

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：考察)

赴歐洲參加 2004 微奈米工程國際研討會
暨考察微系統技術發展現況
出國報告

服務機關：行政院國家科學委員會精密儀器發展中心

出國人員：蘇健穎 專案助理研究員

出國地區：荷蘭

出國期間：九十三年九月十五日至九月廿四日

報告日期：九十三年十一月廿四日

行政院研考會/省(市)研考會
編號欄

摘 要

本中心為因應奈米科技發展趨勢及配合國家科技發展政策，以多年累積的微機電系統製作、微奈米光學元件設計、奈米表面檢測與生醫檢測應用的技術發展，研究成果廣受各界肯定與鼓勵。值此國內奈米科技蓬勃發展之際，為掌握國際奈米科技發展新趨勢，及未來尖端科技研究發展重點，遂赴歐洲參加微奈米工程國際研討會並考察微奈米系統技術發展現況，據以作為增強本中心技術能量和競爭力的參考，並提供學術界與產業界更高的技術服務品質。

微奈米工程國際研討會為奈米科技界年度盛事，自 1975 年於康橋大學首次舉辦至今已經是第 30 屆研討會議，參與此一國際盛會，以進一步獲得相關研究與設備之最新發展訊息。同時，安排參訪專業從事生產聚焦式離子束與電子束系統的科技公司，並與其技術人員進行交流，以瞭解該系統於微奈米結構製作與加工能力，作為評估與研擬未來計畫的執行。

目 次

摘要.....	1
目次.....	2
壹、前言.....	3
貳、目的.....	5
參、過程.....	8
肆、達成之任務.....	30
伍、心得.....	33
陸、檢討與建議.....	35
柒、結語.....	37
捌、附件.....	38

壹、前言

目前全世界的科技發展，都投注在奈米科技相關的應用領域，同時也是我國最主要重點發展科技之一，而發展策略包含奈米科技國家型計畫與基因體醫學國家型計畫等。奈米科技未來對於產業所造成的衝擊將可預期，因此掌握世界奈米科技的發展現況與發展趨勢具有重要的意義。本中心在微奈米技術與應用領域，具備深厚的研究基礎，為掌握國際上微奈米技術發展現況及蒐集相關資訊，筆者奉派前往荷蘭參加 MNE 2004 微奈米工程國際研討會以及參訪 FEI 公司。

微奈米工程國際研討會為奈米科技界年度盛事，今年於荷蘭鹿特丹舉辦第 30 屆年會。研討會匯集了世界各地從事微影製程相關技術人員，討論目前微奈米結構的製作與應用、其關鍵微影技術的最新發展現況及未來發展趨勢。由於奈米科技日益受到重視，參與會議的人數以及參與發表之論文總數年年遽增，而且具有水準與代表性研究成果。參與此一國際盛會的目的為蒐集相關研究之最新訊息與趨勢，以提供中心規劃研究方向的重要參考。今年研討會論文依領域區分為十二個主題，其中多數論文集於奈米轉印製程、軟微影技術於生醫檢測的應

用、深紫外線／電子束微影極限研究及聚焦離子束微奈米結構加工製程等領域。

此行除了參加微奈米工程國際研討會之外，將參訪專業從事聚焦式離子束直寫系統與電子束顯微設備生產的 FEI 公司，將與其技術人員進行交流與雙束系統實際操作，以瞭解該系統於微奈米結構製作與加工的能力，作為評估與研擬未來計畫執行的可行性。

本中心為因應奈米科技發展趨勢及配合國家科技發展政策，以多年累積之微機電製程、真空系統與薄膜技術之經驗與能量，完整之系統整合技術，持續努力不斷創新，冀能掌握未來前瞻技術新趨勢，並扮演國家精密儀器發展與技術服務的重要角色。

微機電技術與真空技術開發一向為國科會精密儀器發展中心之重點任務，歷經長年的努力，在國內相關研究領域已具備舉足輕重的地位。為維繫技術之永續發展，參加微奈米技術之相關國際研討會，除可精確掌握國際上相關技術的研發脈動之外，並研擬具有前瞻性且契合先進國家發展趨勢之研究主題，藉以提升中心之研發能量。

貳、目的

(一) 參加 2004 微奈米工程國際研討會

微奈米工程國際研討會，今年將舉辦第 30 屆年會，舉辦地點位於荷蘭鹿特丹。研討會匯集了世界各地從事微影製程與相關技術的工程師和研究人員，討論目前微奈米結構在製作與應用上，其關鍵微影技術的最新發展現況以及未來發展趨勢。今年研討會論文依學門領域劃分包括光學微影技術 (Photo Lithography)、電子束與離子束微影技術 (Electron and Ion Beam Lithography)、光罩製程技術 (Mask Technology)、軟微影 (Soft Lithography)、光阻材料 (Resists)、圖形轉移技術 (Pattern Transfer)、微系統與微系統製造 (Micro Systems and their Fabrication)、奈米工程與製造 (Nanoscale Engineering and Fabrication)、奈米元件 (Nanodevices)、生醫微系統與生醫晶片 (Bio-MEMS, Lab-on-a-chip)、檢測技術與技術改良 (Inspection, Testing and Modification) 等共計十二個主題，其中與本中心現正執行與未來將發展之微系統製造、奈米檢測、表面分析、奈米材料、生醫微系統及奈米結構加工等技術均息息相關，透過此行的參與將可獲取最新的發展訊息，有效提供

中心規劃中長期計畫作為重要參考。

除了研討會之外，另外則有專業製造廠商參與之儀器展示會，亦為年會之一大盛事。參與本次年會除了瞭解目前最新之研究發展動態，另外在儀器展示會中廣泛蒐集各個著名儀器製造商最新研發資料與儀器發展資訊，以作為本中心未來發展相關技術之參考。

(二) 參訪 FEI 公司 (FEI Company)

荷蘭 FEI 公司主要從事奈米科技相關設備的開發及應用，包括聚焦離子束與電子束工作站等，具備三維奈米結構製作、加工和檢測分析的能力，解析度可達原子級。主要應用於奈米級三維結構分析、形貌檢測、微影圖形直寫製程、微結構與薄膜沉積製作、切片製作與分析技術，領域涵蓋半導體積體電路、光電顯示元件、高密度儲存媒體、微光學通訊元件以及生醫檢測材料結構等。其研發中心分別設置於歐洲與北美洲地區，銷售及服務據點遍及世界四十多個國家。

FEI 公司於飛利浦 Electron Optics 贊助下在 1971 年創立，當時主要提供高純度單晶材料於場發射的相關應用。1989 年 FEI 公司生產第一台場發射聚焦離子束工作站，並於 1995 年

達到第 100 台產量以及於隔年第 5000 支液態金屬離子源產量。1997 年 FEI 公司與飛利浦 Electron Optics 合併，同年推出第一部應用於生產線上的雙束工作站。1998 年推出全功能型 TEM 機台。2001 年發表第一部實驗用小型雙束系統。2004 年 FEI 公司研發新型 TEM (200kV Tecnai™)，突破次原子級解析的技術瓶頸。

此行除了參觀 FEI 公司各式系統平台之外，透過與其技術人員討論以瞭解該公司之核心專利技術，於三維結構製作與加工的應用及檢測分析能力，以作為中心發展微奈米技術的參考運用。

參、過程

一、訪察行程表：

地點：荷蘭

日期	起	至	工作內容
93.9.15-16 (三、四)	台北	恩多芬 Eindhoven (經阿姆斯特丹)	起程、安排住宿
93.9.17(五)		恩多芬 Eindhoven	參訪 FEI 公司
93.9.18(六)	恩多芬 Eindhoven	鹿特丹 Rotterdam	起程、安排住宿 整理資料與報告撰寫
93.9.19(日)		鹿特丹 Rotterdam	參加 MNE 2004 會議 辦理報到及註冊手續
93.9.20(一)		鹿特丹 Rotterdam	參加 MNE 2004 會議
93.9.21(二)		鹿特丹 Rotterdam	參加 MNE 2004 會議
93.9.22(三)		鹿特丹 Rotterdam	參加 MNE 2004 會議
93.9.23-24 (四、五)	鹿特丹	台北 (經阿姆斯特丹)	回程

二、參訪 FEI 公司 (FEI Company)

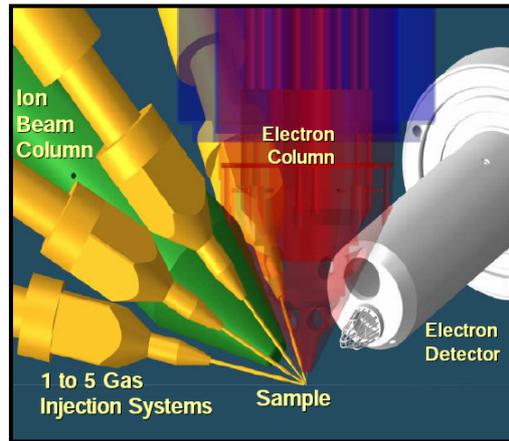
日期：九十三年九月十七日(星期五)

地點：荷蘭恩多芬 (Eindhoven)

訪察主要經過概述如下：

- (一) FEI 公司為專業從事生產三維微奈米結構製程檢測設備產品為主，是世界上奈米科技領域技術領先廠商，特別是奈米尺度之電子顯微設備與聚焦式離子束微奈米加工設備。公司總部設在荷蘭恩多芬，從事相關設備研究開發、儀器設備性能展示與客戶服務的工作，已有超過三十年的歷史。上午九點由該公司雙束設備應用工程專家 Dr. Reyntjens 接待，並進行公司簡介，主要內容為該公司之發展歷史、部門介紹，以及該公司儀器設備及技術服務等介紹。接著，由其引導參觀 FEI 公司各個部門及各式不同型號、性能系統平台之展示實驗室，主要包括掃描式電子顯微設備 (SEM)、穿透式電子顯微設備 (TEM)、聚焦式離子束直寫系統 (FIB) 及雙束系統 (Dual Beam) 等。





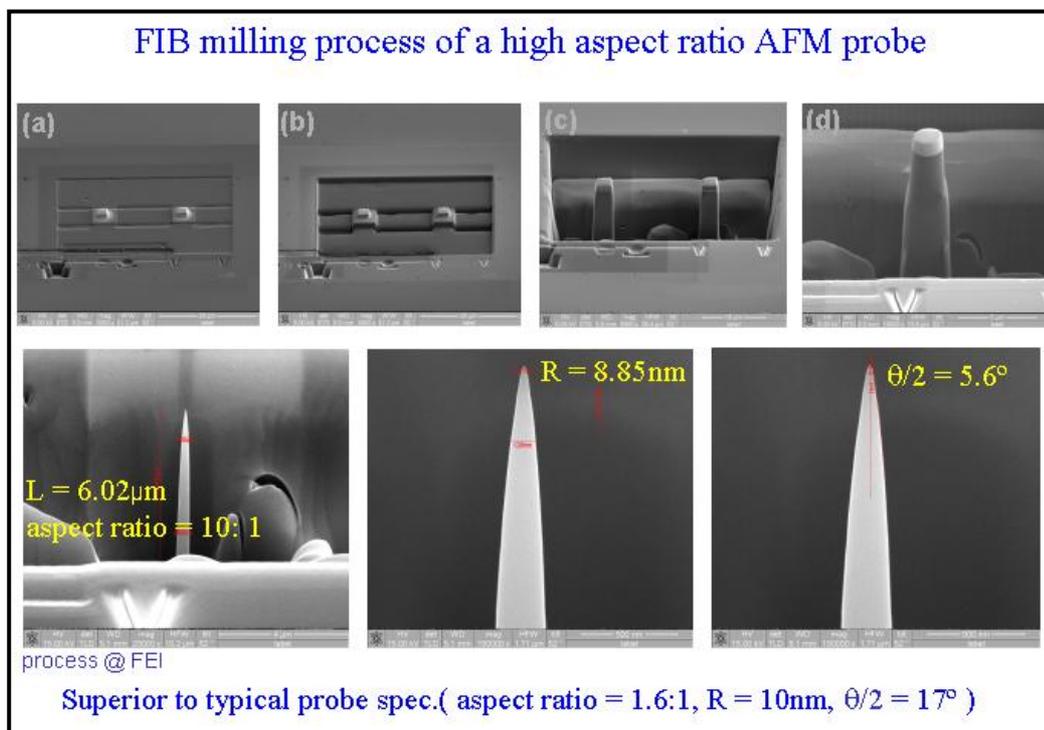
雙束系統 (FIB/ SEM Dual Beam System)

(二) 參觀過後，與 Dr. Reyntjens 充分討論，溝通時間規畫後，使用新一代雙束系統開始進行數項初探性的實驗。

高縱橫比探針尖端加工能力試驗：

此行目的之一，為解決原子力顯微術於高深寬比微奈米結構之檢測能力。有鑒於原子力顯微術所使用的典型掃描探針，於高深寬比微奈米結構的檢測，無法準確量測其結構深度，於是藉由此次 FEI 公司雙束系統 (Dual Beam) 性能示範的機會，瞭解其中聚焦式離子束直寫系統的加工能力，特別是針對曲率半徑小於 10 nm 的原子力掃描探針，進行細部切削與成型加工，以期達到小半錐角 ($\theta/2 < 6^\circ$)、細長型 (縱橫比 10 : 1) 探針規格。實驗結果如下圖所示，證實雙束系統於此方面的性能，經切削過後的探針縱橫比達 (10 : 1)；曲率半徑 8.85 nm；

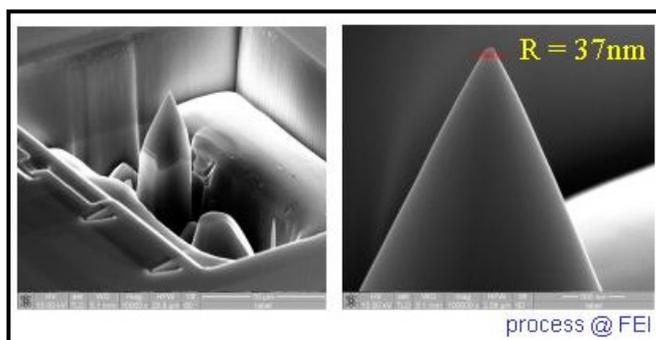
半錐角 5.6° ，遠較典型探針縱橫比 (1.6 : 1)；曲率半徑 10 nm；半錐角 17° 為佳。



探針本體之金字塔斜面加工能力試驗：

原子力掃描探針本體截面多半會設計成特定幾何形狀，以利掃描過程中經由影像正確判斷針尖微小磨耗或斷裂的發生，而能即時更換掃描探針。其中幾何形狀依據掃描探針的種類、用途與特性有所區別，而金字塔型為廣泛採用的探針本體之一。利用軸對稱的特性，透過雙束系統內部五軸精密定位之位移旋轉平台，可準確切削修整每一個斜面。因此對於金字塔形體，乃至八角錐、多

角錐探針本體的製作，驗證雙束系統具備特殊加工能力。

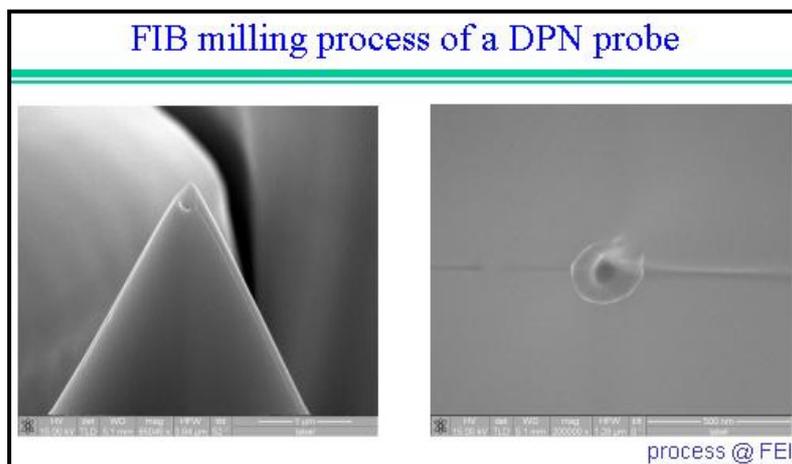


金字塔型探針本體加工成型

沾筆式微影用探針微細孔隙加工能力試驗：

沾筆式微影技術 (Dip-pen Nanolithography)，為新一代發展的奈米微影技術之一。由第一代沾筆式探針，到發展至今第四代及第五代的內置墨水儲存槽式探針。基本原理是將功能性墨水，藉由極細的探針針尖沾附至特定位置的基板表面，以達到奈米級圖案成形的目的。功能性墨水包含金屬微粒、觸媒、介電材料、檢體或抗體與 DNA 生醫材料等。沾筆式微影技術，有效解決試劑於傳統微影過程，極易受到溫度變化或酸鹼值變化而破壞的問題。此一技術所使用的探針，需經由雙束系統精密定位下，鑿穿曲率半徑 20 nm 針尖頂端的細微孔隙並製作出連通的墨水儲存槽。一般藉由毛細力將功能性墨水輸送

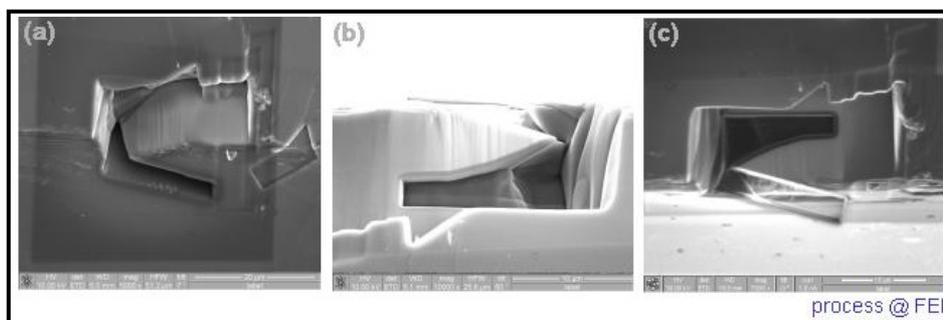
至儲存槽內，這種技術大幅提高微影線條的均勻性及連貫性。



雙束系統於針尖精密定位細微孔隙加工製作
(孔徑約 50 nm)

特殊幾何結構加工能力試驗：

另外，雙束系統具備灰階製程的能力，於切削或導入氣體進行沉積的過程，製作出不同深淺的曲面結構。針對特殊幾何結構的製作，進行掃描探針之弧形刀鋒雛型加工初步測試。實驗結果如下圖所示，圖(c)中加工後刀鋒稜線清楚呈現，接著再進一步施行精細切削加工。



經「光罩」定義製作的掃描探針弧形刀鋒雛型加工技術

三、參加 MNE 2004 微奈米工程國際研討會

舉辦日期：九十三年九月十九日（星期日）至九十三年九月廿二日（星期三）

舉辦地點：荷蘭鹿特丹

微奈米工程國際研討會，於荷蘭鹿特丹舉辦第 30 屆年會。研討會匯集了世界各地從事微影製程與相關技術人員，討論目前微奈米結構的製作與應用，其關鍵微影技術的最新發展現況以及未來發展趨勢。今年研討會論文依學門領域劃分包括光學微影技術 (Photo Lithography)、電子束與離子束微影技術 (Electron and Ion Beam Lithography)、光罩製程技術 (Mask Technology)、軟微影 (Soft Lithography)、光阻材料 (Resists)、圖形轉移技術 (Pattern Transfer)、微系統與微系統製造 (Micro Systems and their Fabrication)、奈米工程與製造 (Nanoscale Engineering and Fabrication)、奈米元件 (Nanodevices)、生醫微系統與生醫晶片 (Bio-MEMS, Lab-on-a-chip)、檢測技術與技術改良 (Inspection, Testing and Modification) 等共計十二個主題。本次之研討會及展覽會，主要內容包括口頭論文發表、壁報論文發表及儀器技術展覽等，詳細內容概述如下：



(一)口頭論文發表會：

口頭論文發表會為本次大會的重點項目，蒐羅世界各國微奈米科技相關論文，經過大會各學門分組之遴選委員會選出之論文，於大會期間發表。口頭論文發表會型式為主題研討會，其下再劃分數個分項子題，每一子題皆設有主持人統籌會場發表時程、聯繫、介紹等事宜。各個研討會主題分述如下：

(1)微奈米工程於科學技術應用之分項子題包括：

- a.微奈米機械力學之物理機制
- b.微奈米科技於生命科學之應用
- c.分子材料及分子元件

- (2)微奈米系統於生物學之應用
- (3)微系統及製程技術
- (4)軟微影製程技術
- (5)奈米轉印技術
- (6)奈米元件於電子物理之應用
- (7)微奈米光子晶體結構
- (8)光學微影技術
- (9)先進光罩製程技術
- (10)光阻材料開發
- (11)電子束微影技術
- (12)離子束微影技術
- (13)前瞻微影技術之發展

由上述幾種子題學門的分類可以發現奈米科技相關研究，其中多數論文集中於奈米轉印製程與軟微影技術於生醫檢測的應用、深紫外線／電子束微影極限研究、聚焦離子束微奈米結構加工製程應用。

(二)壁報論文發表會：

壁報論文發表會則是海報製作方式發表論文，提供參與人士瞭解其研究成果。論文主要歸納為微機電系統、奈米尺度

結構、奈米碳管、軟微影技術、應用表面科學、生物材料界面、奈米轉印製程技術、電子材料與元件、聚焦離子束製程技術、電子束微影技術與微奈米檢測技術等幾個學門，由委員會負責壁報論文之遴選、分類、位置、時程安排等工作，地點設於三樓儀器設備展示會旁場地，時間則是安排於星期二下午。

(三)儀器設備展覽會：

儀器設備展覽會中，展示儀器涵蓋了微奈米科技相關的製程及檢測分析設備，包括高解析光學顯微鏡、電子束直寫系統、掃描電子顯微設備、穿透式電子顯微系統、聚焦式離子束系統、超高真空原子力顯微儀、近場光學顯微儀、製程相關設備等專業製造廠。另外亦有許多製程週邊供應廠商，展出諸多學門領域所用之材料、試劑及工具等產品。其中不乏世界著名之儀器製造商參與展覽，藉此機會多瞭解尖端儀器設備開發程度與性能，同時蒐集個專業製造廠提供的相關資訊，以利往後計畫執行的參考。

四、九十三年九月廿日（星期一）

(一)本次年會，當天總共舉辦了三個專題邀請演講，主題為微奈米工程於科學技術之應用，由荷蘭 Delft 科技大學 P.

Kruit 教授主持，亦是這次研討會遴選委員之一。

(二)有關科學技術方面共有三場專題邀請演講：

- 1.微奈米機械力學之物理機制：由芬蘭的 H. Seppa 博士主講。針對微奈米機電系統進行一系列電性、機械特性以及量子效應的分析，以瞭解微機電系統的極限，特別是表面荷電效應、偏壓效應、機械應力所引起的熱擾動及穩定性問題。充分釐清相關效應的影響，以進一步擴展微機電系統的應用潛力。
- 2.微奈米科技於生命科學的應用：由瑞士的 Heinzelmann 博士主講。微機電元件於微奈米尺寸試劑的精密控制顯得相當重要，利用分子自組技術可低價製造功能性奈米結構，應用領域涵蓋生命科學的研究。另外，要將微流道製程技術推進至次微米的尺寸，從技術面與學理的角度都是一大挑戰。使用合適的化學組成，不僅可於表面製造奈米級結構，而且有機會例行性以低價實行功能性圖形轉移技術。
- 3.分子材料與分子元件：由 IBM 公司之 C.R. Kagan 女士主講。利用活性分子組成分子元件，不僅引起基礎研究

的興趣，同時受到 Moore's Law 積體元件微小化的急迫需求。有機分子及金屬－金屬鍵結分子系統在電子元件及記憶體元件具有很大的潛力。結合這些分子系統於奈米尺度之測試結構，有助於對雙端子與三端子分子元件的電學特性進一步瞭解。



(三)在微奈米系統於生物學的應用方面則有四場演講：

- 1.應用相位移 AC 訊號於毛細電泳數位流體之應用：由瑞士的 Brian P. Cahill 主講。
- 2.DNA 微陣列於基因定序之錯誤分析：由美國的 C. Kim

先生主講。

3.飛秒級質量感測懸臂於生物科學的應用：由日本的 S.

Hosaka 先生主講。

4.多層奈米金粒子於 DNA 超靈敏感測研究：由台灣大學

的 C.Y. Tsai 先生主講。

(四)微系統及製程技術方面共有四場演講：

1. 奈米轉印微影技術於高穿透率高分子阻劑製作微流道

染料雷射之研究：由丹麥的 D.N. Nilsson 先生主講。

2.微機電系統之微縱列製程：由美國 Zyvex 科技的 R.S.

Saini 教授主講。

3.鑽石膜原子力掃描探針製程之脫模技術：由德國的 M.F.

Fouchier 先生主講。

4.深紫外線於 x-ray 折射聚焦透鏡製程應用：由義大利的

F.P. Perennes 博士主講。

(五)微奈系統於生物學的應用方面共有四場演講：

1. 整合積體光學元件之微系統於生化的應用：由丹麥科技

大學的 J.P. Kutter 教授主講。

2. 奈米級精度的分子馬達傳送器研究：由瑞士的 R. Bunk

博士主講。

3. 利用微接觸式印刷技術製作特定幾何形狀之附著性圖案於細胞分離方位控制之應用：由法國光子晶體奈米結構實驗室的 M. Thery 博士主講。
4. 微流道元件於生化反應的研究：由法國的 Z.L. Zhang 先生主講。

(六) 奈米製程技術方面共有五場演講：

1. 光阻圖案奈米顆粒之尺寸與方位控制合成技術研究：由日本的 M.I. Ishida 博士主講。
2. 利用奈米轉印技術與 MOVPE 成長 InP 有序陣列奈米線之研究：由瑞士的 J. Carlberg 先生主講。
3. 自組性多層膜微影製程技術於奈米結構製作的應用：由 M.E. Anderson 博士主講。
4. 利用 Ga 聚焦式離子束直寫系統於奈米電極結構無光罩製作的應用：由日本先進研究中心的 T. Nagase 博士主講。
5. 雷射干涉式微影技術於奈米磁性點陣列的改良製程研究：由荷蘭的 R. Murillo 博士主講。



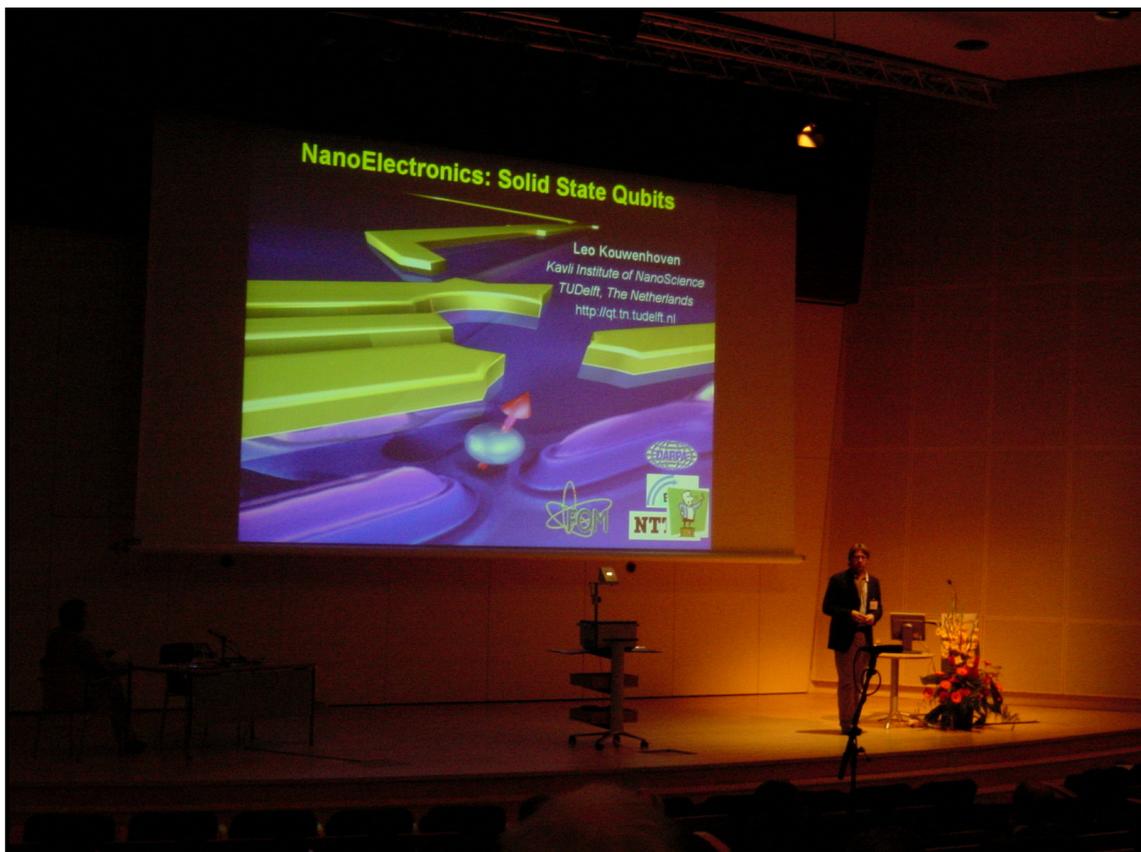
四、九十三年九月廿一日（星期二）

(一)軟微影與奈米轉印技術方面共有五場演講：

1. 奈米轉印技術於生物學的研究：由瑞士的 P. Carlberg 博士主講。
2. 奈米轉印技術於有機-無機混合材料縱向微孔隙結構製程的應用：由義大利國家奈米科技實驗室的 M. De Vittorio 博士主講。
3. 降溫奈米轉印微影技術於均勻薄膜製程的研究：由德國的 N. Bogdanski 先生主講。
4. 奈米轉印技術於可撓性印刷模仁之製作技術：由瑞士的

H. Schiff 先生主講。

5. 奈米轉印於平面金屬材料之光子晶體結構研究：由英國拉塞福實驗室的 Y. Chen 先生主講。



(二) 奈米製程技術方面共有四場演講：

1. 聚焦式離子束直寫系統極限探究：由法國光子晶體及愛米結構實驗室的 J. Gierak 先生主講。
2. 可控制單一離子植入技術於單矽原子奈米電子之製作：由澳洲量子電腦科技中心的 M. Mitic 博士演講。
3. 深紫外線/ 微機電製程於晶圓尺寸印刷模板的製作：由

瑞士微系統實驗室的 M.A.F. van de Boogaart 博士主講。

4. 奈米複製技術與旋轉塗佈技術於次波長抗反射光柵的

製作：由法國的 Y.K. Kanamori 先生主講。

(三)奈米元件於電子物理的應用方面共有四場演講：

1. 量子點之於量子電腦：由荷蘭 L.P. Kouwenhoven 先生主講。

2. 矽隔離雙量子點之能階研究：由英國日立劍橋實驗室的 M.G. Tanner 先生主講。

3. $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$ 半金屬磁性奈米懸浮結構於自旋效應的研究：由俄羅斯的 T. Arnal 先生主講。

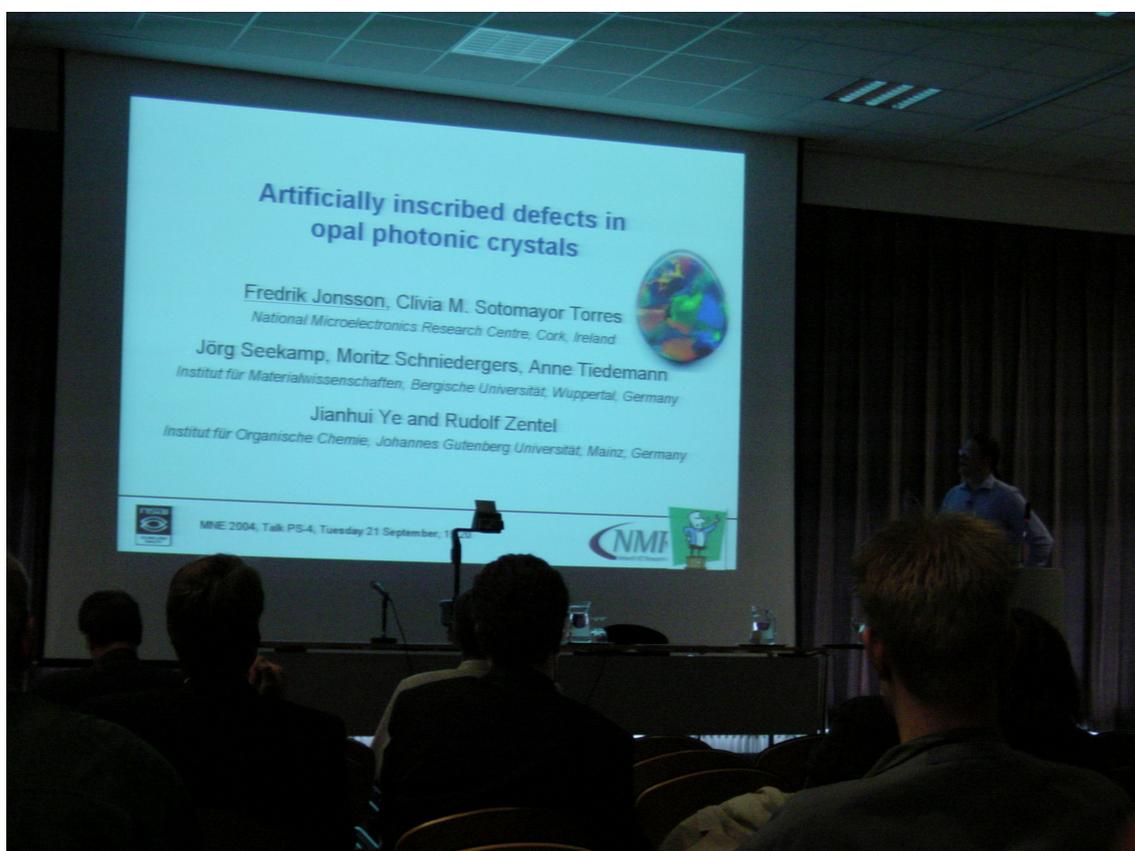
4. 奈米線刻劃薄膜元件技術：由美國濱州大學的 M.W. Hom 教授主講。

(四)微系統製程技術方面共有五場演講：

1. 全高分子結構之乾式脫模技術：由丹麥科技大學的 D. Haefliger 教授主講。

2. 微流道組件之毛細電泳作用力研究：由法國的 M. Le Berre 先生主講。

3. 微加工表面結構於超疏水性研究：由法國的 M. Callies 先生主講。
4. 乾式脫模製程與碳化矽靜電力懸臂致動器之測試：由蘇格蘭微系統研究中心的 L. Jiang 先生主講。
5. 整合 PDMS 微流閥與微泵浦於單一製程研究：由南韓 M.C. Moon 先生主講。



(五)奈米元件於方面共有四場演講：

1. 電子束微影技術於雙閘極電晶體的應用：由德國的 W. Weber 先生主講。

2. 高度選擇性蝕刻製程於奈米元件製作的應用：由德國的 T. Mollenhauer 先生主講。
3. 高頻雙島型單電子電晶體於快速靈敏之電荷偵測應用：由澳洲的 R. Brenner 先生主講。
4. 電子束微影技術於前處理 CMOS 製作奈米質量感測懸臂：由丹麥科技大學的 E. Forsen 教授主講。

(六)微奈米工程於科學技術之應用方面共有二場演講：

1. 超小型光子晶體元件與物理機制之研究：由南韓的 Y.H. Lee 教授主講。
2. 奈米科技於超越 $1\text{Tb}/\text{inch}^2$ 磁性資料儲存之研究：由荷蘭的 J.C. Lodder 教授主講。

四、九十三年九月廿二日（星期三）

先進微影技術的發展趨勢與半導體產業運用方面為邀請演講：

(一) 圖像轉移技術的六十種方法：由荷蘭的 P. de Jager 博士主講。

廿年前，圖像轉移方式藉由光學投影設備不斷縮小積體電路微影尺寸。並且投注大量的研究人力於縮短投射光源波長以及減小光學透鏡組的數值孔徑，以突破解析度



極限的技術瓶頸。十年前即預測微影技術將以截然不同於光學微影技術的方式完成。為趕上半導體製程積體電路縮小的速度，超過六十種新方法陸續被運用到微影製程的研究上。由於使用更小的束線進行曝光，因此感光材料需要要求更小粒徑，而無光罩製程大幅減少光罩損毀的大筆金額負擔。不過到目前為止，沒有任何一種新方法可以完全取代傳統光學微影技術，因為光學微影技術不論在量產速度與大面積微影均領先一節。另一則是，發展一套新技術所投注的研發經費起碼超過十億美

金，錯誤的評估不是任何企業可以輕易負擔得起。因此新技術唯徹底展現微影線寬的極限，發揮超高解析度的優勢，並試圖提高到合理的產能，才有機會取而代之。

(二) 奈米轉印微影技術的最新發展現況：由美國 Molecular Imprints 公司 S.V. Sreenivasan 博士主講。

奈米級轉印技術已發展數年的時間，最初始的技術是利用圖案模板與熱塑性壓合過程，施予熱與壓力以達成圖像轉印的目的。早期高密度儲存光碟即是利用這種技術製作。奈米轉印技術如果要再進一步擴展應用領域，必須先克服以下幾點：

- (1) 具備轉印非均勻圖像密度的能力；
- (2) 對於奈米結構，可以控制蝕刻深度；
- (3) 降低製程所造成的缺陷；
- (4) 可以搭配光罩曝光製程的運用；
- (5) 具備精確的對準能力與前後製程的高度重疊性；
- (6) 合適的產量；
- (7) 1：1 比例模板製程技術的發展。

配合低黏滯係數的單體可以使用較低的轉印壓力(<0.25 psi)製程，因此可以大幅降低製程所造成的缺陷。目前次 50 nm 轉印技術的重製能力超過 1,500 次(面積約 45 片 200 mm 晶圓)而不損及模板結構。此一低溫製程，也適合用於脆弱結構的轉印製程，例如 GaAs 和 InP 等材料。

(三) 無光罩微影技術：由美國 R. Fabian Pease 博士主講。

光罩佔整個微影製程花費極大的比例，當前由於價格昂貴的光罩費用，已驅使許多先進的研究改變方法盡可能避免使用光罩。其中以電子束微影技術為常用，並且已使用於僅需 $1 \text{ mm}^2/\text{sec}$ 輸出的光罩製造及其他領域的應用。然而若欲達到 $10 \text{ cm}^2/\text{sec}$ 的快速輸出能力，則需重新設計電子聚焦透鏡以及程式控制的功能，而這種支援並不容易取得。另一種新技術，則是使用可傾斜與位移的微反射鏡陣列進行複合式空間光調制功能，同樣可以達到無光罩微影製程的目的。而目前最大的挑戰，則是快速的大面積製程。不論是電子束微影或者是光學方法，皆需利用到 $1 \text{ Tb}/\text{sec}$ 的調制信號。

肆、達成之任務

本次赴荷蘭參訪 FEI 公司以及參加第 30 屆微奈米工程國際研討會，計畫行程順利進行並且按照預定規劃目標逐一完成，所達成之任務成果如下：

(一) 參訪 FEI 公司

有鑒於奈米科技的發展已然成為我國國家型科技重點之一，本中心亦早擬定中長程發展計畫，涵蓋奈米製程技術以及奈米檢測技術，其中建立聚焦式離子束直寫系統係為發展三維結構之奈米蝕刻製程技術與立體結構之沉積技術，而建立 1 nm 解析度之場發射穿透式電子顯微鏡以及相關奈米尺度材料分析設備則是為發展奈米檢測技術。透過此行參訪 FEI 公司，實際參與該公司技術專家現場示範雙束聚焦式離子束直寫系統 NovaTM 600 NanoLab，充分瞭解其性能所在，對於將來在計畫執行上有相當實質的應用價值。此次參訪行程，計完成的目標共五項，說明如下：

- (1) 熟悉即將公佈的雙束系統新版操作軟體介面、操作原理、新增功能與硬體資源。

- (2) 達成高縱橫比 (10:1)、小曲率半徑 (8.85 nm)、小半錐角 (5.6°) 原子力掃描探針加工製作，驗證了雙束系統精細加工的性能。
- (3) 達成奈米級軸對稱立體結構的製作，驗證雙束系統具備特殊加工能力以及其內部五軸精密定位旋轉平台之準確性。
- (4) 完成沾筆式微影用探針微細孔隙加工能力試驗，證實雙束系統微細加工技術 (50 nm 孔隙) 及定位能力的精準性。
- (5) 完成特殊幾何結構 (探針之弧形刀鋒) 的加工試驗，證實雙束系統程式控制的操作能力。

(二) 參加微奈米工程國際研討會

本次研討會論文發表所涵蓋的領域，除了先進微影技術與製程技術的研究外，更包括微奈米物理機制、生命科學、分子元件與材料、微機電系統應用、光子晶體、高密度儲存材料開發以及微奈米檢測技術等學門，可謂由核心的微奈米製程技術與檢測分析技術，到各個應用領域的發展均涉及。除了廣泛蒐集最新微奈米發展趨勢之

外，筆者於會議中有一篇「以原子力顯微術掃描探針激發場發射電子束進行奈米微影」為主題的成果發表。由於原子力顯微儀 (AFM) 為從事微奈米技術研究的基本工具之一，現場數十篇論文發表與 AFM 加工應用、探針製作、功能提昇及檢測技術等有關，討論氣氛相當熱烈，實為難得的交流機會。除了研討會之外，會場另有專業設備製造廠商參與的儀器展示，參與本次年會除了瞭解目前最新之研究發展動態，並在儀器展示會中廣泛蒐集廠商最新研發資料與儀器發展資訊。其中 Veeco 等奈米科技儀器設備大廠，展示新一代光學及原子力顯微設備，相互討論之際，對於筆者目前從事導電性原子力顯微術的研究展現高度興趣，並邀請筆者參加即將舉辦之探索奈米尺度國際研討會議。

伍、心得

在此特別感謝主任及上級主管，給予此次出國參訪的機會，不僅在視野上增廣見聞，而且對於未來研發工作更具信心。本次計畫行程共有二項重點任務，一為參訪 FEI 公司；二為參加第 30 屆微奈米工程國際研討會。除了熟悉奈米製程及檢測儀器設備之外，於研討會議期間聽取為數不少論文發表、壁報論文發表以及參觀儀器設備展示會，收集許多有關奈米科技方面之資訊，以下是此一行程的心得：

(一) 參訪 FEI 公司

此行參訪 FEI 公司，現場展示實驗室有最新的、完整的設備系統，由專業人員帶領參觀過程，由設備展示及詳實的說明，清楚瞭解系統實際配置規模、機台性能與人員操作情形，現場討論除了硬體相關技術之外，還有提及製程與檢測分析技術的應用。在此非常感謝雙束系統製程應用專家 Dr. Reyntjens 的細心引導下，實際進行儀器設備的實驗操作，並進一步驗證機台性能與穩定性，期間諸多技術問題的相關討論，獲得許多寶貴的啟示。在此同時也建立起技術交流的溝通管道，有助於將來計畫

的執行，可有效縮短尋求解決問題方法的時間。

(二) 參加微奈米工程國際研討會

微奈米工程國際研討會已歷經 29 屆，每年均吸引許多來自世界各地之奈米科技相關領域研究人員參加，由於研討會水準相當高，因此投稿者眾多，而其涵蓋主題相當廣泛，幾乎與奈米技術有關之領域均被納入，所以參加此研討會可以聽取到所有相關研究領域之最新研究成果。大會特別安排的幾場邀請演講，受邀者包括世界各國在各不同研究學門之重量級專家學者與工程師，在會中發表他們在研究上的最新成果，吸引相當多的聽眾參加。在場場精采的論文報告輪番上陣之際，每個人隨即起身前往欲聆聽主題的場地，會議廳間與展覽會場的參加人員相互交替與穿梭的氣氛非常熱絡，那種求知的精神，值得大家學習。參與此次盛會，在會場中除了可與各國相關領域人士交流互換心得之外，並且可以觀摩各國參與之研究人員及工程師所作的成果發表，並藉此進一步切磋琢磨，以獲得更多的進步空間。

陸、檢討與建議

- (一) 經由參訪 FEI 公司，可以發現該公司的成長策略與發展特色，於合併過程中快速整合既有技術能量，使得其產品技術層次不斷提昇，進而使得市場佔有率的擴展屢獲佳績，實為國內企業努力突破發展瓶頸可借鏡之處。而在儀器設備高度電腦自動化的發展上，FEI 公司將高精密電子顯微設備、材料檢測分析設備、聚焦式離子束直寫系統與雙束系統等設備推向生產線上的應用，而能配合生產線的運轉速度運作，確實讓人讚賞。而國內自行生產的儀器，自動化程度仍欠缺，需要投注更多的人力於自動化控制介面的研究開發，以提昇儀器設備產業的技術水平。另外，FEI 公司提供完整之儀器訓練課程予使用者，對於全球客戶的技術諮詢，透過網際網路或者視訊會議，提供更迅速更合適的解決方法，以期世界各地使用者在最短的時間內，滿足個別需求並達成目標。對於業務的推展方面，這也是值得學習之處。
- (二) 奈米工程國際研討會歷史悠久，迄今已舉行 30 屆，每年均吸引許多新興奈米科技領域優秀的研究學者與工程師

參與，會中所發表之論文皆為當前世界尖端的研究成果，而且國際化程度極高，與會人士東方面孔為數不少，尤其是日本、大陸與韓國。由於此一國際研討會涵蓋層面甚廣，包括奈米材料、奈米元件、微機電系統、光子晶體、生醫科技、微奈米檢測技術以及先進微影製程技術等。因此參加此一研討會確實可以快速、有效、廣泛地蒐集研究題材作為擬定計畫的規劃方式。

(三) 研討會期間，對於研究學者發言踴躍，不論老少都展現孜孜不倦於求知的精神，印象相當深刻。因此討論的氣氛格外熱絡，而且是在和諧不失幽默的討論氣氛下進行議程。當研究學者間出現不同看法的時候，通常風趣的結論會化解凝結的氣氛。不論在口頭論文報告、壁報論文討論以及儀器展示會現場，可以充分感受到國外學者博大精深的處世風範。此次參訪行程，不僅著實讓眼界開闊不少，而且獲得許多寶貴的交流經驗，更加明白需要效法學習的地方還很多。

柒、結語

在此次赴荷蘭參訪奈米製程與檢測設備製造廠商，以及參加微奈米工程國際研討會的行程中，接觸到許多新的資訊，並且深深感受到國外研究人員孜孜不倦的專注力，使得研討會技術交流的氣氛相當熱絡，確實令人拓展了視野。

研討會之論文數量逐年驟增，可以明確感受到奈米科技的快速發展，在國際間形成競相研發的主流。本中心基於過去技術發展歷程與已建立的厚實基礎，有利於投注奈米相關製程與檢測技術的開發，進一步提供學術界與產業界層次更高的技術服務能量，以成為領先群雄的研究中心。

附 件