining 之研究是由 Prof. David Butler 來介紹。這個領域該系之研究範圍包含了：  
Ultra-precision Machining、Simulation of Machining Processes 及 Electro-kinetic Abrasive Removal。

所參觀的實驗室介紹如下：

### **Robotic Research Center**

圖 3-5 為 Robotics 實驗室一景，這是他們今年準備參加國防部的機器人比賽的機器人，所有的載台均由外面採購再加以改裝，經費充足，且得到人力上的充份支援。圖 3-6 則是該實驗室所採購的軍用 Segway，也是花大錢買來的。另外這實驗室還有機器魚(如圖 3-7)、爬行機器人等。至於 Medical Assistance 部份則有如圖 3-8 的行動輔助架及輪椅的設計。在實驗室裏還有大學部的線吊人偶的機械系統，其目的在將電動玩具實體化。



圖 3-5 機器人實驗室



圖 3-6 軍事用 Segway





圖 3-7 機器魚



圖 3-8 病人支撐系統

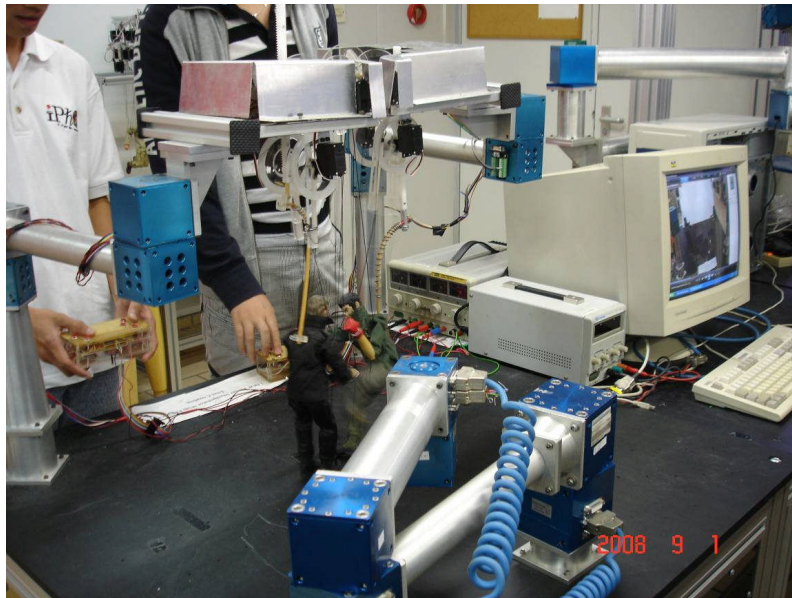


圖 3-9 學生實作

### Centre for Mechanics of Micro System

這部份我們參觀了 Center of Mechanics and Micro-system，該實驗室主要是以複材及一些光學檢驗的設備為主，圖 3-10 為光學檢驗的部份實驗設備。



圖 3-10 光學檢測系統

### Micromachines (MEMS) Centre

這部份的實驗室參觀由 Prof. Miao Jianmin 介紹。主要是介紹該實驗室的設備與研發項目，以目前的論文數目而言 Prof. Miao 的論文數在世界排名相當前面。圖 3-11 為 Micro-Machines Centre 部份設施之照片。



圖 3-11 微加工實驗室



#### 四、參訪 Applied Materials, Singapore

參訪團於9月2日上午參訪 Applied Materials, Singapore。由美國總部半導體部門的 Industrial Director Scott Watson 先生出面接待。針對應用材料公司(Applied Materials)簡介、MAS 系統、設備工程系統和智慧型製造等加以說明。Watson 先生常駐美國德州，並隨時支援世界各地之應用材料公司分公司，本次知道我們來訪，特地安排到新加坡分公司出差。

#### 應用材料公司(Applied Materials)簡介

應用材料公司總部位於美國矽谷，於全世界 18 個國家設立 110 個據點，員工人數約 14336 人，全年營收約 920 億美元，並在美國、台灣、以色列、和歐洲設立製造部門。它主要提供半導體廠、平面顯示器廠、太陽能光電廠、軟性電子廠、及省能玻璃廠相關製造設備。標榜將奈米科技與製造結合，成為奈米製造技術。主要設備如下：

#### Silicon Systems

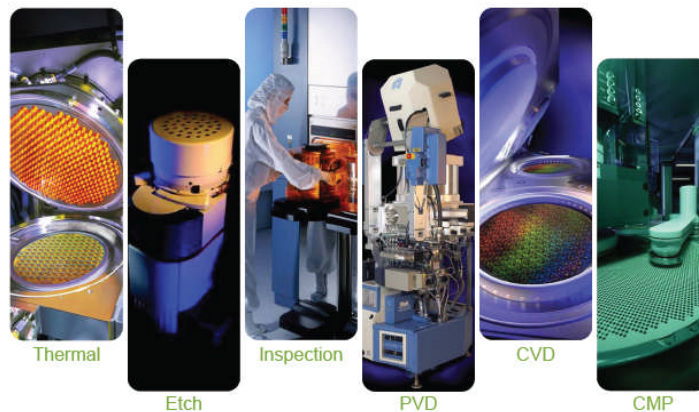


圖 4-1 半導體設備

#### LCD Flat Panel Display Systems



Processing panels up to 2.2 x 2.5 meters

圖 4-2 平面顯示器設備

## Solutions for Solar Manufacturing

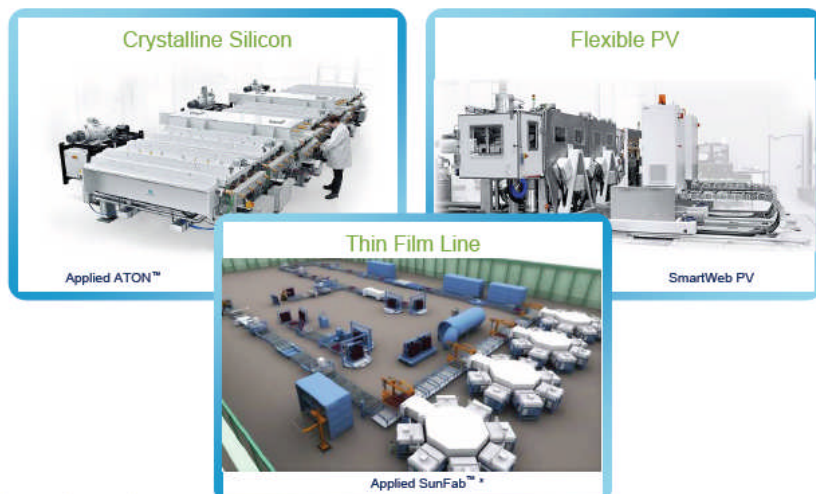


圖 4-3 光電太陽能設備

## Architectural Glass and Flexible Electronics



圖 4-4 軟性電子設備

應用材料公司就以半導體製造設備、顯示器製造設備、能源與光電製造設備，加上全球服務能力，建構其全球半導體相關設備的王國。該公司經營策略如圖 4-5 所示。



圖 4-5 經營策略

### MAS (Manufacturing Automation Services) 製造自動化服務系統

目前在半導體製造自動化系統方面的趨勢，包括：

- (1) 資料處理量必須是可控制的 (Data explosion requires scalable systems)
- (2) 設備工程系統及 APC 系統為基本配備 (Equipment Engineering Systems/APC Solutions are now standard)
- (3) 減少資源浪費 (Environmental concerns requires continuous reduction of resource usage)
- (4) 資料管理系統足夠應付複雜的系統 (Data management complexity requires manageable systems)
- (5) 需全套解決的系統 (Point-to-point solutions failing –need complete systems)
- (6) 全球化 (Globalization/Consolidation continues)

應用材料公司為解決上述問題，乃提出其完整製造資訊系統，共分成四階：Level 0 為儀器設備 (Instrumentation)，Level 1 為製程自動化 (Process Automation)，Level 2 為製程最佳化 (Process Optimization)，Level 3 為製造執行系統 (Manufacturing Execution System)，Level 4 為營運規劃 (Business Planning/ERP)。MES Platform、Productivity Platform 及 Equipment Platform 為其主要三個平台，如圖 4-6 所示。

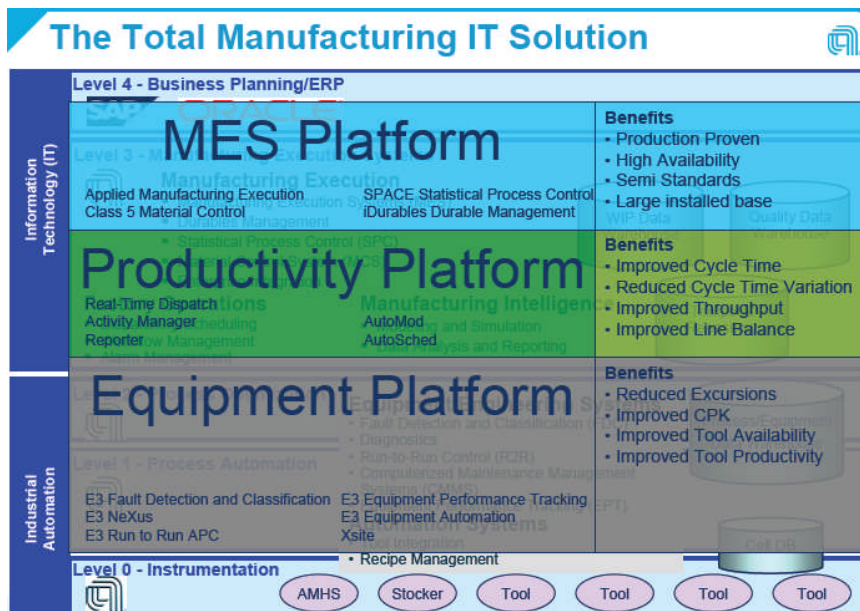


圖 4-6 MES 平台、生產力平台、設備平台

### 設備工程系統

設備工程系統涵蓋 E3 企業設備工程(Enterprise Equipment Engineering) 平台及良率改善與 APC (Advanced Process Control)。E3 平台由 E3 自動化(E3 Automation), E3 錯誤偵測與分類(E3 Fault Detection and Classification), E3 R2R (E3 Run to Run Control), 以及 E3 設備性能追蹤 (E3 Equipment Performance Tracking)等子系統構成。完整的 E3 企業設備工程平台如圖 4-7 所示。良率改善與 APC 系統的架構分別在圖 4-8 與圖 4-9 中陳述, 主要功能包括錯誤偵測, 良率管理, 預防維修, 及虛擬量測。

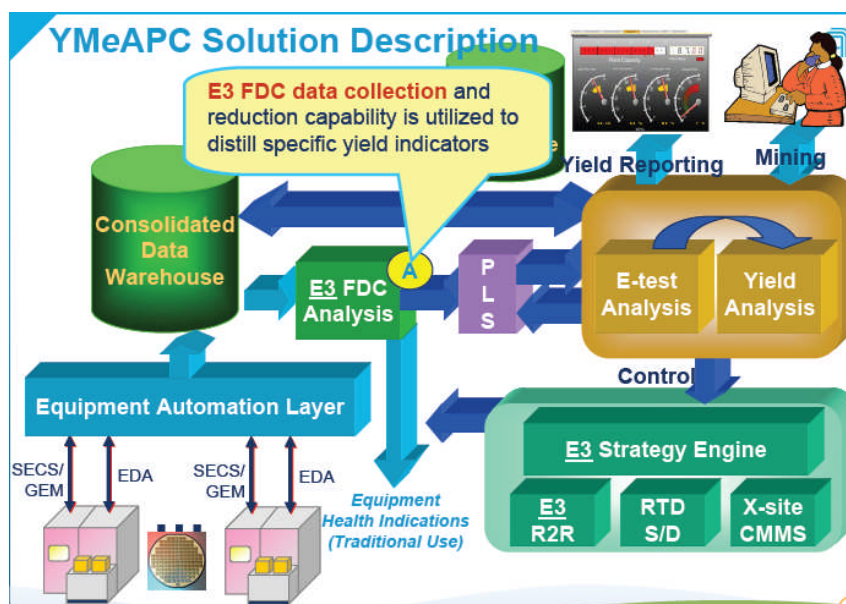


圖 4-7 E3 企業設備工程平台



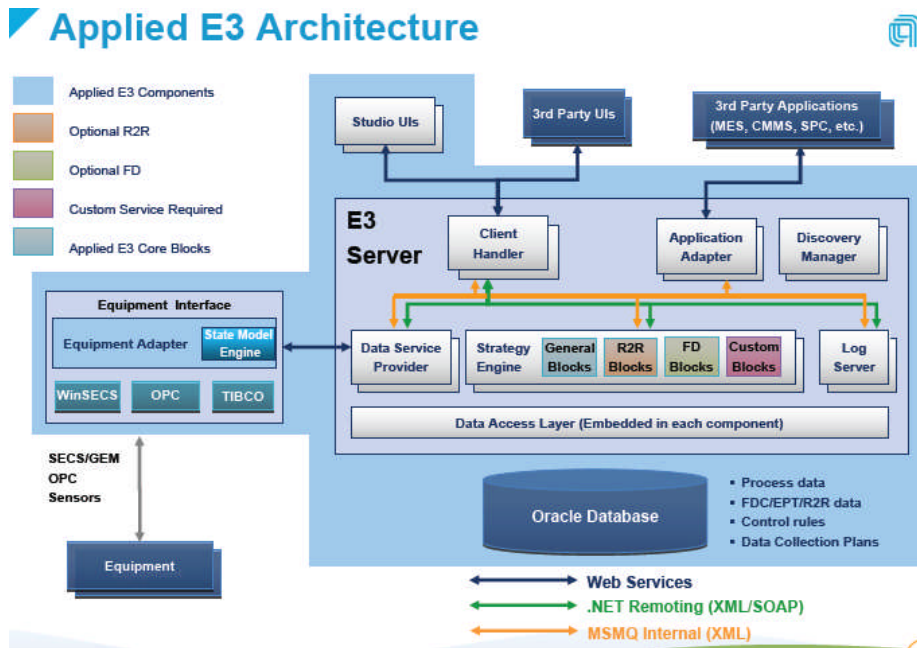


圖 4-8 良率改善平台

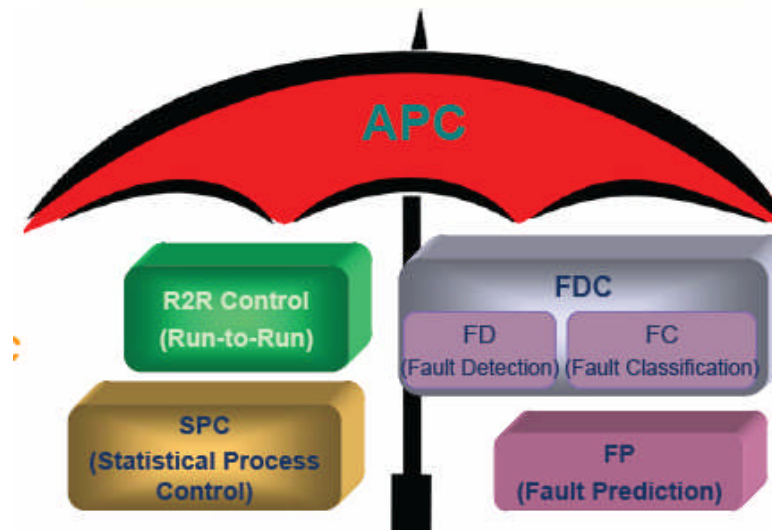


圖 4-9 APC 平台

### 智慧型製造系統(Intelligent Manufacturing Systems)

應用材料公司的智慧型製造系統以先進生產力家族平台 APF (Advanced Productivity Family Platform) 為主軸。APF 涵蓋 APF 通報系統(APF Reporter)、即時派工系統(Real-Time Dispatch)、事件管理系統(Activity Manager)、高階排程系統 (Advanced Scheduling)。完整架構圖如圖 4-10 所示。它們在 MAS 四階層架構裡的相互關係，如圖 4-11 所示。高階排程系統為 Gemini 系統，系統架構與其它子系統之間的關係，如圖 4-12 所示。

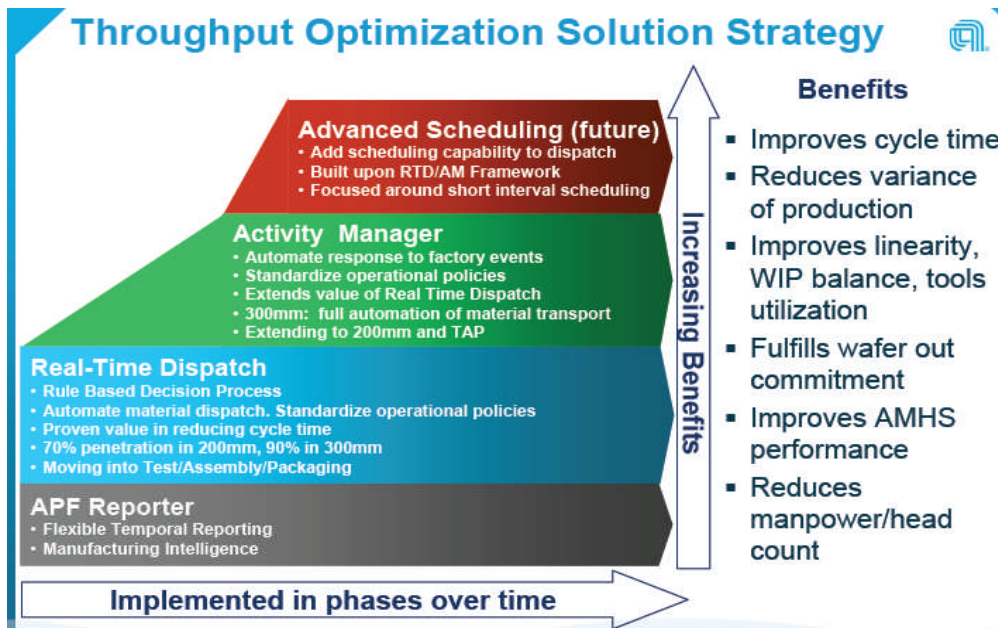


圖 4-10 APF 完整架構圖

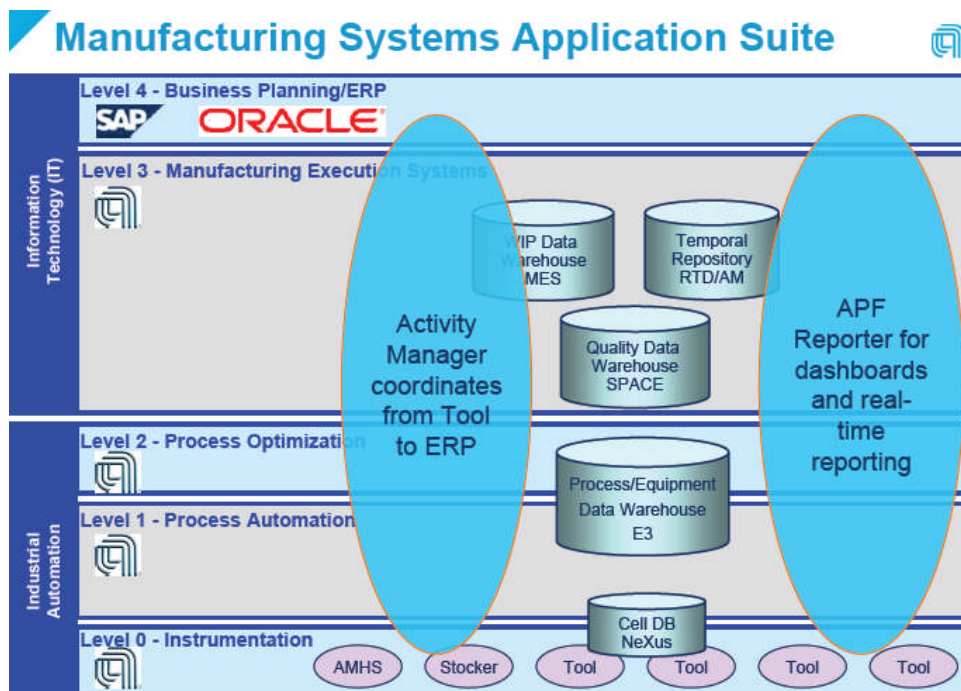


圖 4-11 MAS 四階層架構關係圖



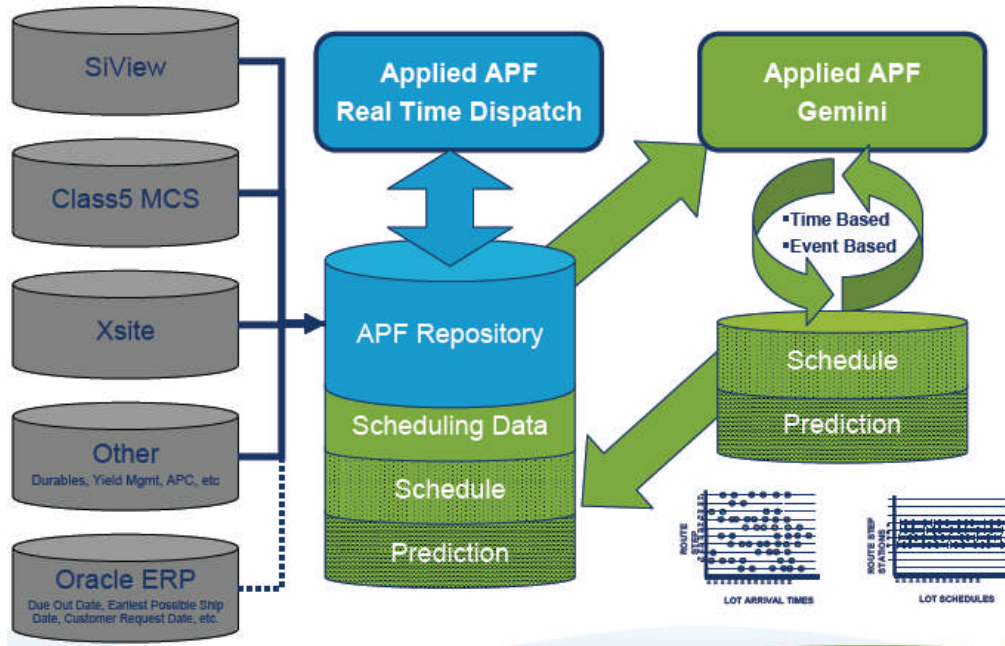


圖 4-12 高階排程系統

## 五、參訪 Singapore Institute of Manufacturing Technology(SIMTech)

9月2日下午訪問新加坡製造技術研究所(Singapore Institute of Manufacturing Technology, SIMTech)，在雙方進行簡單的自我介紹後，先由鄭教授介紹國內自動化研究方向的規劃，再由新加坡製造技術研究所的各個單位介紹相關研究。製造技術研究所的主管是 Dr. Lim Ser Yong，設有 manufacturing processes, automation 及 industrial information 三個研究群，發展的關鍵技術包括 Forming Technology, Machining Technology, Multi-functional Substrate, Surface Technology, Mechatronics, Precision Measurement, Manufacturing Execution and Control, Planning and Operations Management。其他計劃發展的技術有 Equipment Innovation and Development, Microfluidic Devices Manufacturing, Product Innovation and Development, Life Cycle Engineering.

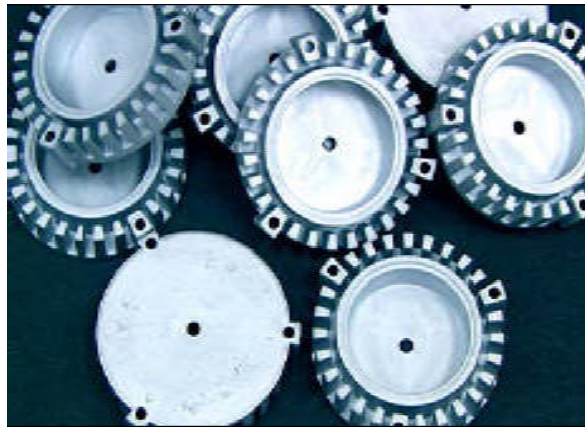


圖 5-1 Micro-gears by nano-PIM

- Forming Technology 技術包括
  1. Forming Ti & Ti/Al/Sn Alloys Articles
  2. Advanced Cold Rotary Forming
  3. Apparatus for Casting of Thin Magnesium Strip
  4. Forming of Magnesium Alloys
  5. Micro-moulding of Plastic Parts
  6. PIM of W-High Weight
  7. Cu Composites Materials
  8. Processing of Biopolymers and BioCeramics
  9. Printing of Metal Powders
  10. Micro-moulding of Ceramic Components
  11. Liquid Metal Forging
  12. Polymer Modifications by Melt Compounding Technique
  13. Processing of Polymer Nanocomposites



圖 5-2 Forming Ti & Ti/Al/Sn Alloys Articles



圖 5-3 Advanced Cold Rotary Forming



圖 5-4 Micro-moulding of Ceramic Components

- Machining Technology 技術包括
  1. Ultra-Precision Cutting of Optical Surface on Steel
  2. Dynamic NC Verification and Optimatisation
  3. Green Wavelength Laser for Micro-machining

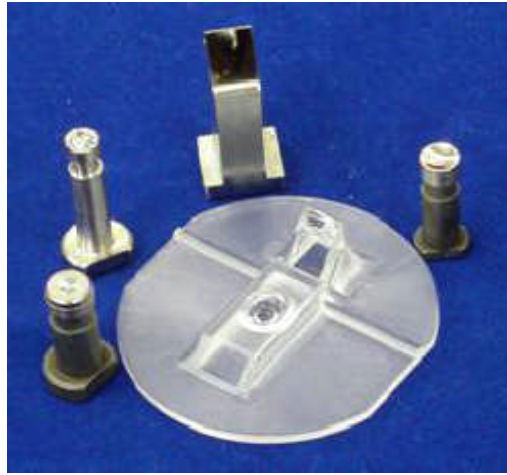


圖 5-5 Ultra-Precision Cutting of Optical Surface on Steel

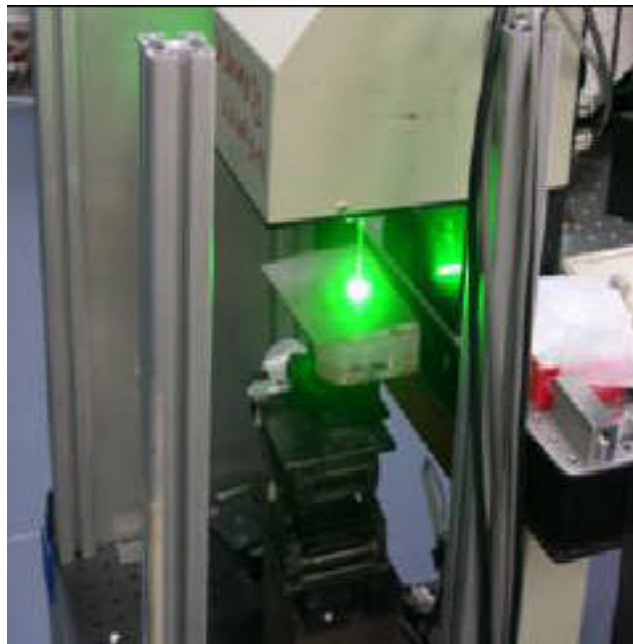


圖 5-6 Green Wavelength Laser for Micro-machining

- Multi-functional Substrate 技術包括
  1. LTCC Technology
  2. Substrate Integrated Circuits & Devices
  3. Micro-Patterning for Flexible Electronics
  4. Signal Integrity Analysis for Robust Design



圖 5-7 Micro-Patterning for Flexible Electronics

● Surface Technology 技術包括

1. Integrated Shadow Mask
2. Advanced Decorative Coatings
3. Slip Resistant Coatings
4. Multilayer Coating for Al Alloy
5. Flat Heater
6. UV-Patternable Sol Gel Coatings
7. Super tough Carbon Coatings
8. Solar driven self-cleaning Coatings
9. Thermal Spray Composite Coating
10. Magnesium Duplex Coatings

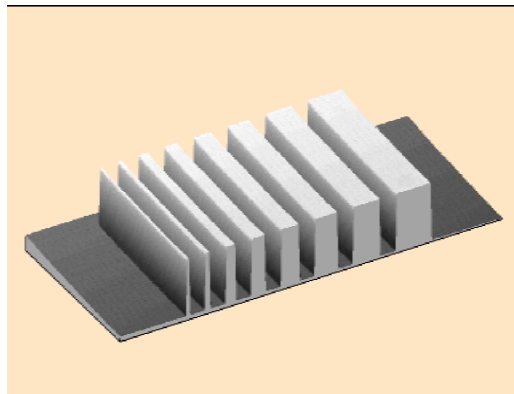


圖 5-8 UV-Patternable Sol Gel Coatings

● Mechatronics 技術包括

1. High Precision Motion System
2. Structural Vibration Measurement and Control for Precision Machines
3. Visualisation Tools for Microscale Tasks
4. Robot Programming using Surface constraints



5. Mobile Manipulator
6. High-Precision Electromagnetic Actuator
7. Robotic NDT for aircraft wing inspection
8. Robotic welding with walk-through teaching
9. Automated aerofoil restoration
10. Stereo vision for object detection
11. Motorised caster wheels

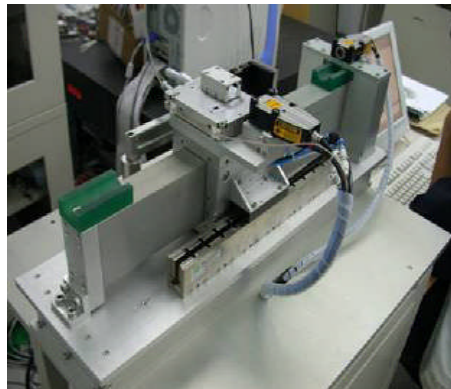


圖 5-9 High Precision Motion System

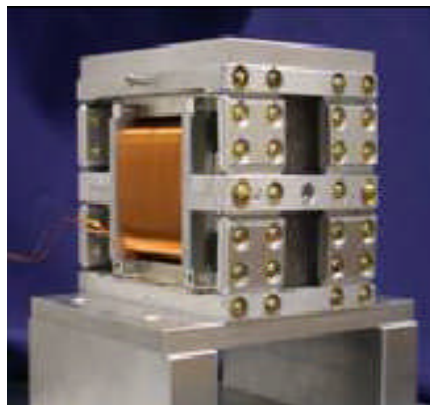


圖 5-10 High-Precision Electromagnetic Actuator



圖 5-11 Automated aerofoil restoration



- Precision Measurement 技術包括
  1. Embedded System for Digital Level
  2. Interferometry for Nano-Scale 3-D System
  3. Toughened Glass NiS Inspection System
  4. Surface Measurement Wavefront Sensing
  5. 2-D & 3-D Wafer Inspection System
  6. In-situ X-ray Internal Defect Inspection



圖 5-12 Embedded System for Digital Level

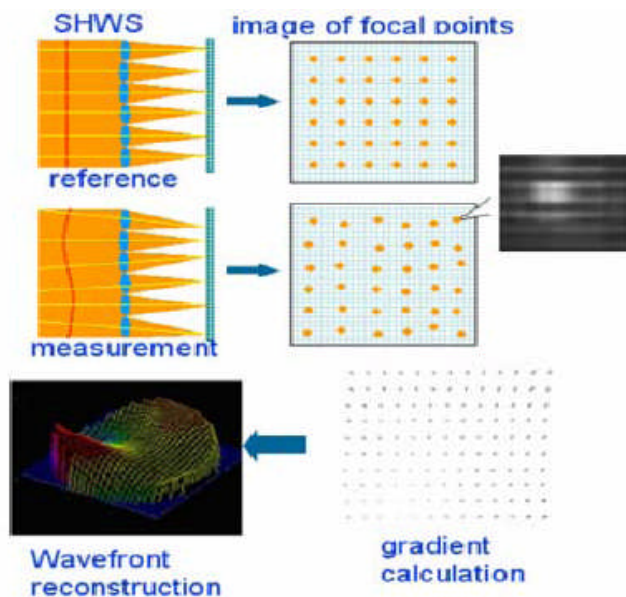


圖 5-13 Surface Measurement Wavefront Sensing

- Manufacturing Execution and Control 技術包括
  1. Automated Warehouse Control System for Airfreight Terminal
  2. Remote Monitoring & Diagnostic System (MDS)
  3. High-Value Inventory Tracking & Management System
  4. RFID Tracking of Metal Containers

5. RFID Track & Trace for the Retail Industry
6. Performance Prediction Engine for Encapsulation Machine
7. HSM Ball Nose Cutter Characterisation
8. Multi-sensor Error Prevention for Mould Making
9. Stamping Machine Production Control and Monitoring
10. Semi Interface Discovery
11. Plug-and-Measure USB-based Multiple-Sensor Sampling Adapter
12. ARM 9 Linux with FPGA board

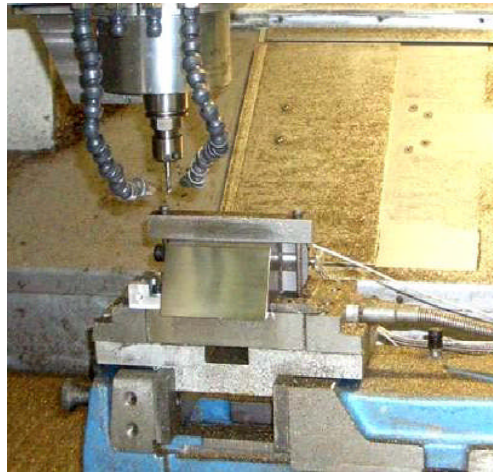


圖 5-14 HSM Ball Nose Cutter Characterisation

- Planning and Operations Management 技術包括
  1. Virtual Warehouse Simulator For Rotables Management
  2. Gintic Scheduling System
  3. SIMForecaster – predicts demand
  4. Inventory Network Optimisation for Replenishment
  5. Web Services Component Suite – A set of software components
  6. Light-weight B2Bi Gateway for SMEs – for Supply Chain Integration
  7. A\*FBS

## 六、參訪 UMC Singapore Branch

參訪團於9月3日上午參訪聯華電子公司新加坡 12 吋晶圓廠(UMC Fab 12i, Singapore)，由該廠廠長、副廠長及數位研發部門人員出面接待(如圖 6-1 所示)，足見該公司很重視本參訪團之到訪與交流。



圖 6-1 國科會參訪團與聯電新加坡 12 吋晶圓廠人員交流簡報會場景

該公司對本次參訪之行程安排依序如下(如圖 6-2 所示)：

- UMC 簡報。
- 國科會簡報。
- 交流討論。
- 工場參觀。



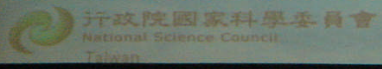
e-manufacturing 交流會	
<b>Agenda</b>	
- UMC presentation	45 min ( 9:45 ~ 10:30 )
<ul style="list-style-type: none"> <li>- PMQA (PM Quality Assurance )system</li> <li>- Chamber matching system.</li> <li>- Virtual Metrology</li> <li>- Advanced APC system.</li> </ul>	
- National Science Council presentation	45 min (10:30 ~11:15 )
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipment Engineering System</li> <li>- Intelligent Predictive Manitenance</li> <li>- Virtual Metrology</li> </ul>	
- Discussion	30min (11:15 ~ 11:45 )
- Factory Tour	45min ( 11:45 ~ 12:30 )
 <span style="float: right;">2008 9 3</span>	

圖 6-2 參訪行程表

以下報告內容將依序說明聯華電子新加坡廠 12 吋晶圓廠(UMC Fab 12i, Singapore)簡介、聯華電子簡報內容重點、國科會簡報內容重點、交流討論內容、工廠參觀所見及結語。

### 聯華電子新加坡廠 12 吋晶圓廠(UMC Fab 12i, Singapore)簡介：

聯華電子(UMC)為世界一流的晶圓代工公司，在台灣半導體業扮演著重要的角色，除身為台灣第一家晶圓製造服務公司外(1980 年 5 月成立)，也是台灣第一家上市的半導體公司(1985 年 7 月股票上市)。聯電先進製程技術涵蓋電子工業的每一應用領域，並率先採用嶄新的製程技術，如銅製程技術、90 奈米製程技術、65 奈米製程技術、45 奈米製程、嵌入式記憶體、混合訊號及射頻元件製程等，領先全球，並為第一個量產 12 吋晶圓之晶圓代工公司。聯電目前全球員工約有 13,000 名，在台灣、日本、新加坡、歐洲及美國各地都設有行銷及客戶服務中心，提供全球客戶 24 小時服務。

聯電之大事記如下：產出業界首批銅製程晶片(2000 年 3 月)、產出第一顆 0.13 微米製程 IC(2000 年 5 月)、產出第一顆 90 奈米製程 IC (2003 年 3 月)、90 奈米製程完全通過驗證並邁入量產(2004 年 5 月)、產出業界第一顆 65 奈米客戶晶片(2005 年 6 月)、90 奈米晶圓出貨量逾 10 萬片(2005 年 8 月)、產出第一顆 45 奈米製程測試 IC(2006 年 11 月)。

機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪



12 吋晶圓相對於 8 吋晶圓的可使用面積超過兩倍以上，每片晶圓可使用率較前期晶圓達到 2.5 倍(如圖 6-3 所示)。目前聯電擁有兩個領先製程且營運中的 12 吋晶圓製造廠，一座位於台南科學園區(Fab 12A)，於 1999 年 11 月正式建廠，從 2002 年起即運用業界最先進的 0.13 微米及 90 奈米製程為客戶產品量產。另一座則是本次參訪之 UMCi(位於新加坡白沙晶片園區)，幾乎是 Fab 12A 之複製，從 2000 年 12 月開始籌建，2004 年 3 月邁入量產階段，在 2004 年 12 月改名為 Fab 12i。這兩個 12 吋廠之特色在於運用業界最先進的製程為客戶量產產品，並大量採用可增加產能的先進自動化設備。

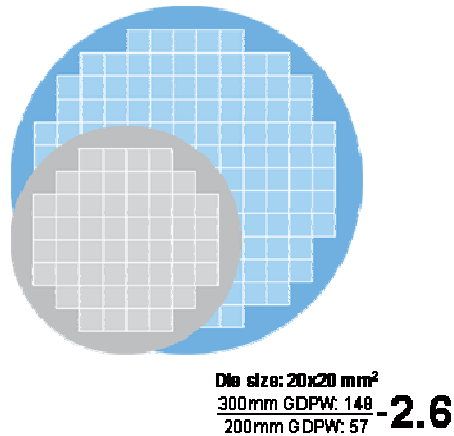


圖 6-3 12 吋晶圓擁有較大的晶方使用面積，得以達效率最佳化

隨著晶片的尺寸不斷縮小與功能的大幅提昇，系統單晶片(SoC)設計的普及性，為智慧型產品創造了一個全新的市場。然而，系統單晶片所帶來的新挑戰，亦提高了設計公司欲及時滿足市場需求的難度。如圖 6-4 所示，聯電與客戶及工作夥伴(包括設備，電子設計自動化工具，以及 IP 供應商等)在整個供應鏈上緊密合作。此項合作為設計公司提供了豐富的資源，包括通過矽驗證的參考流程、多樣的 IP 組合、免費的設計單元資料庫，以及低成本的原型。聯電同時也熟悉系統架構知識，所以能為每一個晶片設計提供建議，以達成系統分割的最佳化。將以上資源結合其先進的 65 奈米及以下製程技術、封裝測試資源，以及尖端的 12 吋晶圓製造能力，即成為全方位的客戶導向解決方案，可幫助客戶以最短的時間成功產出產品。



系統架構知識 IP 與設計規則 製程技術 世界級製造能力 測試與封裝資源

圖 6-4 聯電提供客戶導向解決方案

機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

近十年來，聯電已從之前製程技術的落後，脫穎而出成為業界製程技術的領導者。如圖 6-5 所示，從 1998 年起，聯電超越了 International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) 所設立的全球平均值，目前就新製程技術的研發來說，已經與世界頂尖的半導體公司並駕齊驅。2003 年，聯電是第一個成功以 90 奈米製程技術生產客戶產品的純晶圓專工公司。而 2006 年，聯電也是純晶圓專工業界第一個產出 65 奈米客戶晶片的公司。

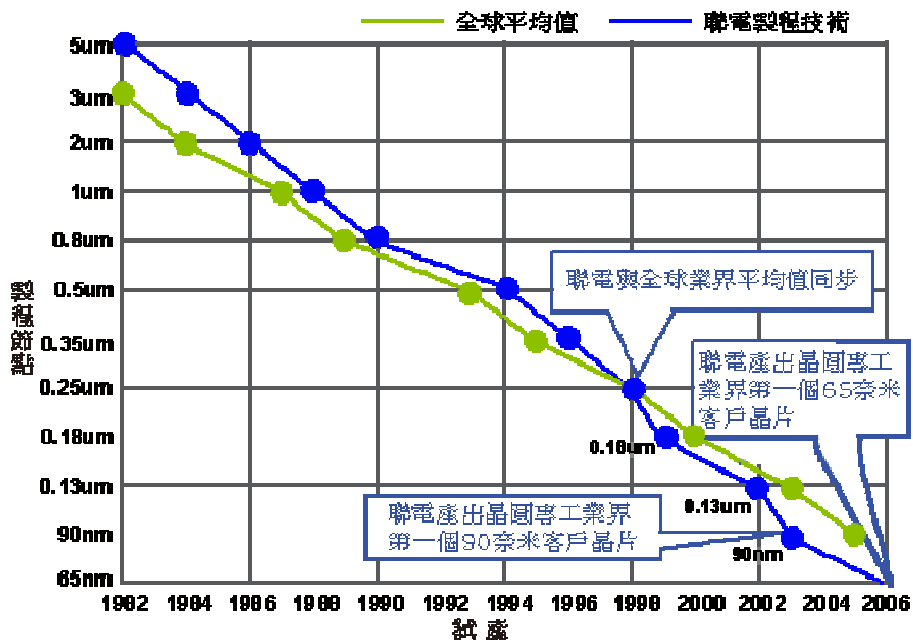


圖 6-5 聯電製程技術能力與全球平均值比較圖

### 聯華電子簡報內容重點

由於聯電之研發主力在 Fab 12A 廠，因此聯電之簡報係由 Fab 12A 廠研發工程師從台灣透過網路視訊即時對會場報告，內容說明聯電目前在以下四個主題之技術能力(部份簡報內容如圖 6-6~圖 6-10)：

#### (1) PM 品質確保系統(PMQA, PM Quality Assurance System)：

說明有近一半機台嚴重異常與 PM 有關，聯電在 PM 品質確保系統中利用多變數分析 MVA (Multi Variable Analysis) 技術以防止 PM 相關之異常及定義那些參數導致 PM 相關失效。

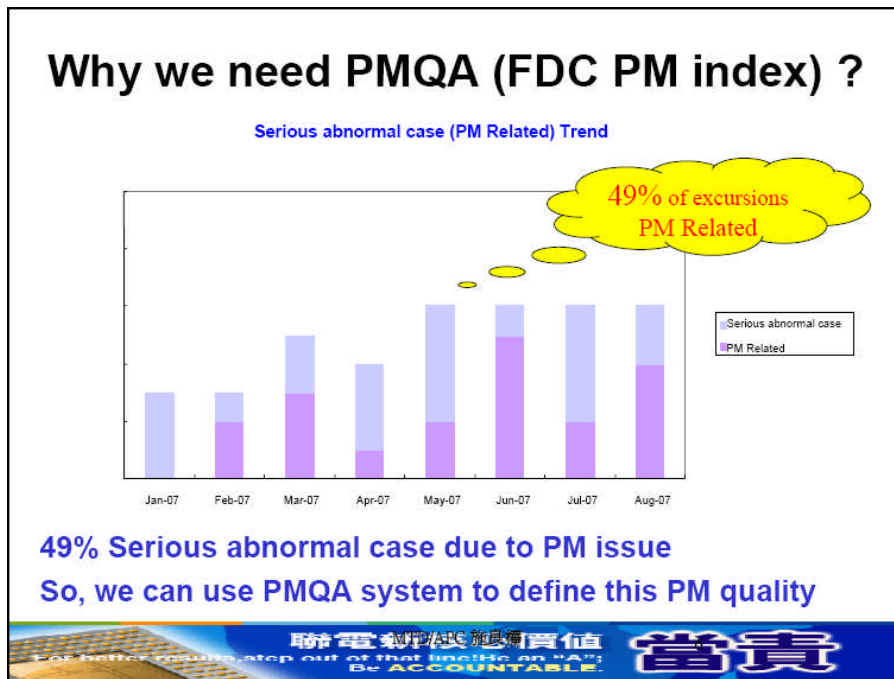


圖 6-6 聯電 PM Quality Assurance 簡報

(2) 真空腔體匹配系統(Chamber Matching System)：

說明聯電利用多變數分析 MVA (Multi Variable Analysis)之概念來解決 Chamber Matching Issue。

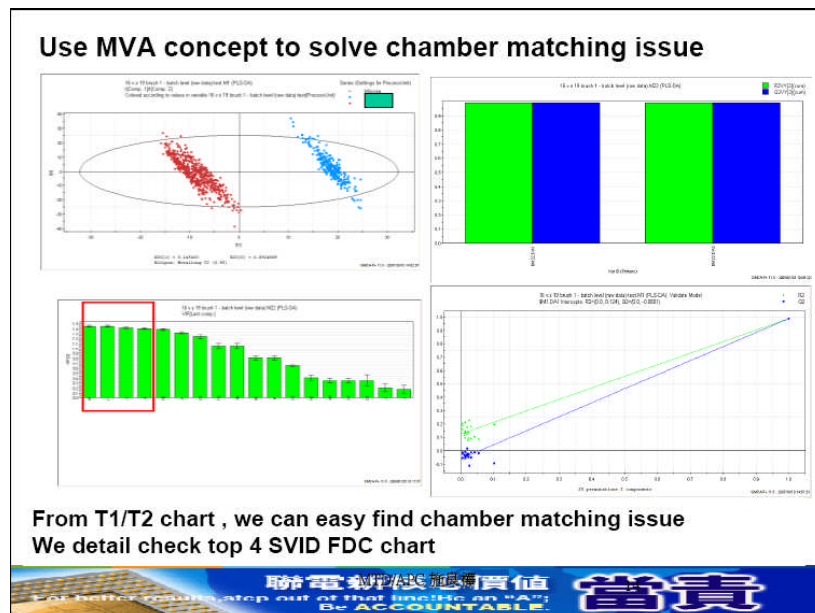


圖 6-7 聯電 Chamber Matching Issue 簡報

(3) 虛擬量測(Virtual Metrology)：

說明聯電利用 Partial Least Square (PLS) Function 來發展虛擬量測(Virtual Metrology)技術，並例示成功地利用 Inline Data 預測最終的 WAT(Wafer Acceptance Test)值，誤差可在正負 3%。

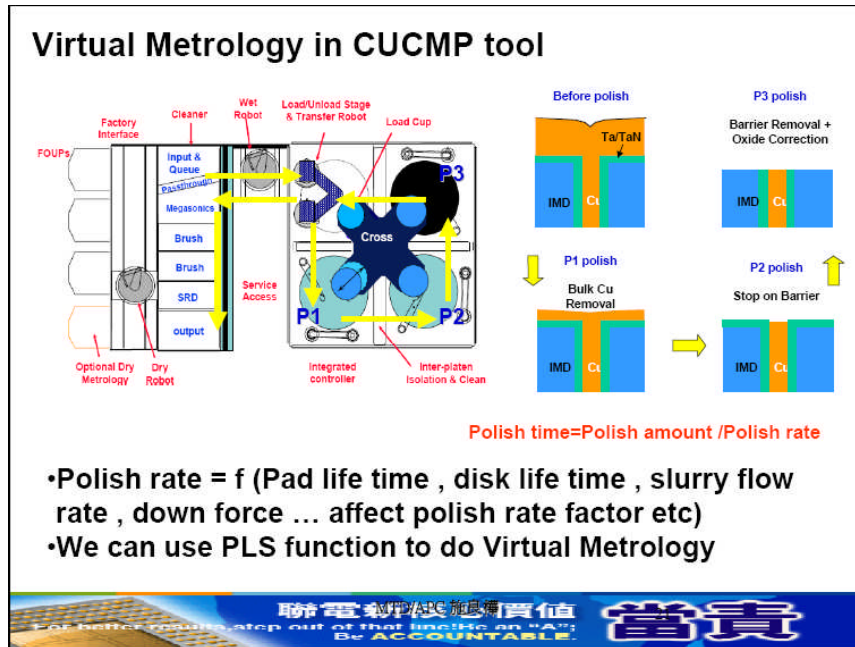


圖 6-8 聯電 Virtual Metrology 簡報(1)

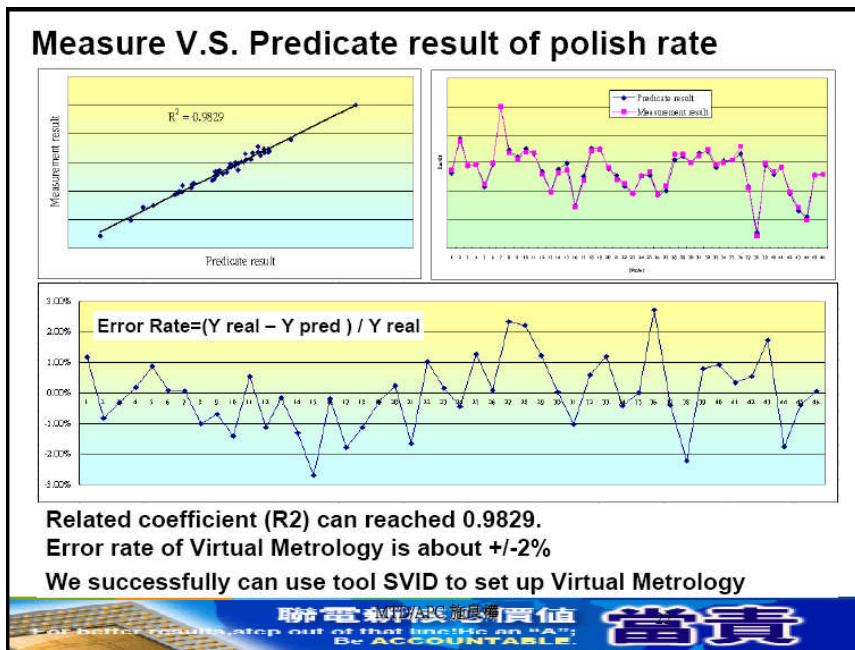


圖 6-9 聯電 Virtual Metrology 簡報(2)



#### (4) 先進製程控制系統(Advanced APC system)：

以 CUCMPT 機台為例，說明聯電加入虛擬量測 Final WAT Feedback 之先進 APC 系統，可有效改進 WAT 的標準偏差(Standard Deviation)及 WAT CPK。

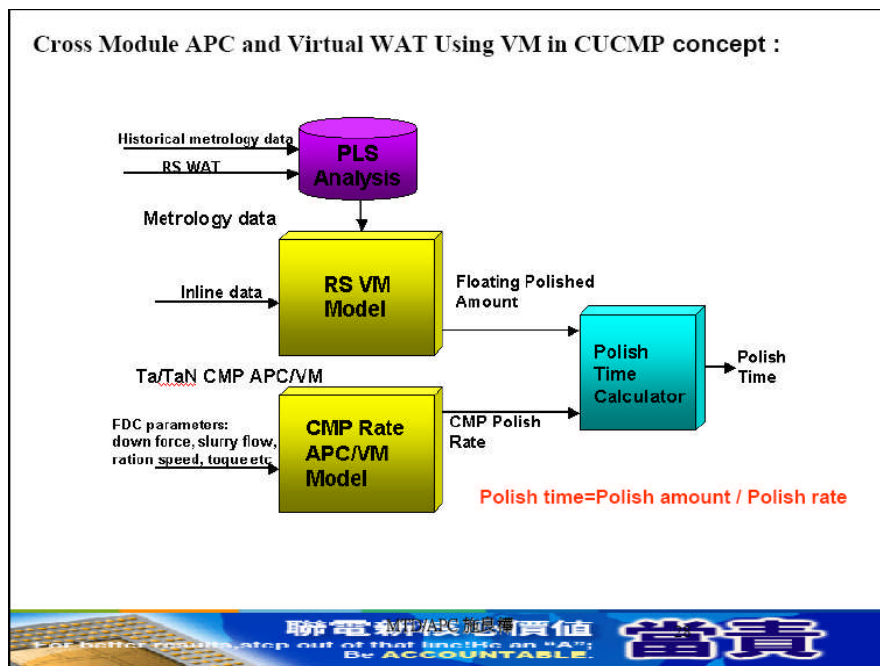


圖 6-10 聯電 Advanced APC system 簡報

#### 國科會簡報內容重點：

國科會自動化學門在 2007 年所規劃之重點推動領域有三(詳見 2007 國科會自動化學門研究發展規劃報告)：(1)智慧型機器人(Intelligent Robots)、(2)光機電系統與檢測技術(Opto-Mechatronics Systems and Inspection Technology)與(3)智慧型製造系統(Intelligent Manufacturing Systems)。本次簡報由自動化學門召集人鄭芳田教授介紹智慧型製造系統中聯電比較有興趣之三個主題：機台工程系統(Equipment Engineering System)、智慧型預測保養(Intelligent Predictive Maintenance)及虛擬量測(Virtual Metrology)，分別說明國科會目前在這三個主題之研究發展規劃與成果。其中聯電對虛擬量測技術深感興趣，因此簡報中特別詳細介紹國科會自動化學門所規劃的虛擬量測概念與架構(如圖 6-11 與圖 6-12 所示)，以及相關之演算法流程、虛擬量測系統自動化層級與實際產業導入成果範例等。

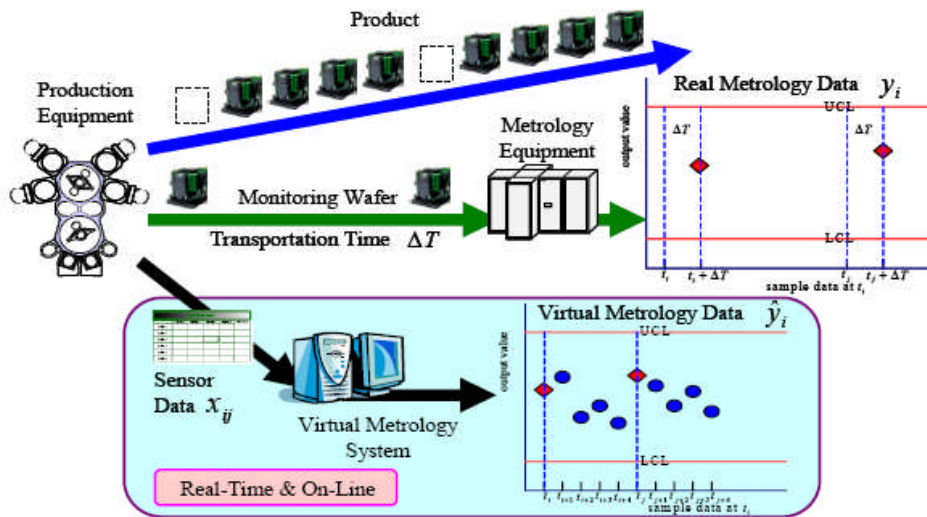


圖 6-11 國科會自動化學門所規劃的虛擬量測概念圖

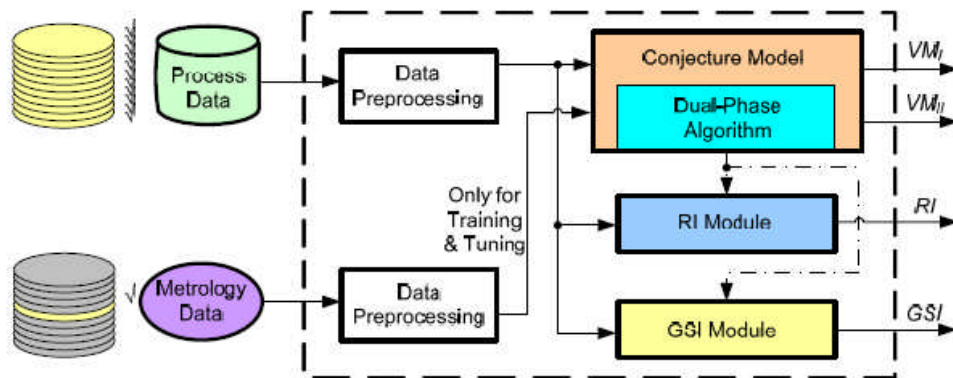


圖 6-12 國科會自動化學門所規劃的雙階段虛擬量測架構

### 交流討論內容：

由於在虛擬量測方面，國科會自動化學門所規劃的架構與技術比較完整，且居於領先地位，也已實際應用於半導體晶圓製造廠及 TFT-LCD 製造廠，因此聯電對此方面之技術很有興趣。在交流討論中，雙方針對虛擬量測技術發展之現況與趨勢交換意見，也有意願透過雙方合作方式，將國科會所規劃之自動化虛擬量測系統導入應用於聯電 Fab 12i 晶圓製造廠。

### 工廠參觀所見：

交流討論後，該廠人員隨即安排所有參訪團成員，穿著無塵室服裝，進入 Fab 12i 晶圓製造工廠參訪。如圖 6-13 所示，聯電基於對製造效能、彈性及控制的嚴格要求，Fab 12i 晶圓廠全面採用最先進的前開式高潔淨晶舟、自動物料掌控機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

系統及懸樑式的晶舟自動傳輸系統。晶圓皆經由自動化 FOUP 晶圓傳送盒來傳送，每盒可容納 25 個晶圓。批次晶圓的運送採用自動物料搬運系統中的 Interbay 運送法來進行，並利用軌道導引車(Rail Guided Vehicle)進行 Intrabay 之晶圓運送。令人印象深刻地，Fab 12i 的自動化搬運系統特別強調設備對設備間晶圓的直接運送，大幅免除了將製造中的晶圓送進與移出貯存器的時間，有效地增加作業上的效率。相較於標準的 8 吋晶圓廠自動導引車(Automatic Guided Vehicle, AGV)系統，此新系統可增加 3 至 4 倍的效率，也大幅減少人力的需求。



圖 6-13 聯電自動化的 12 吋晶圓廠

## 七、參訪 Qimonda Dresden GmbH

本次參訪團行程規劃，除了安排學術機構之參訪活動外，也包含了產業界的行程，其中在歐洲德國的產業界拜訪為「奇夢達公司」的德勒斯登(Dresden)12吋晶圓廠(Qimonda Dresden GmbH)。抵達時受到當地公司高層主管歡迎，以下便介紹其參訪行程：

- 09:00~09:45 奇夢達內部介紹
- 09:45~10:45 台灣代表團簡介
- 10:45~10:55 休息時間
- 10:55~11:40 參訪奇夢達工廠園區
- 11:40~12:00 心得討論

奇夢達公司(Qimonda, Inc.)為全球主要的 DRAM 供應商，在 2007 年奇夢達公司專注於半導體的設計、開發及銷售服務，並採用省電技術及設計，提供各類型應用的 DRAM 產品，可用於包括個人電腦、伺服器、行動通訊及消費性產品等。透過奇夢達公司德國 Dresden 12 吋晶圓廠之實地參訪，可以了解整個 DRAM 產品之製造過程。

下列報告主要透過「奇夢達公司簡介」、「德勒斯登廠的特色」及「奇夢達夥伴廠商與其合作關係」，三大不同面向來說明此次參訪的內容及心得。

### 奇夢達公司簡介

#### 公司及產品簡介

奇夢達在全球擁有近 13500 名員工，該公司遍佈三大洲，共有五座 12 吋晶圓廠，六個主要的研發機構，其銷售淨值約為 36.1 億歐元。

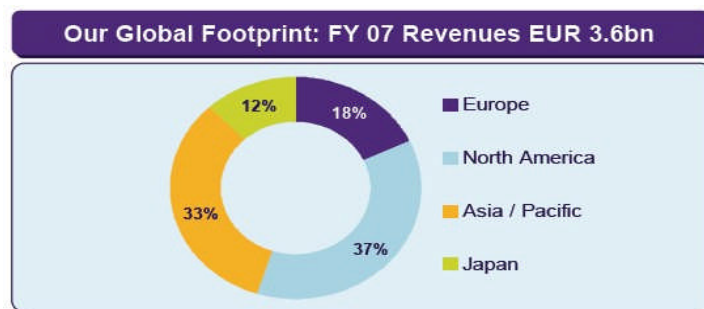


圖 7-1 奇夢達公司全球分佈圖



主要產品應用於個人電腦及工作站，另延伸市場於基礎建設、繪圖功能、手機顯示及其他客戶端應用。



圖 7-2 奇夢達公司之延伸市場

- 主要產品特色介紹：



圖 7-3 512M XDR  
512M XDR 目標市場為消費性產品應用，達 3.2G H z 高速，based on 75 奈米科技。



圖 7-4 GDDR5 standard  
GDDR5 standard(與 AMD 合作)主要針對繪圖卡(繪圖顯示科技?)應用，達 20GB/s 頻寬，based on 75 奈米科技。

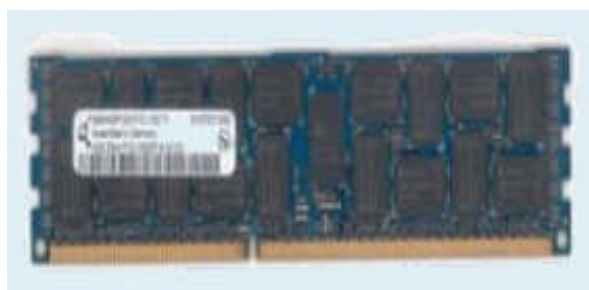


圖 7-5 DDR3 Products  
DDR3 Products- 以高效能著稱，而為引領市場先驅，應用於工業伺服器，可節能降低功率消耗及低耗電。

- DRAM 近代及未來成長表

預計 2007 年至 2012 年尚有 50% 的成長空間。

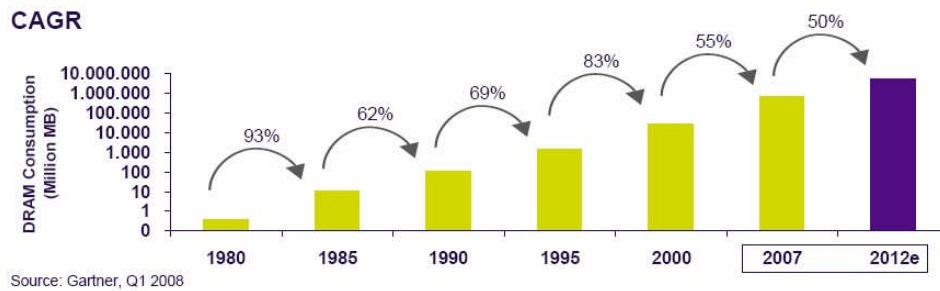


圖 7-6 DRAM 近代及未來成長表

- 新 DRAM 未來延展應用

未來預計可應用於 Entry Level Server、多功能印表機、手提電腦、手機。致力於可節能及降低功率消耗。

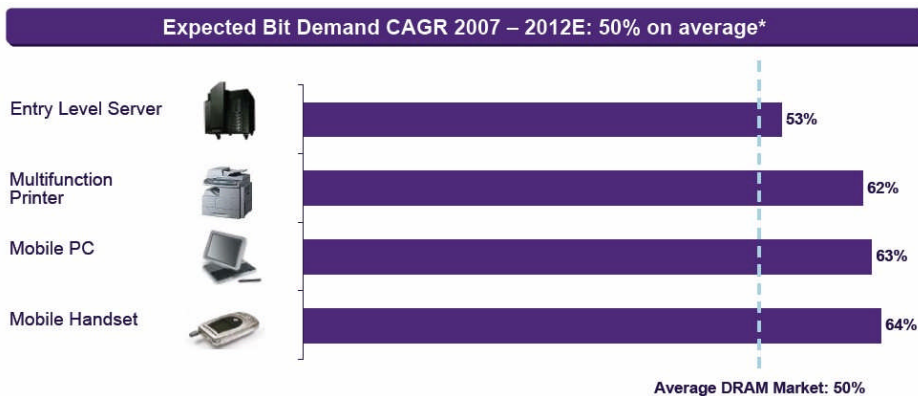


圖 7-7 新 DRAM 未來延展應用

- 未來將搶攻非 PC 市場

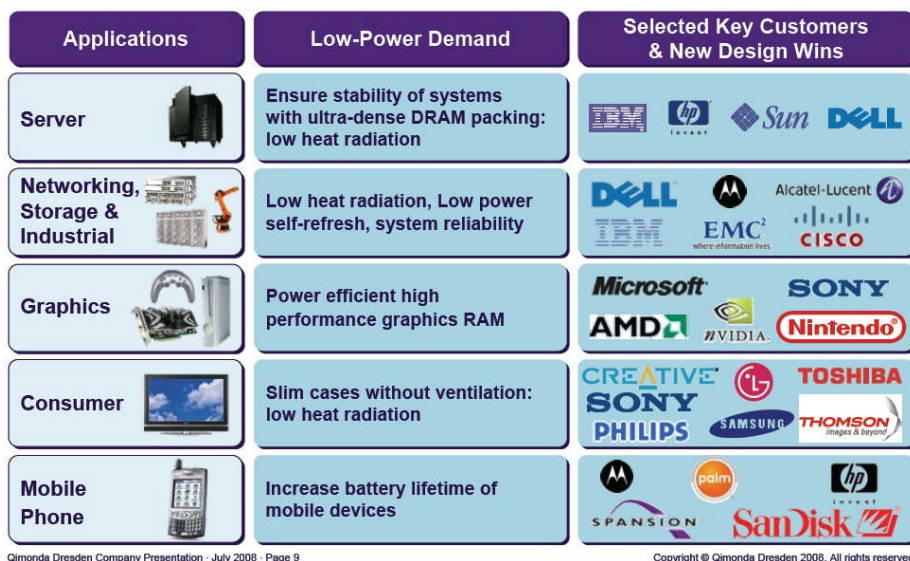


圖 7-8 新 DRAM 未來將搶攻非 PC 市場

## 奇夢達德勒斯登廠：研究與發展和引領先驅的工廠(PilotFab)

- 德勒斯登廠座落位置概述

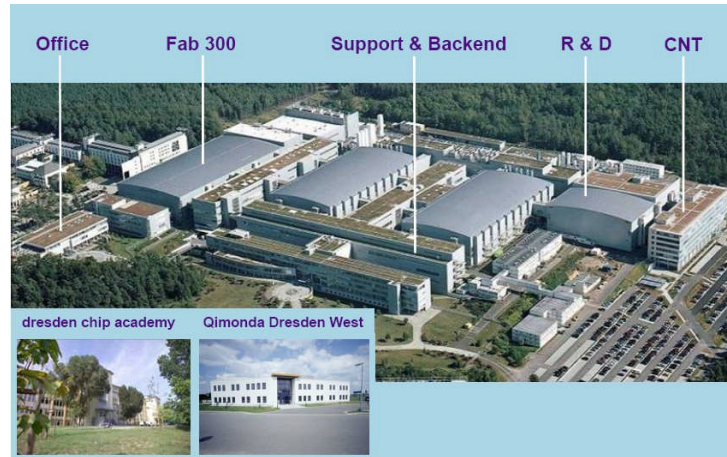


圖 7-9 德勒斯登廠位置概述

- 奇夢達德勒斯登廠的任務- 快速且成功的研發、躍昇、及轉換新科技。德勒斯登廠對於奇夢達公司而言，扮演了攸關勝敗與否的重要角色。
- 奇夢達強調群聚連結的概念，可讓轉換新技能有最快之效率及有事半功倍的结果。奇夢達以德勒斯登廠為核心進行研發，再移轉至加拿大瑞奇蒙、台灣華邦、華亞科技做中介技研加工，爾後產線最尾端則由葡萄牙波圖、中國蘇州及馬來西亞 Senai 廠做出貨前最後步驟。
- 整合 Pilot Fab 與 R&D 廠得使快速發展與技術躍進。

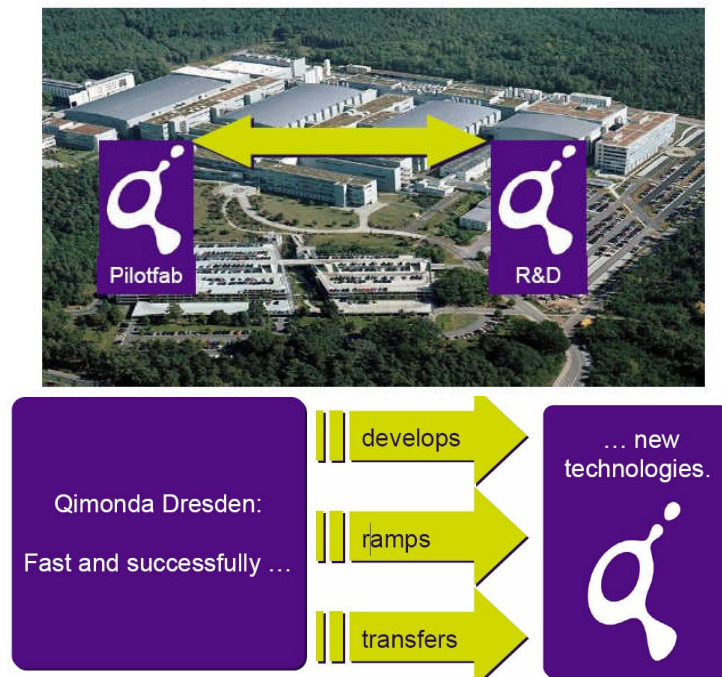


圖 7-10 Pilot Fab 與 R&D 廠整合示意圖



- 奇夢達德勒斯登廠的研發環境

德勒斯登廠是全歐洲最具規模的半導體研發中心，有超過 800 位優秀的工程師在此作最新科技的研發。

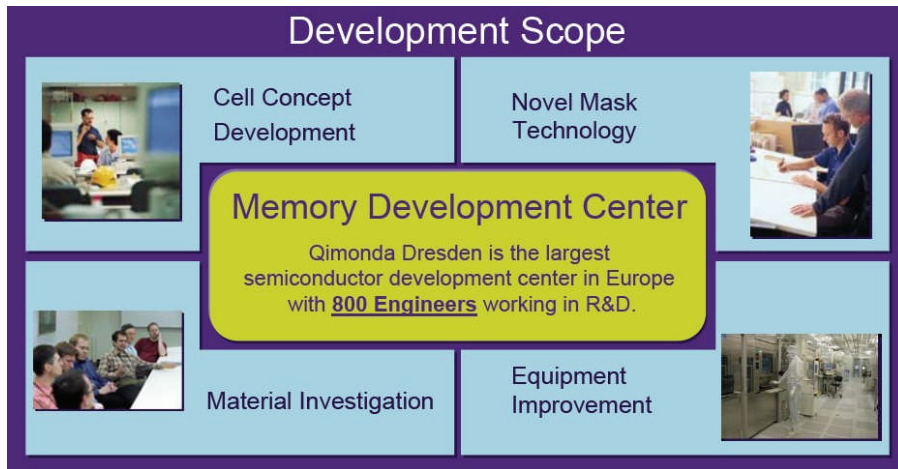


圖 7-11 奇夢達德勒斯登廠的研發環境

- 德勒斯登廠的人力資源

超過 3000 名員工為在地人才，約總數 80%，而國際性人才則約 200 人左右。

員工教育水平分布，大學畢業約 44%、專職教育體系為 7%，而 49% 則為經驗豐富的技術人員。

人力資源配置中，研發科技人才約占 27%，生產部門則占 44%，技術人員約 14%，而其餘行政及支援部門則有 15%。



圖 7-12 德勒斯登廠的人力資源百分比



- 德勒斯登廠從來自各國的團隊中取得研發創意靈感  
超過 40 個國家以上的人才為奇夢達德勒斯登廠獻上自己的專業。



圖 7-13 德勒斯登廠各國的專業研究團隊

- 德勒斯登廠提供專業進修教育：晶片學院(chip academy)  
20 間公司相互培訓及教育的成果，像一張具規模及系統的資訊網，讓薩克遜有如美國矽谷般。

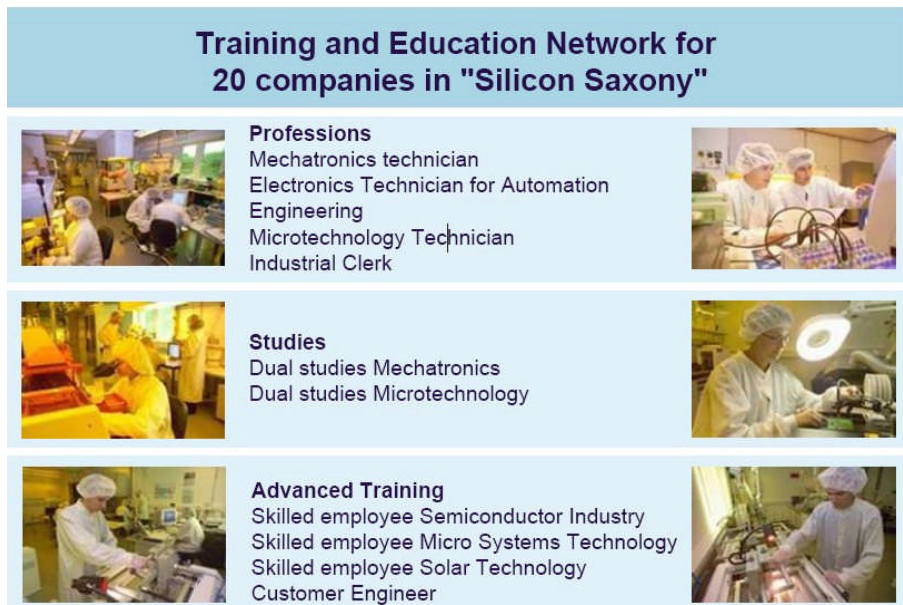


圖 7-14 德勒斯登廠提供專業進修教育：晶片學院

- 德勒斯登廠不斷地研發足以引領先鋒的半導體科技

在記憶體領域有最尖端的長期研發經驗，讓晶片尺寸可越見縮小，但晶圓技術則從 8 吋躍升至 12 吋

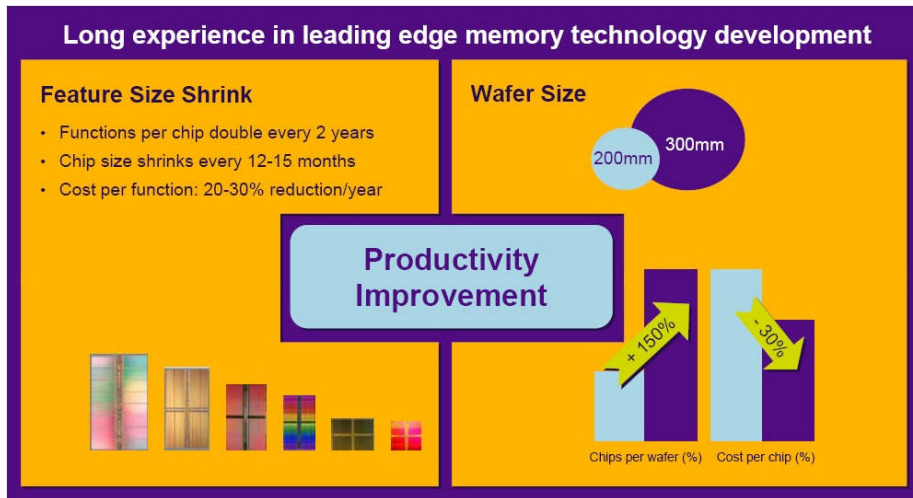


圖7-15 德勒斯登廠先進的半導體科技開發

- 介紹最新記憶體技術之里程碑

奇夢達與夥伴廠商爾必達(Elpida)在記憶體領域因發佈了單元面積僅有  $4F^2$  (F 為設計規則) 的 DRAM 而締造了最尖端的里程碑。

與爾必達的合作則更促使  $4F^2$  單元面積的 DRAM 可提早至 2010 年導入應用。

**Partnership with Elpida accelerates introduction of  $4F^2$  to 2010**

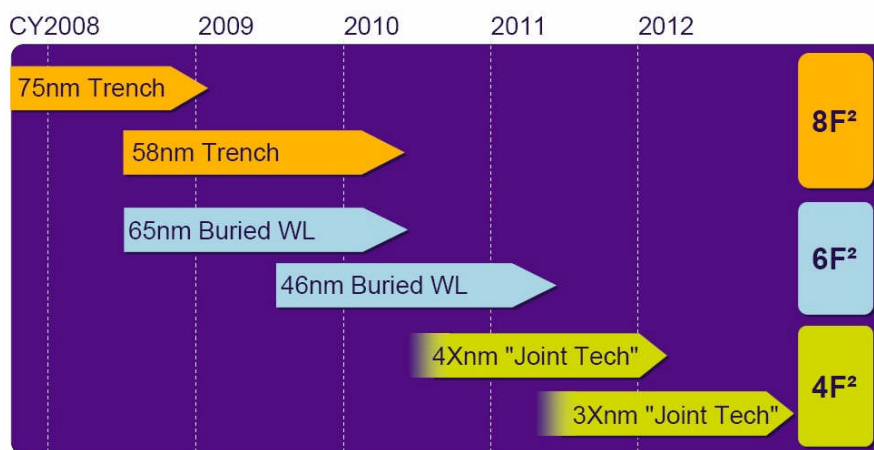


圖 7-16 記憶體技術之里程碑

- 65 奈米技術的埋入式閘極字元線連結 (Buried Wordline) 可於 1.5V 的電壓下運作的記憶體設計

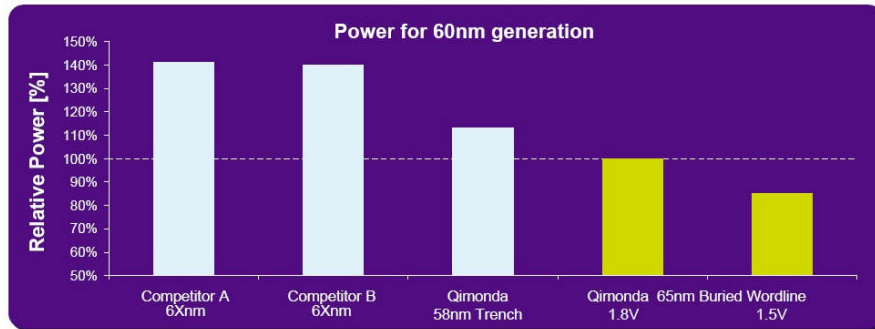


圖 7-17 65 奈米技術的埋入式閘極字元線連結的記憶體設計

- SO-DIMM 的節能效果

65 奈米的 Buried Wordline 因可有效節能，而將取代先前的 58 奈米溝槽式 DRAM 技術

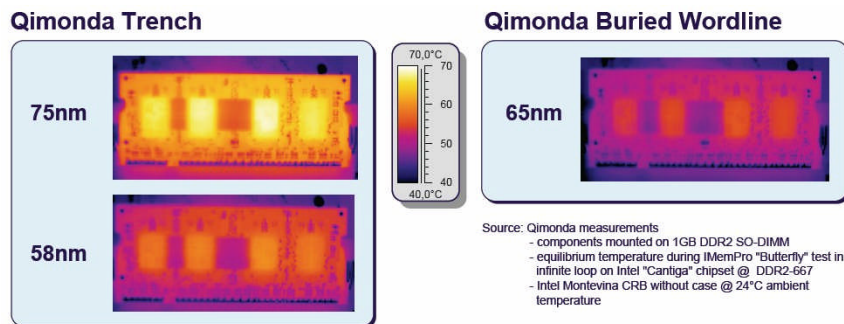


圖 7-18 DRAM 溝槽式技術

### 夥伴廠商與其合作關係

- 合作良久的夥伴廠商緊密配合，以達到技術交流與資源共享之效果

與之互動深遠的台灣廠商華亞科技與南亞科技，與奇夢達共同合資 300mm 晶圓製造廠；而華邦科技則是奇夢達移轉 90nm、80nm、75nm 和 65nm 奈米技術至華邦中科的 12 吋晶圓廠使用

Qimonda's Partners and Partnerships in Development and Manufacturing	
 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint 300mm manufacturing in Taiwan (36% ownership)</li> <li>• Co-development of 58nm DRAM technology</li> </ul>
<b>ELPIDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint Technology Development for 4F<sup>2</sup> DRAM technologies with feature sizes of 40nm and below</li> </ul>
<b>SONY</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint Development Center Qreatic Design</li> </ul>
<b>SanDisk</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint Development of MCP products</li> </ul>
<b>winbond</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• License of 90nm, 80nm, 75nm and 65nm DRAM technology in exchange for 12" capacity</li> </ul>
  	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Secure mask technology development</li> <li>• Production of worldwide leading-edge masks</li> </ul>

圖 7-19 德勒斯登廠之夥伴廠商

- 與優秀的合作夥伴關係共邁最先進的科技尖端



圖 7-20 德勒斯登廠與夥伴廠商共創新科技



## 八、參訪 Erlangen University

9月8日的早晨，Erlangen 大學的 Feldmann 教授非常熱忱的安排一輛大遊覽車到我們參訪團的旅館，將我們接往他的研究所。我們於 9 點鐘準時到達製造自動化暨生產系統研究所 (Institute for Manufacturing Automation and Production Systems)。進入會議室，我方由召集人介紹團員的背景資料後，就由研究所的主管 Feldmann 教授介紹他所領導的研究所之研究概況。

製造自動化暨生產系統研究所隸屬於 Erlangen 大學的工學院機械系。該大學共有 11 個學院，約 24,000 名學生，於 1743 年成立，是一所古老的大學；而工學院卻是直到 1966 年才成立，到了 1982 年才開始有機械系。機械系從當初的三個研究所膨脹到 26 年後的今日，有 6 個研究所，每個研究所各設一位正教授，總理教學、研究、與行政等所有事務。製造自動化暨生產系統研究所的 Feldmann 教授從創立服務以來，已經培養了 99 位博士生，在該所的辦公室一面牆上貼著所有歷屆博士生的照片，如圖 8-1 左所示。



圖 8-1 Erlangen 大學製造自動化暨生產系統研究所內部圖

這個研究所有一個佔地甚廣的 L 型平房，其中一間是一個模擬一般真實工廠的實驗室，如圖 8-1 中所示，充滿著工業用機器臂和輸送帶。Feldmann 教授另外受鈕崙堡市重託，在離 Erlangen 15 公里的 Nordostpark 高科技工業園區，主管機電整合研究中心 (competent center of mechatronics)。他有半週時間在該處上班，該中心也是模擬一般真實工廠的實驗室，只是重點在軟性電路板和模造連結裝置 (MID, Molded Interconnect Devices) 的生產製造，如圖 8-1 右所示。

在大學處的實驗室為製造自動化的研究，強調的是製造單元和自動組裝。物流與倉儲的改良研究以自動引導車為主，輸送帶的配置與控制也是研究項目。為了驗證各式策略，電腦引導的自動物流已經整合進此實驗室的範例工廠，工廠中的各單元都是以工業機械臂為主來從事組裝。工業界最感興趣的是組裝中處理不同元件的複雜技術，而此實驗室從安裝裕度，材料特性，和分類標準來著手，進而也從事抓取器的設計，雙機器臂合作運作等的研究。

對電子工業而言，引進高溫的熱塑性材料 (thermoplastics) 和他們的結構性硬化過程 (structured metallization)，開啟了電路板的新領域：模造連結裝置 (MID,

Molded Interconnect Devices)。MID 是在射出成型的熱塑性材質成品上佈上積體電路(參考圖 8-2 與圖 8-3 中的 3D-MID 由熱塑性基板和積體電路組成圖，與 MID 可以集成的功能示意圖，摘自網頁 <http://www.3d-mid.de/english/home/>)。MID 除提供技術和經濟設的潛力外，相較於傳統的印刷電路板，也具有環保優勢。MID 產品以汽車電子和通信器材為大宗，雖然也擴及電腦，家電和醫療設備。整體而言，每年有 20% 成長力。將電路與元件直接塗佈或和接於 3D 基板的整合技術已經可以達到節省 40% 的成本，其主因在材料的減少，邊界條件的簡化，和一些特殊的生產流程。這是 Nordostpark 高科技工業園區中機電整合研究中心的主要研究課題。

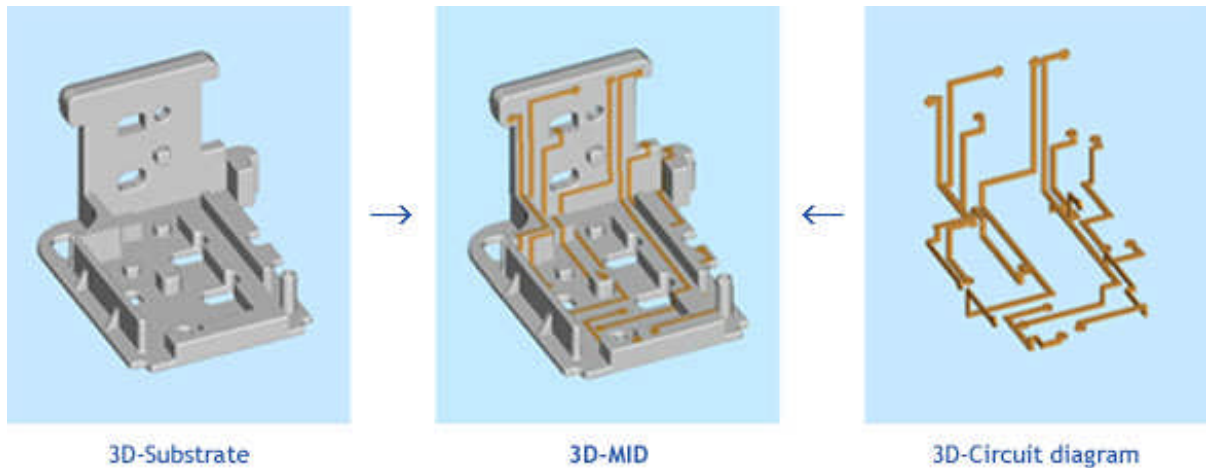


圖 8-2 3D-MID 由熱塑性基板和積體電路組成圖

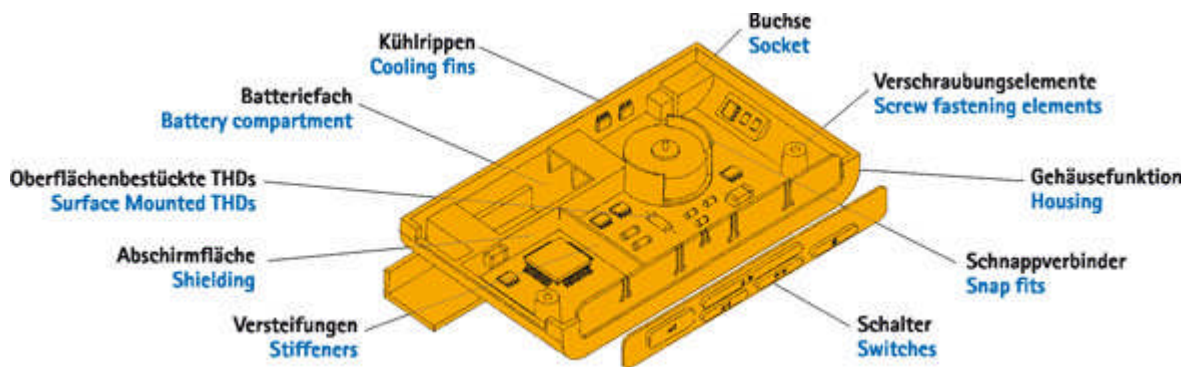


圖 8-3 MID 可以集成的功能示意圖

MID 的基板完成後需要數個製造過程，首先塗上導電膠或錫鉛，接著元件就可以被安置其上。由於複雜的 3D 幾何形狀，往往需要研發具特殊技術的安裝機台，諸如增加能作工件操作的多旋轉軸，和一些可撓性的工具等。將元件與基板接著所需的高溫焊接方法對基板的材質有耐高溫的要求。如果使用非耐高溫的熱塑材質，就要改用低熔點錫鉛或導電膠，甚至研發新的接著方法。一些值得研究的課題有材料研發與評估，接著的特性，焊接溫度曲線與控制，和成品可靠度分析。



MID 可以在使用者定義外形的電器產品上組合電子、機械和光學元件。因此，引進了新功能和提供電子產品小型化的機會。藉由省掉機械元件的組裝(例如螺絲和螺帽)，生產鏈可以縮短，進而增加可靠度；此外，基板本身具耐火性，易於回收處理，也是生態環保的產品。這些優勢正改變電子產品的生產。總結而言，MID 有三大優勢：

1. 設計彈性化：整合了機電與光學，形狀高變化性，小型化，增加新功能。
2. 經濟性：元件減少，縮短生產鏈，材料縮少，增加可靠度。
3. 環境親善：減少材料混合，材料可回收再用，縮減耗材，廢棄物易處理。

在 Feldmann 教授介紹完後，我們參觀了製造自動化的實驗室；陸續目睹下列的展示：電腦監控與電腦規劃、雙機械臂作搬運工作、雙機械臂作組裝、機械臂作餐點服務工作。

之後又用大型遊覽車將我們載往 Nordostpark 高科技工業園區中的機電整合研究中心，也陸續目睹了一些展示：MID 的製造機台與操作、各式用於汽車儀表的 MID 產品、軟板的一貫製程、不同材質的軟板、電路板品質檢測技術、X 射線作電路板 3D 檢測、高達 10000 等級的黃光實驗室作微機電相關研究。

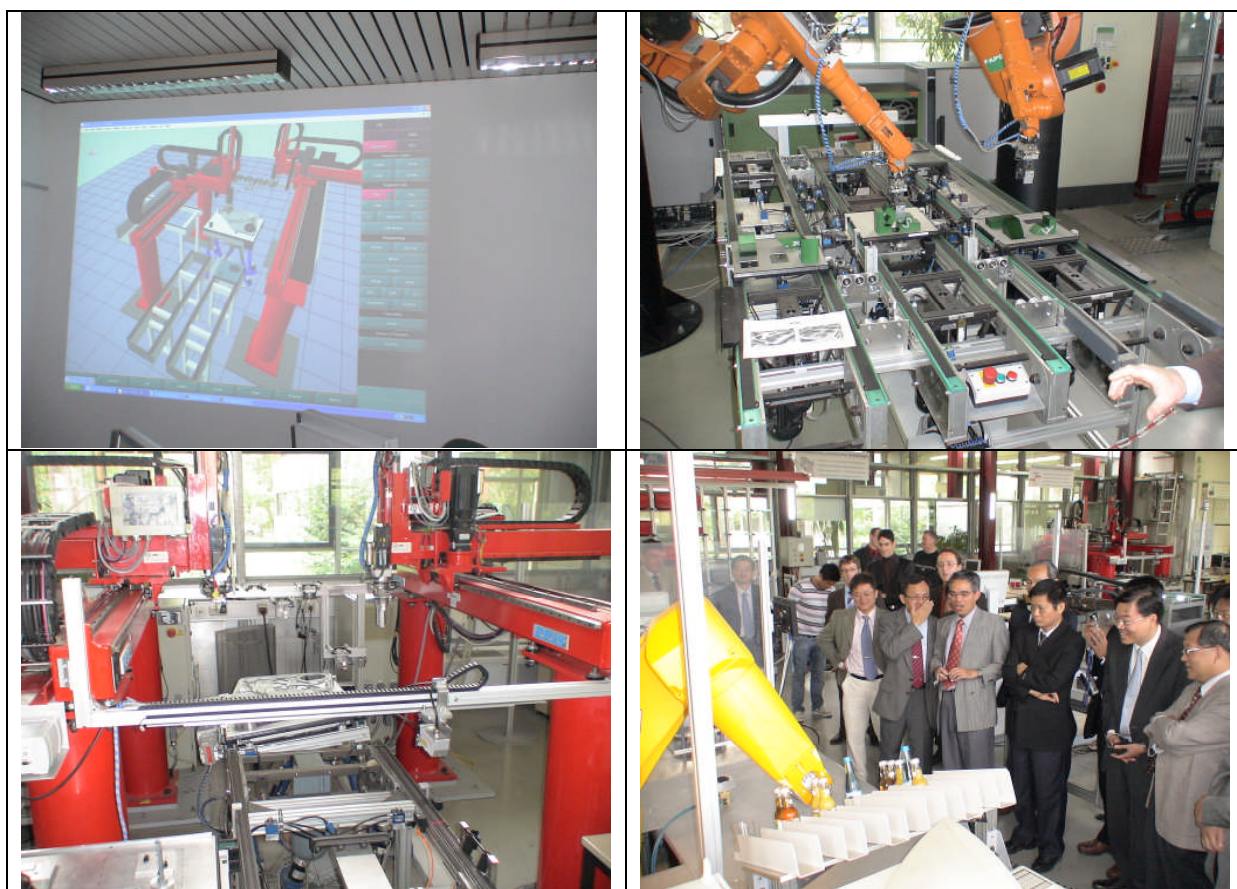


圖 8-4 Erlangen 大學製造自動化暨生產系統研究所製造自動化的實驗室



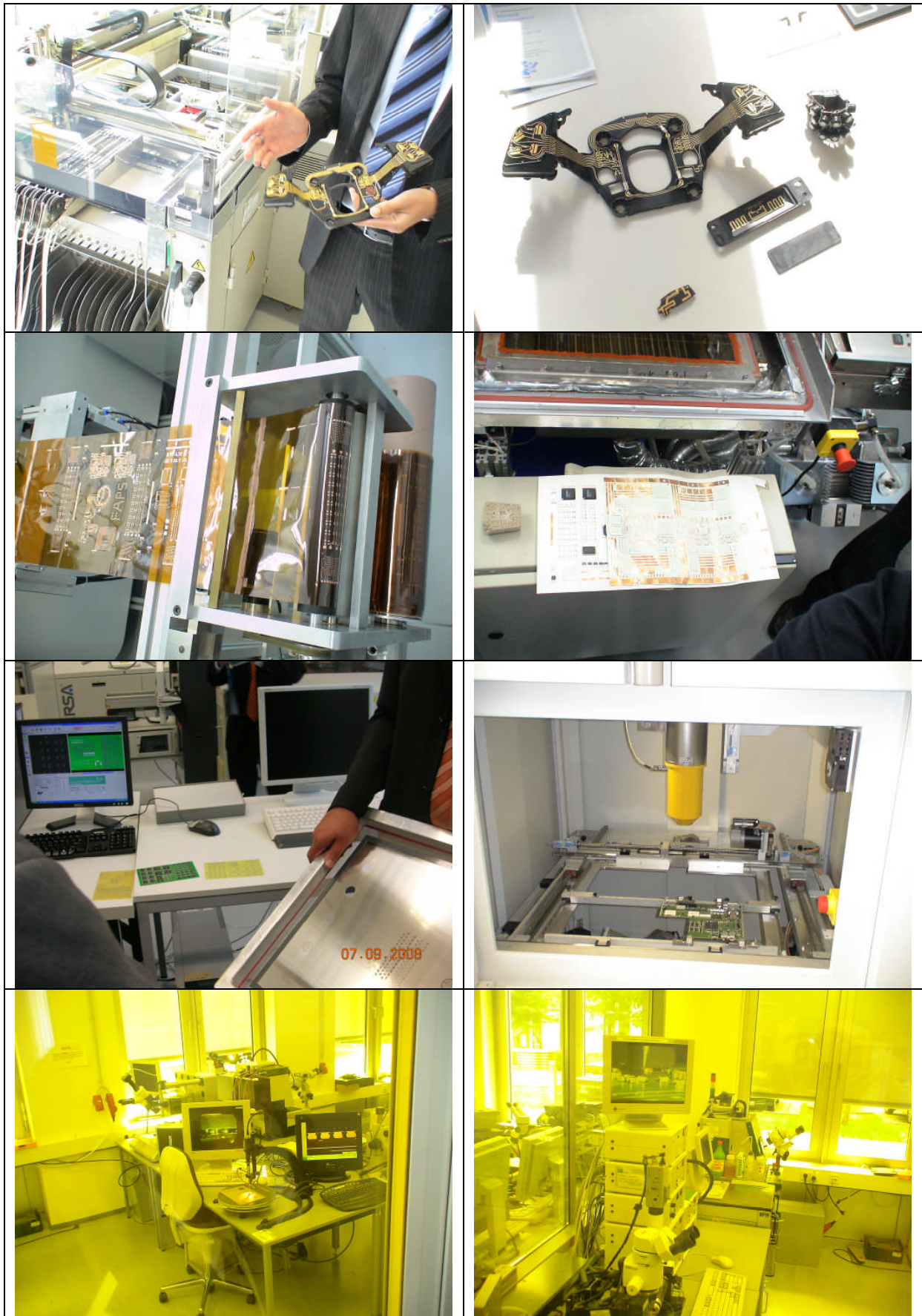


圖 8-5 Nordostpark 高科技工業園區中的機電整合研究中心

機械固力與自動化學門E化製造技術運用之現況國外參訪



## 九、參訪 Simens Erlangen GWE

參訪團於9月8日參訪 Simens Erlangen GWE，Simens Erlangen 的電子製造廠(GWE)是 A&D 事業部運動控制系統(MC)的一個部門。西門子 A&D MC 為工具機、天車設備，以及生產機器提供自動化系統與服務。Erlangen 的電子製造廠員工超過900人，負責為這些應用系統生產 0.7 kW 到 1.5 MW 功率範圍的 CNC 控制器與驅動器。該廠客戶涵蓋各種產業，包括包裝、紡織、塑膠、印刷、壓片與木材／玻璃／陶瓷／採石等工業所用的工具機、機器人、特殊機械，以及機械工程等。不過，該廠產品也使用於轉換、處理及工業用天車設備的一般性運動控制應用當中。

參訪 Simens Erlangen GWE 當天係由其公關部門之經理進行簡報，敘述 Simens 之管理制度及其自動化製造系統，並實地參觀其印刷電路之自動化製造系統及電源模組之組裝工廠。

### 印刷電路之自動化製造系統

PCB 的製造過程包括：影像（成形／導線製作）、塗佈阻劑、光阻劑藉由遮光罩經過 UV 光曝光、光阻劑顯影、蝕刻、鑽孔與電鍍、多層 PCB 壓合、處理防焊層、測試、零件安裝與焊接、進行 PCB 的最終測試等皆是藉由動動化設備完成，惟有較大型之電子元件如大型電容、變壓器、或連接器才需藉由人工裝配。

### 電源模組之組裝工廠

該電源模組之組裝工廠係如圖 9-1 所示：



圖 9-1 電源模組之組裝工廠

其所有之物料元件係放置於倉儲區之物料架上之各儲料盒，裝配人員於電腦螢幕選定工作項目後，倉儲區之物料架置放所需要裝配元件之儲料盒所設置之燈號會顯示紅燈，以引導裝配人員於選擇所需之裝配元件，裝配人員取出所要之元件後，按下儲料盒所設置之按鈕，即關閉該儲料盒上之紅燈，藉由該系統不但可讓裝配人員快速選擇所需之裝配元件及其數量，並可掌控倉儲區各儲料盒內元件之剩餘量，以利物料之管理。

### 自動化暨驅動系統

實地參觀之印刷電路之自動化製造系統及電源模組之組裝工廠，所看到的皆僅是硬體設備，而由西門子公司之網站上可知除了硬體設備外，其相關之自動化製造系統軟體係扮演重要之整合工作，故由該公司摘錄其自動化暨驅動系統如下：其自動化暨驅動系統整合了自動化、驅動設備、配電設備及機電組裝技術及檢驗與測試系統等。它的開放式平台設計，極具前瞻性，符合製程工業未來之需求，並確保能提供一最新、最經濟的解決方案。SIMATIC PCS7 的現代化設計及彈性化的架構，可實行對工廠最具成本效益的規劃及最經濟性的操作，這些優勢涵蓋工廠整個生命週期中的每個階段；從自動化專案的規劃、設計、施工、試車、訓練、操作、維修、保養乃至於將來之擴充，皆可輕易達成。

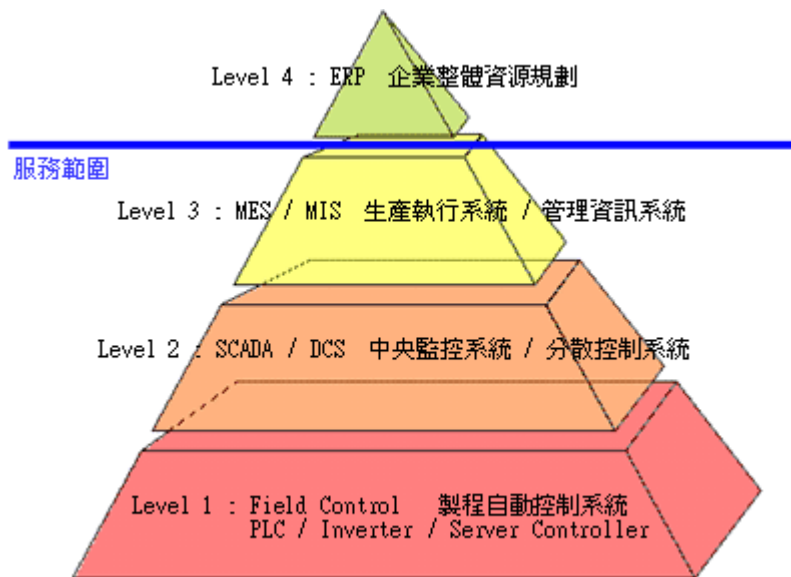


圖 9-2 自動化暨驅動系統整合示意圖

作為現代化製程控制系統的一員，SIEMENS PCS7 組合構成高整合性之全方位系統。它的系統特性涵蓋從現場工程至中央操作的各個階層，並且保證能廣泛地滿足一般製程控制系統的需求。

- 簡單及安全的製程控制
- 便利的操作及視覺化介面
- 快速及一致的全系統工程師介面
- 廣泛的現場網路 (field bus) 整合能力
- 彈性化的批次製程解決方案
- 高度系統開放性與 IT 作業環境直接整合連結

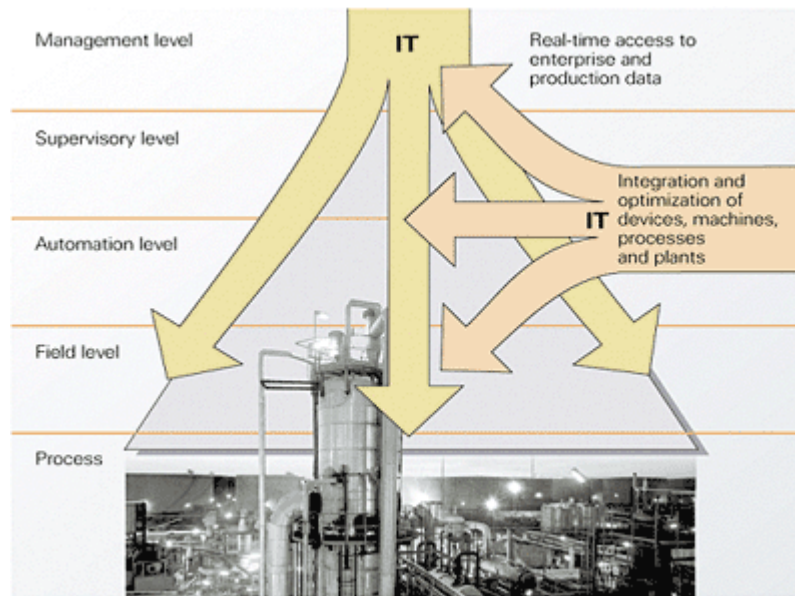


圖 9-3 SIEMENS PCS7 組合構成為高整合性之全方位系統

SIMATIC PCS7 系統功能舉例說明：

定義工廠初始操作

以工廠技術觀點制定操作策略

儀控 (I & C) 警報概念

系統存取保護/控制及操作權限之功能

系統監測及自我診斷功能

時間同步化功能

安全性導向應用之整合功能

從現場階層至操作及監視階層的完全複聯式系統

內建控制系統函數庫

從 CAD/CAE 系統輸入或輸出相關資料之功能

符合 ISA S88.01 之套裝批次製程軟體 (BATCH flexible)

## 水平整合：

SIMATIC PCS7 使用相同的 SIMATIC 標準元件，因此可輕易地與附屬製程作水平整合，其所使用的 SIMATIC 控制器尤其適用在開迴路控制及多數儀控需求。

SIMATIC PCS7 製程控制系統，結合所有相關系統之優點：

- 低廉之硬體成本
- 經過驗證之品質及穩定度
- 系統元件之簡便、快速的定義與選擇方式
- 備份元件及系統擴充所需元件只須極短之交貨期
- 世界性通用的控制元件

另一方面，藉由完全整合自動化 (Totally Integrated Automation) 的概念，SIMATIC PCS7 可輕易整合其他系統。

## 垂直整合：

在企業環境內之系統垂直整合，包括兩方面：

- 全企業之資訊網路整合
- 現場系統之整合

在操作管理階層，運用國際性資料交換工業標準，如 Ethernet、TCP/IP、OPC、@aGlance 或 SAP R3/PP-PI，可使 SIMATIC PCS7 製程控制系統輕易地與全企業資訊網路作整合。

SIMATIC PCS7 提供可資全企業利用的製程資料給相關之應用系統，例如：

- MIS (Management Information System) 管理資訊系統
- MES (Manufacturing Execution System) 生產執行系統
- ERP (Enterprise Resource Planning) 企業整體資源規劃

## 高階製程控制：

SAP R3i-PI 為經過認證之 SAP 介面，可用來連結 SAP/R3 之 PP-PI 模組。此一介面連結 SAP/R3 至 PCS7 軟體套件 BATCH flexible 作批次製程的配方控制自動化。



@PCS7 Server 及其相應之 Web@aGlance/IT client 可使製程透過 Intranet 或 Internet 作遠端或全球線上即時監視。這表示高階資訊系統可透過@aGlance 介面連結至 SIMATIC PCS7。因此 SIMATIC PCS7 可透過上述簡單的方式，提供至 IT 環境的存取路徑。

### 現場系統整合：

SIMATIC PCS7 特別適合將現場系統整合到製程控制系統。工廠內之現場設備是否為傳統或智慧型設備（如：HART 通訊協定）或最新科技具通訊能力之現場設備；並非十分重要。具備通訊能力之現場設備，可透過符合國際標準 IEC 61158 之 PROFIBUS - DP/PA 連結至製程系統，此一現場網路（field bus）亦具備複聯能力（Redundant）。

PROFIBUS - PA 亦可將防爆區域（Ex Zone）內之現場設備合併納入系統。PROFIBUS - DP 可藉由分散式 I/O 上之隔離變壓器作信號隔離，應用於危險區域。於防爆區域內（Ex Zone）亦可將傳統現場設備及具 HART 通訊能力之現場設備整合進來。

SIMATIC PDM (Process Device Manager) 可允許系統透過 PROFIBUS - DP/PA 或 HART 介面，於工程師工作站做全廠現場設備之參數設定工作。國際通訊標準如 PROFIBUS 及 HART 使本系統更開放，此外，較簡單之作動器及感測器可透過 AS-Interface 連結至 PCS7，建築物自動化元件亦可透過 EIB instabus 連結至 PCS7 系統。

### 可塑性及開放性的系統：

除了針對製程控制系統特定的軟體設計外，SIMATIC PCS7 的硬體亦為特選之 SIMATIC 標準元件。

- 根據專案及工廠之需求，可選擇各式各樣功能強大的自動控制系統
- 逐步地合併分散及集中式 I/O
- 從單一用戶之初始系統擴充操作及監視功能至具用戶端/伺服器（Client / Server）架構之多用戶系統
- 藉由外掛各式軟體及硬體以擴充操作者工作站之功能

上述特性，意謂 SIMATIC PCS7 可以最佳之架構及最低之成本符合工廠之系統需求。Simens 詳細研究資料請參考相關之西門子公司網站及參訪團攜回國內之檔案資料。

## 十、參訪 Institute for Microstructure Technology/ Karlsruhe

九月九日全團一行 15 人前往位於德國 karlsruhe 市北郊的卡斯魯爾研究中心 (Forschungszentrum Karlsruhe, FZK) 的微機電研究所 (Intitute of Microstructure Technology, IMT) 訪問，由副所長 Dr. Bacher 親至大門迎接，由所長 Prof. Dr. Saile 全程接待並做簡報。Forschungszentrum Karlsruhe (Research Center Karlsruhe) 的前身是 Nuclear Research Center Karlsruhe (KFZ Karlsruhe) 為德國昔日最大之核能研究重鎮。在九〇年代德國自政策上不再發展核能、核電等技術後，迅速轉型成為尖端科技的研究重鎮。在德國聯邦政府以及巴登符騰堡州政府大量研究經費的挹注下，在原址發展出巴登符騰堡科學園區 (Science and Technology Park Baden-Wuerttemberg)，而 Karlsruhe 核能研究中心將其研究領域重整並結合新興科技，在組織架構下改隸財團法人 Hermann von Helmholtz 研究基金會，該基金會為一財團法人組織轄下共有 15 個研究中心，共有 26500 研究人員與員工。FZK 並與 University Karlsruhe 結合成立 Karlsruhe Intitute of Technology，故 FZK 與 University Karlsruhe 的許多研究所同屬於這兩個單位，既有學術的資源，更有聯邦與工業界研究經費的廣大來源，並能自謀營利。經多年持續發展已成為歐洲最大的科學與工程研究中心之一。FZK 的研究重點分為五大領域，分別是 1. 物質結構 2. 地球與環境 3. 健康 4. 能源 5. 尖端科技。FZK 的園區照片如圖 10-1，我們所參訪的 IMT 主要是圖中的 “Microstructure Technologies”， “Instrumental Analysis” 及 “ANKA” (同步輻射中心) 三大部門。

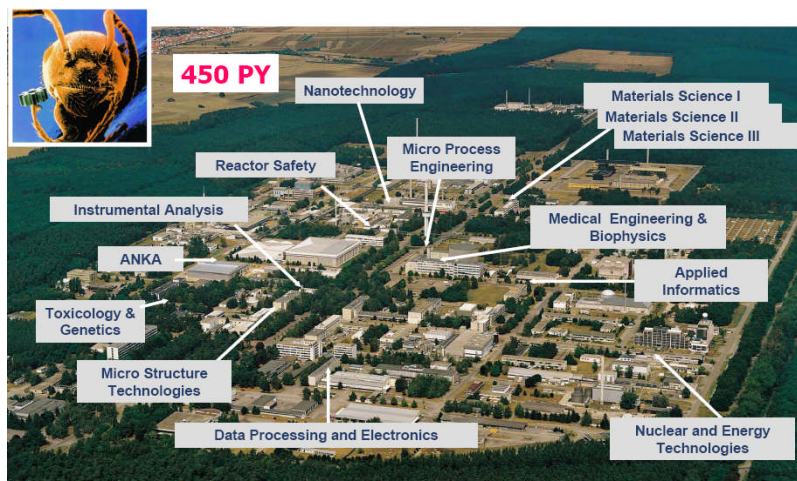


圖 10-1 FZK 研究中心空照圖

The Institute of Microstructure Technology (IMT) 是 FZK 轄下最重要也是最著名的研究單位，微機電製程中的 LIGA Process，(Lithographie ,Galvanofornung, Abformung, 英譯 X-ray lithography ,electroforming and molding) 即是在 1980 年代在當時 IMT 的前身 Institute of Nuclear Process Engineering 在 Prof. Becker 及 Prof. Ehrfeld 的領導團隊中所發展出來的。當時利用 X-Ray 深次微米蝕刻技術可以做

到解析度 0.2 $\mu$ m 深寬比達到 5000/1 的圖案。參訪此一研究所即是參訪 LIGA 技術甚至微機電技術的開山始祖。

在 Helmholtz 基金會下有一大型五年研究計畫稱之為”Nano Mirco”，FZK 研究中心內共有 16 個研究所參與此一計畫，參與之研究人員達 350 人，每年預算達 5000 萬歐元，而 IMT 的大多數資源均投入此大型計畫中。為了更有效率地執行此計畫，在 FZK 的 16 個研究所的架構下成立了一個名為”Karlsruhe NanoMicro Facility”的研究資源平台，平台下整合成為三個大的實驗室分別為 1. Laboratory for Micro and Nano Structuring, 2. Laboratory for Microscopy and Spectroscopy, 以及 3. Laboratory for Synchrotron Radiation and Characterization。

該所目前的研究重點在設計、製造、組裝各類微機電結構應用於科學、生醫、工業等領域並專研更新的微奈米機電結構與元件的製造方法。該所發表之論文、獲得之專利、實際上之工業應用以及從中之獲利不論從規模及水準上均執全世界之牛耳。鮮少有學術研究單位能從基礎研究一路做到工業應用甚至生產如此徹底者。IMT 分為光學及光電子學 Optics and Photonics, 微流體及傳感器技術(Microfluids and Sensor Technology), 微圖案複製(Replication)及微製造(Microfabrication)四大研究部門以及 LIGA 旗艦計畫。該研究所之所長為 Prof. Volker Saile, 副所長為 Dr. Walter Bacher。所長 Prof. Saile 於 1976 年於慕尼黑大學取得物理博士後, 至 1989 年為止均任職於位於漢堡之德國同步輻射中心至副主任之職位, 並於 1989 至 1998 在美國路易斯安那大學擔任教授, 於 1998 年起回德國任 IMT 所長至今。Prof. Saile 在國際上同步輻射領域, 聲譽卓著, 一直擔任國際同步輻射委員會之評議委員, 與我國同步輻射學術界甚為熟悉, 他也曾任我國同步輻射中心之評議委員(或顧問)。

訪問開始首先由 Prof. Saile 做有關 FZK 及 IMT 的簡報, 詳述了 FZK 的架構以及 IMT 的組織任務與目前最新的研究方向與研究成果, 接者分成兩組分別由 Microfluid 部門主任 Dr. Guber 與 Replication 部門主任 Dr. Worgull 帶領詳細參觀了該所各個實驗室。下午並由 Dr. Börner 帶領參觀位於 FZK 的同步輻射中心 ANKA(Ångströmguelle Karlsruhe, 直譯為卡斯魯爾埃米(Å)射源), 直至下午四時全部參觀結束。以下就重點部門做一扼要性之介紹：

### 光學及光電子學部門(Optics and Photonics)

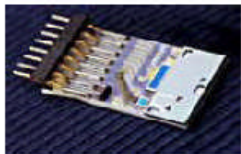
該部門主要分成 1. Photonic systems, 2. Biophotonics, 3. X-Ray lithography, 4. X-Ray optics, 5. Electrochemical process 等研究領域。在 Photonic systems 方面的主要研究成果是利用 LIGA 為主的方法製作微光學陣列元件的光電元件, 已有許多模組化的應用包括光電集成板, distance sensor, electrostatic actuator, array micro-spectrometer 等等, 如圖 10-2 所示。在 X-Ray lithography 方面主要是利用 FZK 之同步輻射研究中心 ANKA 之同步輻射源製作高深寬比之深次微米元件, 若干實例如圖 10-3 所示。IMT 為 LIGA 製程之始祖, 憑

機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

藉其多年之經驗以及強大之 ANKA 支援設備與人力， X-Ray LIGA 製程之研究成果，至今仍保持全球領先的地位。在 X-Ray optics 方面，近年主要研究重點置於發展 X-Ray 用之折射透鏡。對 X-Ray 而言絕大多數材料都是透明材料，因此該研究所利用 LIGA 製程製作 X-Ray 波長適用之 X-Ray 透鏡，以鎳為材料製作次微米等級之圖案結構可以做為 X-Ray 聚焦之用，如圖 10-4 所示。以目前之技術已可將 X-Ray 光束聚焦至 450nm 的直徑，未來努力目標將 X-Ray 聚焦至為 100nm 直徑，其潛在用途為 X-Ray 光譜儀。圖四顯示 IMT 發展的各類複雜微結構的 X-Ray 透鏡，技術先進獨步全球，尚無能出其右者。



Microoptical assembly board for a distance sensor.



Electrooptical board.



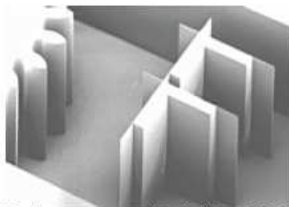
Electrooptical subsystem, consisting of a microoptical assembly board and an electrooptical board.



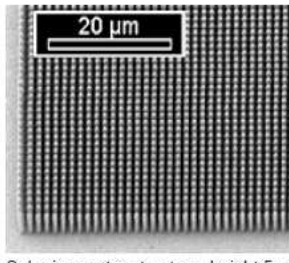
Microoptical fiber switch with electrostatic actuator.



Exposure station at ANKA.



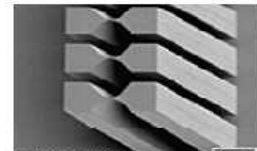
Resist structure with a height of 500  $\mu\text{m}$  (smallest width 5  $\mu\text{m}$ ).



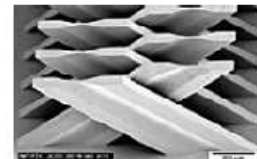
Submicrometer structure, height 5  $\mu\text{m}$ , structural width 350  $\pm$  20 nm.



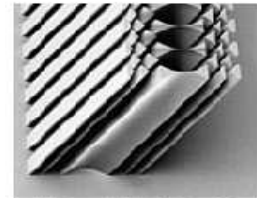
Row of parabolic lenses.



Parabolic lenses, tilted by 45°.



Rows of crossed parabolic lenses.



Mosaic lenses, tilted by 45°.

圖 10-2 微光電元件

圖 10-3 LIGA 製程製作之高深寬比微元件

圖 10-4 複雜形狀之 X-Ray 微透鏡微型圖案模組

### 微流體(Micro-fluids)部門

該部門主要分成 1.Nano/Mico-capillary Systems，2.Biosensor Technologies，3.Lab-on-chip Systems 三個小組。其中在 Nano/Mico-capillary Systems 的主要研究成果為發展出毛細電泳之微流體 lab-on-chip 晶片系統，利用 Hot Embossing 或 micro-injection molding 方法製作  $\mu\text{TAS}$  晶片。其中最大之成就為已成功製作出一個大面積具有 96 個電泳系統的檢測板，可用於 DNA 檢測以及生物科技界之大量快速篩檢，其成品如圖 10-5 所示。也可以利用 deep



UV-lithography 製作出生物檢測晶片適用之生物微流道系統如 nanoscale flow cell，如圖 10-6 所示。在 Biosensor 方面則發展出以表面波導氣體分析儀(SAW Gas sensor)之生物感知晶片或儀器。並已成功的將此研究成果商品化，稱為「電子鼻」(electronic nose)，並已技轉作為商業用途，如圖 10-7。在 Lab-on-chip 方面主要仍是以毛細電泳的微型發展為主，其基本原理如圖 10-8 所示。而所發展出之毛細電泳晶片之製造材料有 PDMS , PMMA , Polyimide 或 PEEK 等材料。並已發展出商業化的可攜式現場監測毛細電泳晶片系統。如圖 10-9。

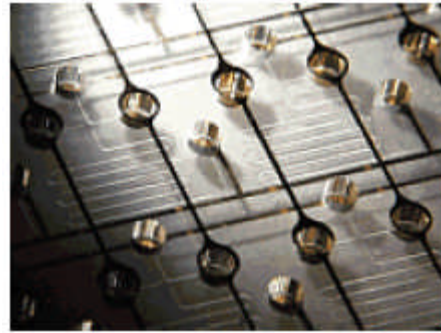
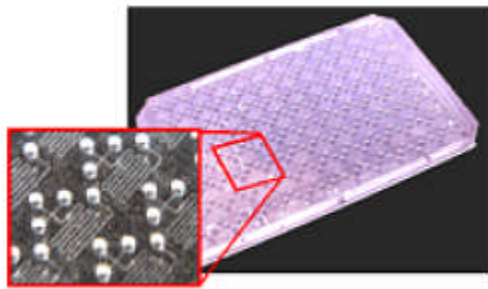


圖 10-5 大面積分析用晶片由 96 個相同的微流體毛細電泳構成

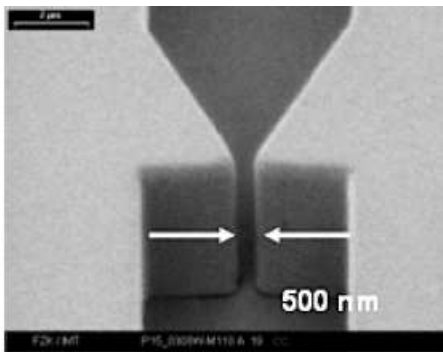


圖 10-6 Nanoscale flow cell

圖 10-7 電子鼻(氣體 sensor)之商業廣告

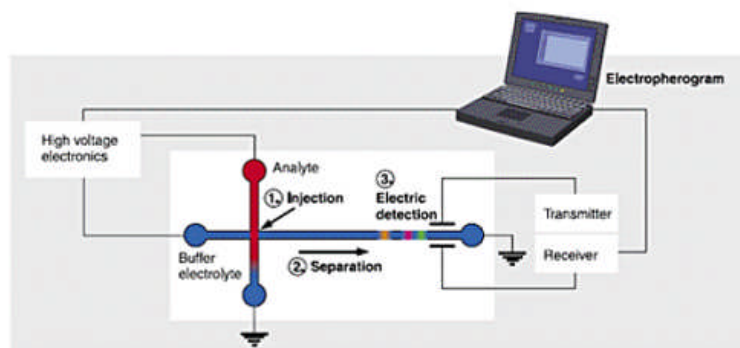


圖 10-8 微細毛細電泳基本原理

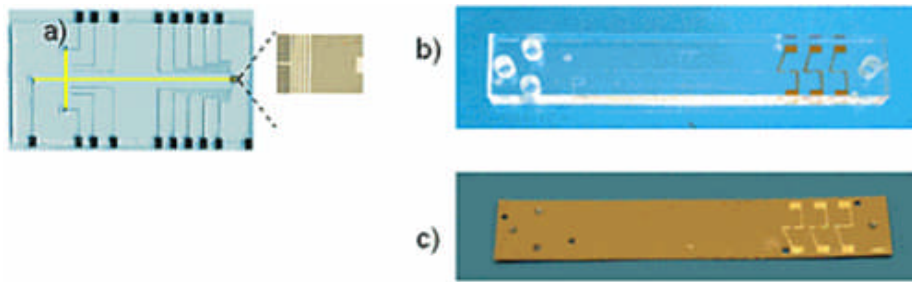


圖 10-9 微細毛細電泳晶片實物照片

## Replication 部門

該部門之主要技術為 micro-hot embossing 以及 micro thermal molding，近年的研究領域則是以 polymers 為主的微米與奈米壓印製程。其技術研究主要目的是提供微流體、微光電、微機電系統所需之複雜或重複性微結構。能夠壓製高深寬比微結構是其特點。此外該部門有一部 Wickert 奈米壓印設備可以大量生產奈米壓印之微結構，噸位雖甚大，但可微調之負荷解析度亦甚佳可至 0.1N，是甚具特色之奈米壓印設備，如圖 10-10。該研究所製作金屬微型模具之技術亦甚為紮實，大量製作微電泳所需之精密黃銅模具亦均利用大面積 LIGA 製程自行製備，是完全工業級的應用，如圖 10-11 所示。

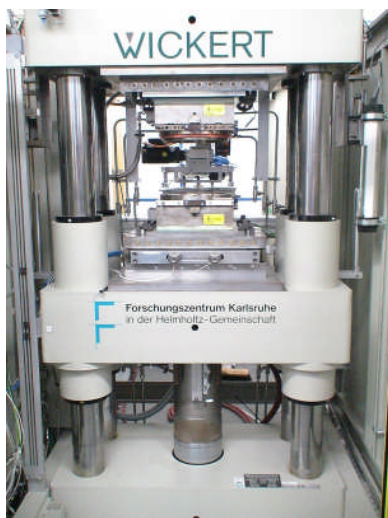


圖 10-10 Wickert 大型微奈米壓印機

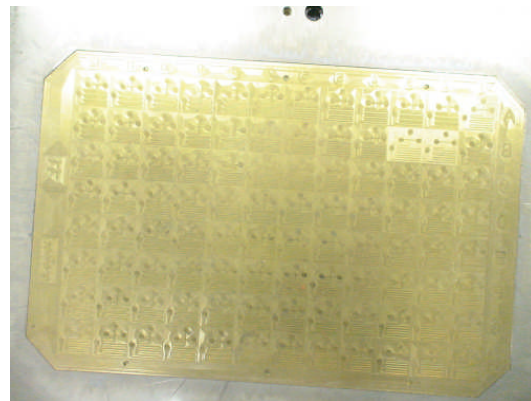
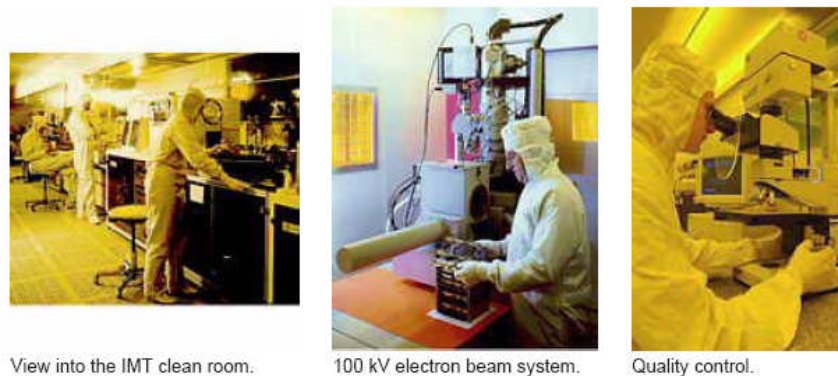


圖 10-11 微奈米壓印製作電泳晶片之大型黃銅模具(LIGA 製程製作)

## 微製造部門

該部門是支援 IMT 之研發以及先導生產之最重要部門，其設備包括 Plasma Process 之 CVD,PVD 及 RIE,光學 lithography 製程, E-Beam writer,電鍍、電鑄及蝕刻設備，蒸鍍，濺鍍，離子束鍍，X-Ray 及 LIGA 設備以及所有必須之微米、奈米檢測設備等，圖 10-12 是其部份設備之情況。IMT 之五年型旗

艦計畫藉助微製造部門之協助近年完成了協助精密機械業開發微型鐘錶元件之 LIGA 製程計畫並以推進至先導生產階段，圖 10-13 與圖 10-14 顯示這些微型元件以 LIGA 製作之模仁以及成品之部份放大圖。



View into the IMT clean room.

100 kV electron beam system.

Quality control.

圖 10-12 微製造部門部分設備



圖 10-13 製作於晶圓上之微型鐘錶元件模仁及其藍圖



Watch parts made of hard gold.

圖 10-14 微型鐘錶元件實體件

### ANKA(Angstromquelle Karlsruhe)

卡斯魯爾埃米射源 ANKA 是 FZK 內的同步輻射中心，於 1997 年開始規劃，1998 年開始興建，2000 年開始第一個實驗，2002 年第一篇研究成果期刊出刊 ANKA 同步輻射加速器主要用於下列研究領域：(1)condensed matter，Micro and Nano technology，(2)Environmental Research，(3)Synchrotron technology and instrumentation.

ANKA 同步輻射加速器之規格如下：

Circumference:~110 m, Beam current: ~180-200 mA，

Photon flux @  $\epsilon_c$ : 5 10<sup>12</sup> h/s/0.1%BW/mrad



Energy: 2.5 GeV, Emittance: 88 nm rad, Brilliance @  $\epsilon_c$ :  $5 \times 10^{13}$   
ph/s/0.1%BW/mm<sup>2</sup>/mr<sup>2</sup>

ANKA 加速器有三條 X-Ray beam lines，分別做高解析度之 X-Ray mask making，deep X-Ray lithography 以及 ultra deep X-Ray lithography。結合 E-beam 與 X-Ray 來製作光澤可以製作達 200nm 線寬之光澤(光阻約 200 $\mu$ m 厚)這是 laser lithography 或 uv-lithography 無法達到的 IMT 在 X-Ray lithography 技術上有其開創及領先的地位。除此之外 ANKA 加速器也可以提供紅外線與 X-Ray 之光譜分析光束及紅外線與 X-Ray 之散射與成像光束。ANKA 之配置圖與全貌分別如圖 10-15 與圖 10-16 所示。

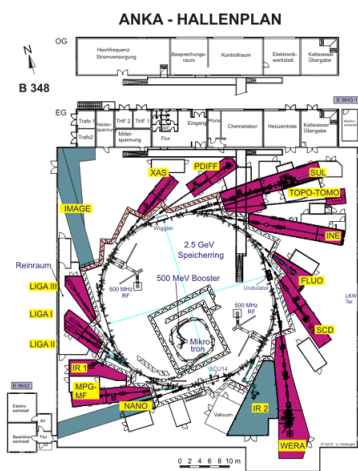


圖 10-15 ANKA 射源配置圖



圖 10-16 ANKA 射源全貌



## 十一、參訪 Department of Microsystems Engineering at University of Freiburg

參訪團於9月10日參訪 University of Freiburg 之 Department of Microsystems Engineering (IMTEK)，該系自西元2000年開始營運，是一個相當年輕的系所。IMTEK 現任系主任為 Prof. R. Zengerle，全系共有20位教授，每位教授所領導的實驗室另外各約有4至5位博士後等級的 Group leader。該系的使命為：

- Covering MEMS from its foundations via
  - Design and simulation
  - Fabrication technologies
  - Materials
  - Systems development to
  - Applications
- Develop microcomponents as well as complete Microsystems
- Educating new kind of engineers with strongly interdisciplinary expertise

該系在教育上強調：

- Interdisciplinarity
  - Basic education in electrical engineering, physics, computer sciences, chemistry, materials science, technology
- Hands-on experiences
  - Lab classes in the clean room, electronics and chemistry lab classes, ...
- Systems and application oriented
  - Broad, encompassing view
- Fit for business – non-technical education
  - Project management
  - Intellectual Property Rights
- Technical specialization areas in the masters program
  - Materials and technologies
  - Systems engineering
  - Life science
- International exchange programs, notebook university, inventors club, alumni club

IMTEK 各實驗室的研究方向如下：

■ Laboratory for Microsystems Materials (Prof. Dr. Oliver Paul)

- CMOS based MEMS
- Technology development
- Thin film characterisation
- Physical sensors
- High-temperature MEMS
- Microstructures for life science

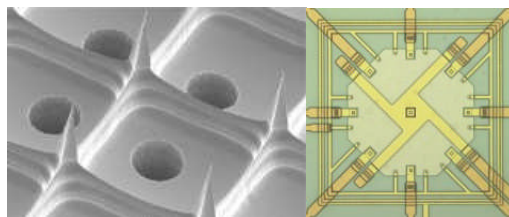


圖 11-1 Microstructures for life science

■ Laboratory for Process Technology (Prof. Dr. Holger Reinecke)

- Nano imprinting
- Ultra-precision-milling
- Electrochemical micro-processing
- $\mu$ -wire electro discharge machining
- Injection moulding
- Hot embossing

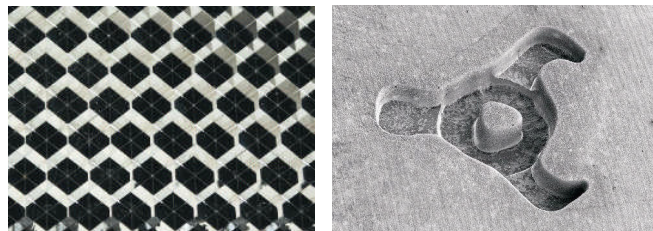


圖 11-2 Hot embossing

■ Laboratory for Materials Process Technology (Prof. Dr. Jürgen Haußelt)

- Microstructured ceramics
- Polymer-nanoceramic composites
- Suspensions of ceramic nanopowders
- Screen printing of microstructures
- Ceramics for dental restorations

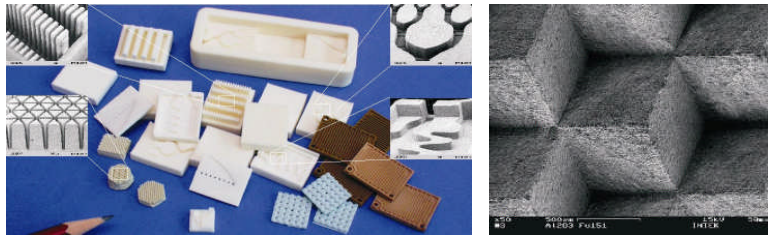


圖 11-3 Ceramics for dental restorations

■ Laboratory for Chemistry and Physics of Interfaces (Prof. Dr. Jürgen Rühle)

- Polymers for MEMS
- Biomaterials & nanoparticles
- Surface characterization
- New microstructuring processes
- Chemical microstructuring
- Nanochemistry

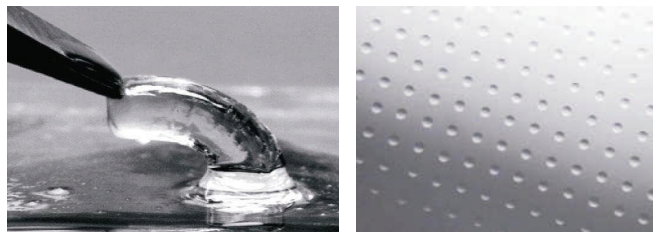


圖 11-4 Nanochemistry

■ Laboratory for Assembly and Packaging (Prof. Dr. Jürgen Wilde)

- Design-for-reliability in mechatronics
- Packaging influences on sensor functions
- Polymer actuators
- High temperature sensors

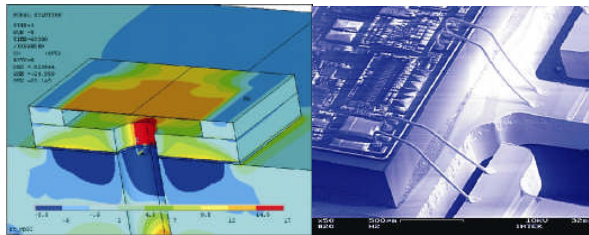


圖 11-5 High temperature sensors

■ Laboratory for Electrical Instrumentation (Prof. Dr. Leonhard Reindl)

- Wireless passive sensors
- Smart wireless autonomous MEMS
- Wireless sensor actuator networks
- Energy autonomous microsystems
- System on chip (FPAAs, FPGAs)
- Surface acoustic wave devices (SAW)
- Materials for SAW devices

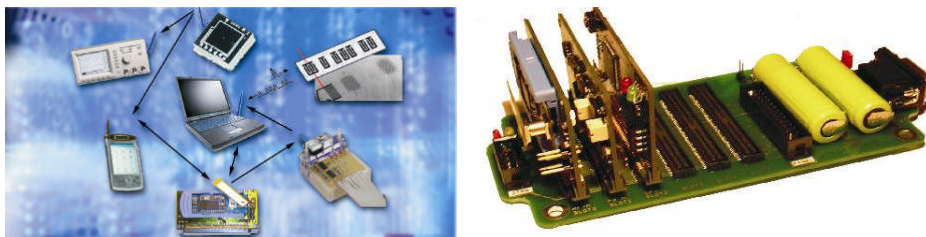


圖 11-6 Materials for SAW devices

■ Laboratory for Microelectronics (Prof. Dr. Yiannos Manoli)

- Mixed signal circuits
- Low voltage / low power design



- Analog / digital converters
- Sensor interfaces
- Wireless sensor networks
- Digital design techniques

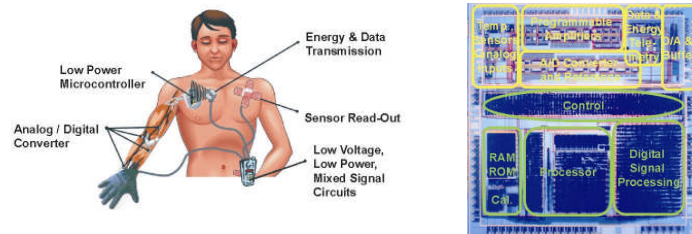


圖 11-7 Digital design techniques

- Laboratory for Microactuators (Prof. Dr. Ulrike Wallrabe)
  - MEMS actuation principles (electrostatics, electromagnetics, fluidics)
  - Optical MEMS (lenses, interferometers, spectrometers)
  - Medical MEMS (end effectors, positioning systems)

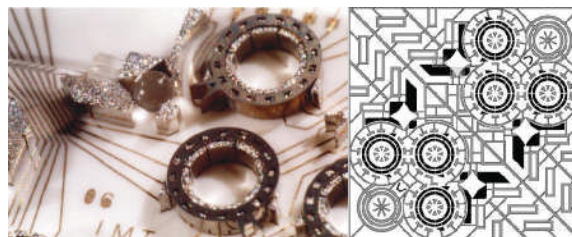


圖 11-8 Medical MEMS (end effectors, positioning systems)

- Laboratory for Microsystem Simulation (Prof. Dr. Jan Korvink)
  - Advanced simulation technology such as topology optimization
  - Low cost affordable MEMS by Inkjetting, wirebonding, flexible substrates
  - Magnetic resonance microsystems for cell & brain imaging

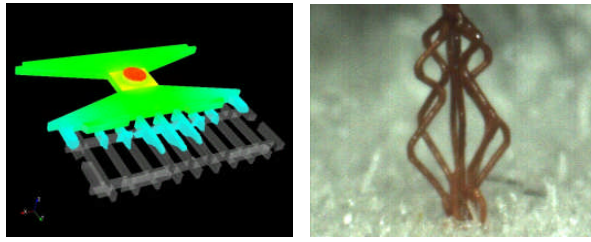


圖 11-9 Magnetic resonance microsystems for cell & brain imaging

■ **Laboratory for Design of Microsystems (Prof. Dr. Peter Woias)**

- Micro rapid prototyping
- Micromechanics
- Microfluidics
- Simulation
- Computer-aided design (CAD)
- Computer-aided optimization (CAO)

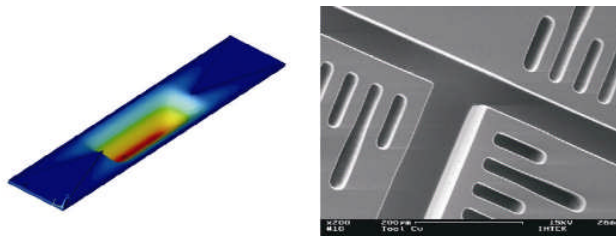


圖 11-10 Computer-aided optimization (CAO)

■ **Laboratory for Micro-Optics (Prof. Dr. Hans Zappe)**

- Photonic systems
- Optical data communication
- OXC (optical cross-connects)
- Biophotonics
- Optical medical technology
- Silicon MOEMS technology
- Polymer based micro-optics

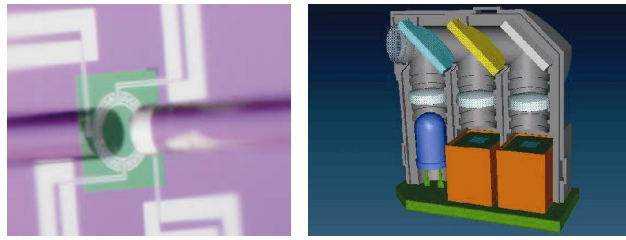


圖 11-11 Polymer based micro-optics

■ Laboratory for Sensors (Prof. Dr. Gerald Urban)

- Bio/chemo-sensorarrays
- Microflow sensor
- Nanoparticles
- Fingerprint sensor
- Cell assays
- Plasma technology

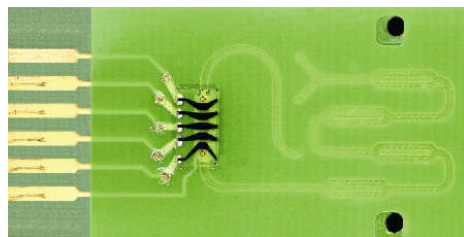


圖 11-12 Plasma technology

■ Laboratory for MEMS Applications (Prof. Dr. Roland Zengerle)

- Lab-on-a-chip platforms
- Nanoliter & picoliter dosage
- Tools for research on cells
- Fuel cells (biofuel & DMFC)
- Drug delivery systems
- Flow- & humidity sensors
- Microfluidics modelling & simulation

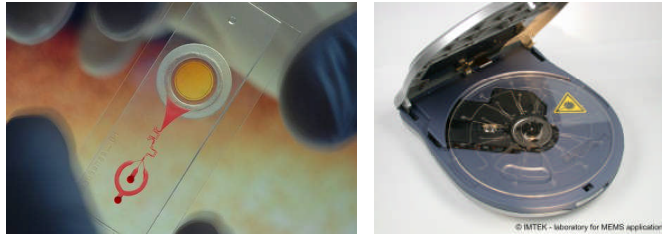


圖 11-13 Microfluidics modelling & simulation

■ Laboratory for Biomedical Microtechnology (Prof. Dr. Thomas Stieglitz)

- Neural prostheses and neuromodulation
- Electrical stimulation & recording
- Flexible multi-channel electrodes
- Modular micro-implants
- Polymer-based substrates and systems
- Biostable coating and encapsulation
- Biocompatible assembling and packaging

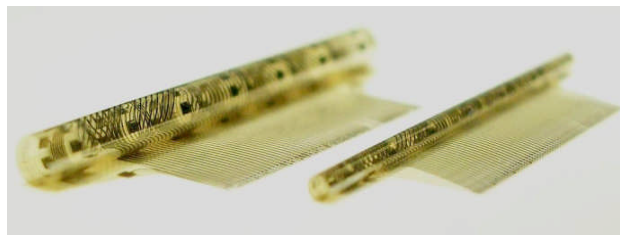


圖 11-14 Biocompatible assembling and packaging

■ Laboratory for Optical Measurement Technology (Prof. Dr. Alexander Rohrbach)

- Optical trapping
- High-speed interferometry
- Novel microscopies
- Wave optical simulations
- Cell biological dynamics
- Fluctuation-dissipation systems
- Molecular motors



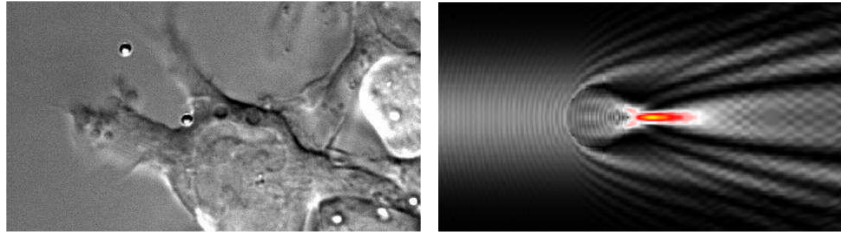


圖 11-15 Molecular motors

■ Laboratory for Nanotechnology (Prof. Dr. Margit Zacharias)

- Size controlled nanocrystals
- Ordered arrays of nanowires and nanotubes
- Methods of nanolithography
- Micro- and nanophotonic structures
- Atomic layer deposition
- Basics and applications

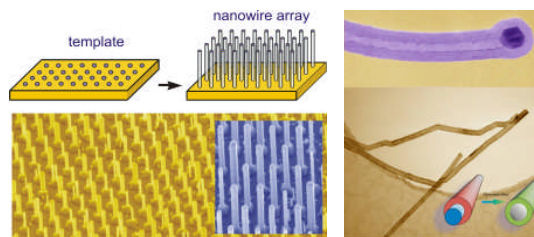


圖 11-16 Atomic layer deposition

## 十二、參訪心得與建議

### 參訪新加坡心得與建議：

此次參訪新加坡各個學術產業機構，由於新加坡當地的人才有限，所以更需要引進國外人才以加強競爭力，積極培育當地的人才，且該國政府以終身學習為目標，與國際企業產學合作，提供技術訓練，除成立了許多的專業職訓中心，並鼓勵各界積極參與國際交流合作計畫，建立產學交流關係。其中，多所新加坡大學與美國 MIT 等世界知名學府直接交流，選派教授到世界一流研究機構直接執行其相關研究；因此，新加坡可在短期間迅速提高其學術知名度。由此可知，新加坡政府對教育與研究投資的積極態度，是有目共睹。然其高度國際化，亦是成功的重要因素。另新加坡大學亦成立多所研究中心，以教授為主任，其下有多位副教授與助理教授參與，相互支援，爭取外圍大型計畫，因此研究經費相當充分。這對台灣研究現況多以單打獨鬥的研究環境是可借鏡的。然如何形成強有力的研究中心與研究團隊，亦絕非只是將幾位教授綁在一起的表現形式。此乃是我們真正需要深思的地方。另新加坡大學除要求教授爭取研究與產業計畫外，亦有對教授們進行期刊論文評量的制度。這趨勢與台灣相當類似。

新加坡政府亦學習工研院的模式，設立財團法人科技研發智庫，並建構先進實驗設施等配套方案，並充分推動跨領域學門的整合性研究，亦鼓勵產業界及學術界在科技研發方面投入更多的資源，期望以知識創新來帶動經濟發展；此方面亦是相當令人印象深刻。比較工研院及 SIMTech，其設備等級相當，但規模仍不及工研院。由於語言與國際化環境，有許多與跨國企業合作的機會。藉由與先進跨國企業合作，有機會領先較資深的工研院，顯現其領先科技的企圖心。

除此之外，新加坡政府相關機構及當地產業機構所提供的研究經費均優於台灣的大學。除充分給予研究補助，在基礎研究的研發比重也不低。整體來說，新加坡今日能有此成就，乃由於政府主管善於審度時勢規劃因應方案，並加強資訊與網路的應用，發揮高執行能力，亦是我國所應努力之方向。

### 參訪德國心得與建議：

此次參訪德國各個學術產業機構，可以發現德國的教育體制相當的完善，德國雖採聯邦制，但各邦政府與行政仍採中央集權化之階層化組織，並且在教育與研究制度做有效的監督與管理。另有自然與科學學會組織與應用科學學會組織，各自研究經費劃分相當清楚。自然與科學的學會組織就是要帶動學術卓越，培養諾貝爾獎的大師，而應用科學的學會組織就是帶動產業升級。此外，在應用科學上，多將實習課程確實融入各科教學中，使理論和實務能夠融合，且碩博士生所學知識與工業界相關，畢業後業界不須花費多餘的時間進行實習訓練，工業界亦不會有人才短缺的問題，這是台灣教育與產業界應要學習的方向。

機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

在產學連結方面，公共研發經費補助強調成果之應用，研究設備與資金也相當充裕，亦多考量基礎研究到工業生產應用的可能性，讓研究經費能在商業產出或智財利益上回收，並積極鼓勵大學和研究機構與產業界人員交流。允許教授短期休假至業界工作，甚至聘請業界相當有經驗的人直接當正教授。相關工程科系之教授之聘任以具工業界經驗之博士人才為優先，藉由具工業界經驗之教授與高科技公司進行產學合作，不但幫助人才之培育且促進工業科技之發展，實值得我們效法。另雖德國在精密工業與工具機工業的成就是有目共睹，但近年高科技半導體等重要光電產業卻落後美國與日本甚多，也許這是德國政府科技政策的導向問題。然而德國在綠色能源的投資與研究成果卓越，正是這一波新興重要科技的領航者。

在國際化上，推行英語上課以及建立英語的研究環境，將研究視野加以擴展多元化以促進人才與技術交流。德國不論大學體系或研究機構體系已大力在推行英語上課以及英語的研究環境。因此我國無論國科會或教育部均應實質上更鼓勵青年學子至德國深造或交換研究，以使我國下一代研究人員之研究背景與內涵達到多元多面的境界，而能提昇更寬闊的研究視野。

綜觀德國學術研究機構，其設備投資是十分充裕，且設備之運轉與維護之資金與人力非常充實；而其步步為營之研究精神亦非常踏實。另在產學研合作下，將產業界使用的機台購置於實驗室內，完全模擬真實的工廠狀態，所得研究結果立即為工業界所採用或技轉；這是德國相當有效率的產學研合作方式。德國學術研究機構除了非常重視應用性研究外，亦要求教授多爭取研究與產業計畫，並有對教授們進行期刊論文評量的制度，這與新加坡及台灣相當類似，顯示此乃國際趨勢。

### 參訪新加坡各單位心得與建議：

- National University of Singapore 參訪心得：國立新加坡大學名列世界前茅，無論是研究經費還是人力均優於台灣的任何一個學校，但明顯可看出產業界投注在該系的經費和台灣知名大學相比則有一些距離。大部份的研究經費是由與政府機關相關的機構所投資；可見其政府對教育研究的投資之用心遠高於我國才能產生豐碩之成果。嚴格來說有些是做出來的。由於新加坡是個國際城，自有產業較少，因此合作大部份是國際公司因此雖然產學合作的經費比例不高，但做起宣傳後，看起來很不得了的样子。另外新加坡鼓勵老師 spin out，老師亦領學校薪水，這在台灣來說是不可能的，但是好是壞倒有待時間的考驗。
- Nanyang Technological University 參訪心得：本次參訪南洋科技大學之後很明顯的可看出不論是教師、研究員、職員、技術人員的人數甚至系辦公室的面績都遠多於台灣的任何大學。其直接的影響就是系所的宣傳上就比台灣強。而研究員及技術員的人數會造成論文寫作的數量也容易增加。即使

如此，台灣的名校的每位教師的論文平均數和該系相差不大。由此可看出台灣教授的努力。以該系的研究經費和教授的比例而言並不優於台灣的知名大學，但支援卻遠高於台灣大學。所以實際的研發能量是低於台灣知名大學的。還有一個問題是產學合作的經費在知名大學中都高於新加坡的大學。此主要原因是新加坡的工業並不像台灣這麼發達所以合作機會較小。正如 Professor Miao 的說法(也許是他客氣):因為沒有產業只好多發表論文。但一個身為世界級的大學無強而有力的工業支持，是否最後只是一個花錢的機構，對社會的貢獻卻很少，則是有待時間的考驗。新加坡的大學還有一個無法想像的現象就是學生畢業之後的工作從事本行的人不多,這對於投資報酬而言是否浪費需要考慮一下。例如航空工程組每年收八十人，但整個新加坡從事航空事業的人只有近兩萬人，其招生規模大了一點。雖然目前招生時分數很高，是否浪費了好人才，是值得深思的。

- Applied Materials, Singapore 參訪心得：這次到應用材料公司參觀，收穫良多。該公司除了發展半導體、平面顯示器、光電太陽能、軟性電子等相關設備之外，亦積極制訂設備間溝通之通訊協定。最近，購併了 Brooks Automation 公司，使該公司朝自動化軟體公司，及提供自動化整體解決方案的公司邁向一大步。不過，在虛擬量測方面，國科會自動化學門所規劃的架構仍是較完整，且居於領先地位。
- Singapore Institute of Manufacturing Technology (SIMTech)參訪心得：在新加坡，製造業是僅次於海空港口運輸業的第二大產業。新加坡政府為提升製造業的附加價值，便成立 SIMTech。SIMTech 在新加坡的角色與工研院在國內的角色相當類似。但成立僅 15 年，擁有三百多位研究員的 SIMTech，在規模上與工研院尚無法相比。據其相關人員表示，SIMTech 技術發展的方式較似由上而下，集中資源於少數關鍵技術的發展與應用。感覺上像是早期縮小版的工研院。但是 SIMTech 有不少與國外知名企業的合作案如與勞斯來斯 Rolls Royce 合作發展燃料電池技術，足見 SIMTech 的技術與績效已受到一些跨國企業的認定。

參訪團並參訪 RFID, 機械人及精密量測三個實驗室。RFID 實驗室展示 RFID 可能的應用方式；包含工具/工具的辨識，棧板的辨識，書籍的整理，及利用購物車感測所在位置後，撥放臨近商品的廣告等。精密量測實驗室 (Precision Measurement Lab) 的研究是以影像處理技術為基礎，以奈米干涉技術或波前感測技術進行三維形貌的量測、以近場光學進行半導體瑕疵檢測技術開發。最近則開始電腦斷層掃描技術的開發。而機械人研究室則著重於工業機械人於製造技術的應用；如機械人研磨等。

比較工研院及 SIMTech，其設備等級相當，但規模 IMTech 顯然不及工研院。由於語言、環境與任務差異工研院較重視國內產業的扶植；而 SIMtech 則有許多與跨國企業合作的機會。檢視這發展方向的差異的主要原因，應是語言及環境等因素所造成。新加坡的官方語言是英語，所以常是西方企業容



易考量的據點。縱使 SIMTech 與工研院有相同的技術，跨國企業也會因語言及歷史因素，選擇 SIMTech 而非工研院。此外，國內重多中小企業技術等級升等需求，也會減緩工研院高等技術開發的能力與速度。是否會因此造成年輕的 SIMTech，藉由與先進跨國企業合作，反在技術上領先較資深的工研院，卻是較讓人擔憂的。

- UMC Singapore Branch 參訪心得：本次到聯華電子新加坡 12 吋晶圓廠(Fab 12i)參觀，收穫良多。除了進一步了解世界一流的晶圓代工公司聯華電子之先進半導體製程技術外，也實地參觀了各式 12 吋晶圓製造機台、量測機台及先進自動化搬運設備與系統。也看到高科技廠商針對有效提升生產效率之各種努力，例如 Fab 12i 為了大幅免除將製造中的晶圓送進與移出貯存器的時間，增加作業上的效率，其所建置的自動化搬運系統特別強調將晶圓在設備對設備間直接運送。另外一個收穫是將國科會自動化學門所規劃的智慧型製造系統相關研發主題（特別是虛擬量測技術）介紹給聯電，並獲得雙方產學合作之可能機會。

#### 參訪德國各單位心得與建議：

- Erlangen University 參訪心得：我們都感受到 Feldmann 教授和他的團隊在待客中所表現的友善、週到與熱忱，提供交通工具和午餐外，還有在會議中，每人桌上都置放各式飲料，尤其後者令人覺得非常貼心。他的研究團隊有近 40 位的博士生，使得研究可以多樣化和非常深入；因為德國的博士生採計畫案方式招收(PhD students by projects)，不是受限於教育當局的名額限制，每位月薪約 3 千歐元使得可以吸引優秀學生就讀，這一點讓教授的專長與傳承能夠發揮到最大的極限，也是德國能在各領域都位居世界前面的主因。

Feldmann 教授的實驗室之另外一個特色，就是完全模擬真實的工廠狀態，將產業界使用的機台購置於實驗室中，由研究生們研究當前工業界的各種瓶頸問題，所得的結果也立即能為工業界所採用或技轉。他的研究不但受到德國最大電子廠 Siemens 公司的合作重視，也得到鈕崙堡市政府的力邀，主持機電整合研究中心，來協助中小企業的技術開發。這種制度上的優勢，可能是德國在科技工藝一直位居世界翹楚不墜的原因之一。工業用機械臂在電子產品組裝上的研究，雖然不是目前世界的主流，但是在 Feldmann 教授的實驗室讓人看到精湛的應用展示，應該對電子企業的技術開發和人才培育都一直有很大的貢獻，因此才不斷的從事相關研究。

Feldmann 教授在電子軟板和 MID 的研究有一段很長的時間，具有很高的國際知名度；在參訪中，他提到 2008 年 9 月的第 8 屆國際 MID 會議就是由他主持。我們在他的實驗室也大開眼界，看到軟板和 MID 的一貫製程。藉由他的介紹和實驗室參觀，我們體會到軟板和 MID 技術的重要性和未來趨勢，這些都是可以當作台灣研究的參考和合作對象。

Feldmann 教授曾在 1995 年到過台灣，在教育部贊助下舉行『電腦輔助的彈性生產系統』短期課程。這次參訪結束時，他表達樂意就軟板和 MID 研發技術，再次來台灣發表演說或是技術指導。這是我們這次參訪帶回來給台灣學術界和工業界的一個技術合作的訊息。

- Simens Erlangen GWE 參訪心得：本次參訪 Simens Erlangen GWE 主要係經由 Erlangen University 製造自動化暨生產系統研究所之主管 Feldmann 教授安排，並由該研究所之博士生帶領到 Simens Erlangen GWE 參觀，而在 Simens Erlangen GWE 所看到之印刷電路之自動化製造系統之主要設備皆可見於在離 Erlangen 15 公里的 Nordostpark 高科技工業園區內之 Erlangen University 機電整合研究中心(competent center of mechatronics)，該中心也是模擬一般真實工廠的實驗室，重點在軟性電路板和模造連結裝置，由此可知 Simens 公司與學術界合作之關係係相當密切，該公司印刷電路之自動化製造系統之技術主要係來自學術界，而該 Erlangen University 機電整合研究中心之博碩士生之論文亦係以發展 Simens 公司印刷電路之自動化製造系統之技術為主，因此其博碩士生之論文應是相當具有實用性，且博碩士生所學所工業界相關，而畢業後可直接為工業界所用，工業界亦不會有找不到人才之問題，且不需發費太多時間進行工作訓練，又 Erlangen University 工程科系之教授之聘任亦以具工業界經驗之博士人才為優先，藉由具由具工業界經驗之教授與高科技公司進行產學合作，不但幫助人才之培育且促進工業科技之發展，實值得我們效法。
- Institute for Microstructure Technology/ Karlsruhe 參訪心得：參訪 FZK 的 IMT 是一個極為愉快與收穫豐碩的經驗。在聯絡的過程中副所長 Dr. Bacher 極其細心的協助我們安排住宿，更非常用心的安排了全天的豐富行程。所長 Prof. Saile 是國際同步輻射界以及微機電領域之重量級學者，行程永遠是滿的；而他竟然幾乎全程陪同我們訪問並親自作簡報十分難得。圖 12-1 至圖 12-4 是訪問行程中與 Prof. Saile 討論之情形以及全體成員於 IMT 前之合照。此行之安排首先是透過清華大學功機系的傅建中副教授的引介，傅教授的博士學位就是在 IMT 完成的。Prof. Saile 與 Dr. Bacher 在與我們的討論中多次提及傅教授的優異表現以及他當年在 IMT 做研究時許多生活上的有趣的事，因著傅教授當年在 IMT 打下的基礎讓我們這一行人受到了特別安排的款待。我們在 IMT 畢業生的編年榜上也看到了傅教授當年初獲博士學位時之意氣風發的模樣(圖 12-4)。



圖 12-1 在 IMT 與 Prof. Saile 討論



圖 12-2 IMT Prof. Saile 親自簡報



圖 12-3 全體團員與 IMT 成員合影



圖 12-4 IMT 編年榜上傳建中教授在 2003/11/19 獲得博士學位時照片

FZK 有 3800 名員工，其中 1420 人為研究人員(190 人為外籍訪問學者)，另有 185 位攻讀博士學位之研究人員或研究生。FZK 一年級的研究經費(不含核電廠維護研究經費)為 3 億 1460 萬歐元(合 142 億台幣)，其中約有 7500 萬歐元(約四分之一)為自行爭取之委託研究計畫經費，經費充裕故能建立一流設備並廣徵一流人才進行尖端之研究。而“Nano Micro”整合重點五年計畫整合了 16 個 FZK 的研究所以及 350 位研究人員，經費每年達 5000 萬歐元(折合 25 億台幣)，考慮其過去在微機電領域所建立之型實基礎，這項大型計畫所彙聚出之研究能量實在非常驚人，其研究成果的產出及後續潛能支持續釋放實令人難以望其項背。參訪 IMT 可以發現該所所有下列的特點：

- (1) 過去至今之研究基礎，技術資料，技術資源十分紮實。
- (2) 研究設備之投資十分充裕，設備之運轉與維護之資金與人力亦非常充實。
- (3) 研究精神步步為營非常踏實，注重每一個技術細節，研究計畫之目標不好高騖遠。
- (4) 從最基礎之研究一直做到工業生產之製程甚至進入商業化之考量之

機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪

一貫流程，讓大部份之研究經費最終得以在商業產出或智財利益上獲得回收。

- (5) 有充分之經費能夠支持分工精細之大型研究團隊，並能募得一流之人才，長期投入研究工作。

這樣的特點國內應無任何研究機構能夠與其比較，遑論單打獨鬥的教授們或小團隊藉幾年期之研究計畫支持可以達到該所研究成果的零頭。我想我們不需自怨自艾於經費之拮据，人才之難覓或大環境之佳；至少該所一步一腳印，長期踏實的研究精神是吾人可以學習得來的。而學術研究應與工業上的潛在應用密切結合亦應是吾人在研究歷程上的應有思維與努力的方向。

參觀 IMT 使本學門實地了解 LIGA 製程發展的進程，並深入了解由微機電系統至微奈米系統發展之最尖端現況，並得以親睹此領域之最先進研究與製造設備及部分之研究成果。並藉由本學門與 IMT 各部門負責人之深入對談與討論了解微系統、微奈米製程之未來發展趨勢與理念，並希望藉教授與 IMT 第一線研究人員的接觸建立未來合作研究共同議題與管道。

這趟德國行也發現德國不論大學體系或研究機構體系已大力在推行英語上課以及英語的研究環境，德語在學習以及研究的過程中似不再是入門的障礙。甚至德籍研究人員在研究所內的討論與溝通及文字上的表達都常以英語為共同之語言工具。而德國研究機構與大學的研究所亦十分歡迎外國學生與研究人員的加入。因此我國無論國科會或教育部均應實質上更鼓勵青年學子至德國深造或交換研究，以使我國下一代研究人員之研究背景與內涵達到多元多面的境界，而能提昇更寬闊的研究視野。

- Department of Microsystems Engineering at University of Freiburg 參訪心得：IMTEK 相當重視與他校的各種合作。在德國國內，IMTEK 與其鄰近的 Karlsruhe Institute of Technology 成立了一個 Virtual Institute of Microsystems Engineering (VIM)，目的在於

- (1) Know-how exchange
- (2) Combination of complementary technologies
- (3) Synergies by the common use of technologies and equipment

對於德國國外，IMTEK 則與日本京都大學、美國密西根大學共組了一個 *MicRO-Alliance* 共同進行

- (1) Annual meetings with workshops
- (2) Student exchange programs
- (3) Exchange of professors
- (4) Common research projects

藉由這些合作，以補 IMTEK 自身的不足及提升自我，並強化其在 MEMS 機械固力與自動化學門 E 化製造技術運用之現況國外參訪



領域的競爭力與地位，此種作法相當值得借鏡。

### 十三、攜回資料名稱及內容

本國外參訪團共攜回十項資料，資料名稱、核心內容及保存地點詳列於下，並燒錄相關參訪單位之 powerpoint 簡介內容，保存在自動化與固力學門，以及各參訪團成員之系所。

#### ■ NUS 簡介

- 核心內容：系所組織、教育方針和研發成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ NTU 資料

- 核心內容：系所組織、教育方針、產學合作和研發成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ Applied Materials, Singapore 資料

- 核心內容：公司組織、教育方針、產學合作和研發成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ SIMTech 簡介

- 核心內容：研究中心之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ UMC Singapore Branch 簡介

- 核心內容：公司之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ Qimonda Dresden GmbH 簡介

- 核心內容：公司之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ Erlangen University 簡介

- 核心內容：系所之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。
- 保存地點：各參訪團成員之系所。

#### ■ Siemens Erlangen GWE 簡介

- 核心內容：公司之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。

- 保存地點：各參訪團成員之系所。
- Institute for Microstructure Technology/ Karlsruhe 簡介
  - 核心內容：研究所之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。
  - 保存地點：各參訪團成員之系所。
- Department of Microsystems Engineering at University of Freiburg 簡介
  - 核心內容：系所之任務、組織、研究合作機制、研究計畫和成果。
  - 保存地點：各參訪團成員之系所。