

「清華大學微機電中區研究中心」  
NSC Central Regional MEMS Research Center  
91 年度計畫結案報告書  
91-2218-E-007-028

主 持 人：葉鳳生(清華大學)  
協 同 主 持 人：黃瑞星(清華大學)

計畫執行期間：民國 91 年 6 月 1 日至 92 年 8 月 31 日

# 目 錄

|              |    |
|--------------|----|
| 一、中心現況與績效    | 1  |
| 二、學術研究與新技術研發 | 5  |
| 三、教育訓練       | 5  |
| 四、學術活動       | 7  |
| 五、產業界互動      | 9  |
| 六、結論         | 10 |
| 附件一 ~ 附件八    |    |

## 一、中心現況與績效

中區微機電中心成立迄今已五年，中心的成立宗旨在於以一個開放式實驗室架構，提供完整的設備資源及微機電研究整合環境，使台灣地區之學校、國家級實驗室以及產業界，能利用此一設備發展微機電之尖端研究或產品開發。本中心的計畫已於 92 年 8 月底結束。自 92 年 9 月 1 日起，在校方的安排下，相關研究人員與設備已有效轉型，加入校方極力推動的“台灣聯合大學系統—奈米科技中心”，成為奈米科技的尖兵，持續致力於奈米科技、奈米機電系統之研發與技術服務。

在此，以軟硬體、人力規劃、與技術服務等方面，來說明中心的成果及現況。

### 軟硬體方面:

經過了五年的努力，在學校的配合，硬體方面，本中心所包含的無塵室與核心設施如下:

#### (1) 無塵室(校方支持):

總面積約 1030 m<sup>2</sup>.

| Clean Room                 | Area(m <sup>2</sup> ) | Note       |
|----------------------------|-----------------------|------------|
| Class 10                   | 40                    | 工三館地下室     |
| Class 100                  | 300                   | 工三館前棟(南)三樓 |
| Class 10000                | 450                   | 工三館後棟(北)三樓 |
| Class 10000 (under design) | 240                   | 工三館地下室     |
| <b>Total</b>               | <b>1030</b>           |            |

以上無塵室與廠務設備價值約新台幣六千萬元。

#### (2) 現有核心設備(含國科會補助與校方支持):

上述無塵室內所包含之核心設備如下表。

| 技術    | 設備  |
|-------|---|
| 薄膜製程  | Furnace, LPCVD, APCVD, PECVD, DC-Sputter, E-Gun, RF-Sputter               |
| 微影製程  | PR-Coater, Aligner, PR Stripper, Double-Side Aligner, Anodic Wafer Bonder |
| 濕式清洗/ | Wet Etching Bench, RCA clean Bench, THAH/KOH Bench                        |

|      |  |
|------|--|
| 蝕刻   |  |
| 乾式蝕刻 | <b>RIE, Metal-RIE, ICP, XeF<sub>2</sub> Etcher</b> |
| 光罩製作 | <b>Laser Mask Maker</b>                            |

上述核心設備價值約新台幣一億三千萬元。

上述核心設備已開放給國內各大學、研究機構或產業界研究部門申請代工或自行操作使用(目前中心開放之服務項目見相關文件或洽中心網站：<http://nsc-cmems.nthu.edu.tw>)。中區微機電中心的網站具備完整的檔案與申請表格下載、消息公告、資訊(討論)交流、對外服務、線上使用預約、相關連結等的功能。此外，本中心亦使用設備刷卡、數位影像監控、與使用者統計系統，提升管理的效率與使用者便利。有心研究微機電相關領域的國內外研究人員或教授，只要依循中心的開放方式，有效使用中心之資源(洽中心網站)，即使自己手上無設備也可完成研究發展之目標。

#### 人力規劃方面:

中心禮聘了博士後研究員一名、行政助理一名與研究助理四名，以推廣中心的相關業務與研究計畫。而自強基金會半導體實驗室亦有 9 名專職人員負責支援中心營運。相關研究人員已有效轉型，自 92 年 9 月 1 日起，加入校方極力推動的”台灣聯合大學系統—奈米科技中心”，持續致力於奈米科技、奈米機電系統之研發與技術服務。

#### 技術服務方面:

##### **a.微機電共用晶片(MPMC, Multi Project MEMS Chip)的製作:**

本中心不但已完成三層複晶矽二層犧牲層 (Three Ploy-Si Double Sacrificial layers) 共用晶片製作之研發、設計規格發表，中區微機電中心之微機電共用晶片(MPMC)已成功完成3批 (MPC-I, MPC-II 與 MPCM-III) 元件之製作，累積參與教授達 45 人次，製作單位已達 60 個，本年度(第二屆)微機電共用晶片研討會報名參與人數共 96 人，會中共發表 16 篇論文。

共用晶片研發與製作完成之相關工作項目如下:

| 項目            | 完成/舉辦日期    | 備註      |
|---------------|------------|---------|
| MPC-I 製作      | 2002 年元月完成 |         |
| 第一屆微機電共用晶片研討會 | 2002 年四月舉辦 | 與會 90 人 |
| MPC-II 製作     | 2002 年八月完成 |         |
| MPC-III 製作    | 2003 年四月完成 |         |
| 第二屆微機電共用晶片研討會 | 2003 年七月舉辦 | 與會 96 人 |

**b. 單站技術模組代工服務:**

本中心也建立了多項單站代工的矽微(Si-base)加工技術，包括微影、鍍膜、蝕刻、接合、...，為國內學術界在微機電系統領域的研發，跨出一大步。此外，本中心儀器使用人數累積已近 2 千人，設備使用率最高可達 98%，各單位之使用人次與使用比例<詳見附件一>。

**c. 自行操作使用:**

使用量大的研究人員可申請自行操作。有資格使用的人員(累積約 192 人)可從中心網站上預約使用並可從網站上獲得設備的使用狀況，以便自行安排實驗的流程。自行操作開放方式與等級如下:

| 器設備名稱                    | 等級 | 備註 |
|--------------------------|----|----|
| 高溫氧化爐管                   | A  |    |
| 磷擴散爐管                    | A  |    |
| 硼擴散爐管                    | A  |    |
| 退火爐管                     | A  |    |
| 四點針測                     | A  |    |
| 薄膜量測儀                    | A  |    |
| 顯微鏡及照像系統                 | A  |    |
| 電漿光阻去除系統                 | A  |    |
| 電子鎗真空蒸鍍系統 (E-Gun System) | B  |    |

|  |   |  |
|--|---|--|
| 直流金屬濺鍍系統 (Sputter System)                        | B |  |
| 雙面對準(Double-side Aligner)                        | B |  |
| 陽極接合(Bonder)                                     | B |  |
| 介電層反應離子蝕刻系統(Dielectric-RIE)                      | B |  |
| 超臨界二氧化碳清洗(CO <sub>2</sub> Cleaner)               | B |  |
| 氣相聚合物沉積系統(Parylene Coating System)               | B |  |
| TMAH 化學蝕刻槽                                       | B |  |
| 電漿輔助化學氣相沉積 (PECVD System)                        | C |  |
| 矽等向蝕刻系統 (XeF <sub>2</sub> Si Isotropic Etching ) | C |  |
| 電感耦合式電漿蝕刻 (ICP)                                  | C |  |
| 金屬反應離子蝕刻系統(Metal-RIE)                            | D |  |
| 低壓化學氣相沉積系統 (Tystar LPCVD System)                 | D |  |
| 厚膜射頻濺鍍系統 (RF-Sputter System)                     | E |  |

註 等級 A：洽自強基金會  
等級 B：每一 Group 限研究生二人  
等級 C：每一 Group 限研究生一人(一碩或一博)  
          業界除了 PECVD 限一人外,其他儀器可二人  
等級 D：每一 Group 限研究生一人(一博)  
等級 E：暫未開放自行操作

d. 收費方式與設備使用狀況:

基於永續發展、長期研發與使用者付費的理念，中心已有一套收費標準  
<見附件二>，以做為對外服務時之依據並維持中心之正常營運。過去一年  
中心之預算收支如下:

91 年 5 月-92 年 8 月收支明細

| 摘要           | 收入        | 支出        | 結餘      | 備註 |
|--------------|-----------|-----------|---------|----|
| 國科會補助(人事費)   | 2,050,348 |           |         |    |
| 國科會補助(管理費)   | 449,152   |           |         |    |
| 國科會補助(其他費用)  | 3,565,500 |           |         |    |
| 代工、機台訓練及使用收入 | 1,391,412 |           |         |    |
| 人事費支出        |           | 1,923,205 |         |    |
| 管理費支出        |           | 932,878   |         |    |
| 耗材及維修支出      |           | 4,527,115 |         |    |
| 繳回人事費補助      |           | 97,124    |         |    |
| 小計           | 7,456,412 | 7,480,322 | -23,910 |    |

自 92 年 9 月 1 日起，本中心相關研究人員已加入校方極力推動的”台灣聯合大學系統—奈米科技中心”，故上述經費不足之部分與未來之經費收支將由此中心支應。

## 二、學術研究與新技術研發

近二年來，使用本中心之儀器從事論文研究之博碩士，〈見附件三〉，由此可知，國內在此一領域的研究水準與數量已顯著提升。

## 三、教育訓練

### 1. 微機電系統工程研究所成立

本中心所在地清華大學為了整合各系所現有的教學資源，以便有組織的規劃一系列合適的課程，吸引更多同學加入微機電領域，除了現有的許多相關課程如電機系、材料系、和工科系之半導體製程原理及實作等課程，動機系和工科系之機電整合、力學等課程，動機系和化工系之非矽加工等課程外，自 85 年 2 月起開設了一系列直接和 MEMS 領域相關的科目，更已於民國 90 年度成立微機電系統工程研究所。

中區微機電系統研究中心已在微機電教學方面，成功地扮演一個溝通產、研、學的角色，使中部地區教學品質提升，人才訓練紮實。

### 2. 舉辦訓練課程

本中心在以往已積極投入微機電人才之培育，每年寒暑假或學期間均提供學術講座、短期課程、以及實作技術培訓，每一年參與的學生及產業界工程師人數均高達四、五百人。而近幾年，人才培訓累積已達 1200 人以上。因此中區微機電系統研究中心在微機電教學方面，已成功地扮演一個溝通產、研、學的角色，使中部地區教學品質提升。目前中心定期辦理的相關課程描述如下：

#### ◎微系統與奈米科技人才培訓班

為培養微系統與奈米科技專業人才，本中心舉辦微系統與奈米科技培訓課

程，由中區各學術研究單位之微機電與奈米科技專長師資聯合講授。各單位之  
 人次與比例<詳見附件四>，相關議程如下。

國科會中區微機電中心微系統與奈米科技人才培訓班

時間：7/28/2003 (星期一)~7/31/2003 (星期四)

地點：國立清華大學動力機械工程學系 工程一館 107 室

課程內容：

| 日期 / 時間          | 課程                       | 授課老師          |
|------------------|--------------------------|---------------|
| 7/28 08:30-10:20 | 微系統工程概論                  | 黃瑞星教授 清大電機系   |
| 7/28 10:35-12:25 | 奈米科技概論                   | 果尚志教授 清大物理系   |
| 7/28 13:30-15:20 | 奈米碳管及其應用                 | 蔡春鴻教授 清大工科系   |
| 7/28 15:30-17:20 | 微機電加工製程                  | 曾繁根教授 清大工科系   |
| 7/29 08:30-10:20 | 微致動器與感測器                 | 徐文祥教授 交大機械系   |
| 7/29 10:35-12:25 | MUMPs 元件                 | 邱俊誠教授 交大電控系   |
| 7/29 13:30-15:20 | 奈米光電                     | 黃中焄教授 交大光電所   |
| 7/29 15:30-17:20 | 奈米生技                     | 林玉娟博士 工研院生醫中心 |
| 7/30 08:30-10:20 | 微系統模擬                    | 姚志民博士 高速電腦中心  |
| 7/30 10:35-12:25 | CMOS MEMS                | 盧向成教授 清大電機系   |
| 7/30 13:30-15:20 | 微機電平台製程                  | 方維倫教授 清大動機系   |
| 7/30 15:30-17:20 | 奈米複材                     | 鄭裕庭教授 交大電工系   |
| 7/31 08:30-10:20 | Optical MEMS             | 邱一教授 交大電控系    |
| 7/31 10:35-12:25 | RF MEMS                  | 葉哲良教授 清大微機電所  |
| 7/31 13:30-15:20 | Bio MEMS                 | 饒達仁教授 清大微機電所  |
| 7/31 15:30-17:20 | MEMS for Nano-technology | 劉承賢教授 清大動機系   |

◎ 單項儀器訓練課：

本中心舉辦之實驗儀器訓練課程，除了增進學員對人才培訓課程內容之了  
 解外，並可提昇研究人員之實作經驗。詳細內容見下列表格與<附件五>。

國科會中區微機電中心 92 年度第三季微機電系統單項儀器訓練課程

時間:08/1/2003-08/19/2003

課程內容：

| 日期/時間         | 課 程                         | 授課助理 |
|---------------|-----------------------------|------|
| 7/14(一) 14:00 | 電感耦合式電漿蝕刻(ICP) I            | 洪錦石  |
| 7/21(一) 14:00 | 電感耦合式電漿蝕刻(ICP) II           | 洪錦石  |
| 7/28(一) 14:00 | 電感耦合式電漿蝕刻(ICP) III          | 洪錦石  |
| 7/15(二) 9:00  | 雙面對準(Double-side Aligner) I | 洪錦石  |
| 7/22(二) 9:00  | 雙面對準(Double-side Aligner)II | 洪錦石  |



|         |       |                                    |     |
|---------|-------|------------------------------------|-----|
| 7/29(三) | 9:00  | 雙面對準(Double-side Aligner)III       | 洪錦石 |
| 7/15(二) | 14:00 | 陽極接合(Bonder)I                      | 洪錦石 |
| 7/22(二) | 14:00 | 陽極接合(Bonder)II                     | 洪錦石 |
| 7/29(二) | 14:00 | 陽極接合(Bonder)III                    | 洪錦石 |
| 7/4(五)  | 9:00  | 反應離子蝕刻系統(SAMCO Dielectric RIE) I   | 王興祥 |
| 7/18(五) | 9:00  | 反應離子蝕刻系統(SAMCO Dielectric RIE) II  | 王興祥 |
| 7/25(五) | 9:00  | 反應離子蝕刻系統(SAMCO Dielectric RIE) III | 王興祥 |
| 7/4(五)  | 10:30 | 金屬反應性離子蝕刻系統(SAMCO Matal RIE) I     | 王興祥 |
| 7/18(五) | 10:30 | 金屬反應性離子蝕刻系統(SAMCO Matal RIE) II    | 王興祥 |
| 7/25(五) | 10:30 | 金屬反應性離子蝕刻系統(SAMCO Matal RIE) III   | 王興祥 |
| 7/4(五)  | 13:40 | 電漿輔助化學氣相沉積(PECVD System) I         | 王興祥 |
| 7/18(五) | 13:40 | 電漿輔助化學氣相沉積(PECVD System) II        | 王興祥 |
| 7/25(五) | 13:40 | 電漿輔助化學氣相沉積(PECVD System) III       | 王興祥 |
| 7/7(一)  | 9:00  | 電子鎗真空蒸鍍系統(E-Gun System)I           | 陳許峻 |
| 7/14(一) | 9:00  | 電子鎗真空蒸鍍系統(E-Gun System)II          | 陳許峻 |
| 7/21(一) | 9:00  | 電子鎗真空蒸鍍系統(E-Gun System)III         | 陳許峻 |
| 7/7(一)  | 14:00 | 超臨界二氧化碳清洗(CO2 Cleaning)I           | 陳許峻 |
| 7/14(一) | 14:00 | 超臨界二氧化碳清洗(CO2 Cleaning)II          | 陳許峻 |
| 7/21(一) | 14:00 | 超臨界二氧化碳清洗(CO2 Cleaning)III         | 陳許峻 |
| 7/8(二)  | 9:00  | (TMAH 槽)I                          | 陳許峻 |
| 7/15(二) | 9:00  | (TMAH 槽)II                         | 陳許峻 |
| 7/22(二) | 9:00  | (TMAH 槽)III                        | 陳許峻 |

#### 四、學術活動

##### ◎微機電共用晶片研討會

本中心已於 91 年 4 月 18 日舉行第一屆”中區微機電中心微機電共用晶片研討會”，與會人士約 90 人。第二屆”中區微機電中心微機電共用晶片研討會”亦於 92 年七月舉行，與會人士 96 人，詳細議程、研討會論文摘要〈見附件六〉與投影片〈見附件七〉，此處僅列出議程摘要如下：

| 時間 |       | 議程   | 內容  |
|----|-------|------|---|
| 上午 | 09:00 | 邀請論文 | 微機電系統晶片代工(foundry)之製程挑戰與前景<br>清大 MPMC 共用晶片製程<br>工研院共用晶片<br>CIC 的 CMOS MEMS 晶片代工 |
|    | 12:00 |      |   |
| 早上 | 13:30 | 發表論文 | 微機電元件之設計與實現：Optical Switch、DWDM、  |

|       |  |
|-------|--|
| 16:20 | Micro Pump、多功能數位邏輯運算、微陣列熱致動光機電、微型離合器 …。<br>微機電製程討論<br>微機電共用晶片之使用經驗交流 |
|-------|--|

◎ 與美國亞歷桑納大學之合作

與美國亞歷桑納大學合作，共同研發四層複晶矽三層犧牲層之製程技術，已有亞歷桑納大學之博士班學生至中區微機電中心進行初步之實驗與研究，已有相關論文發表。

◎ 2002 國際微系統技術研討會

邀請多位國際知名之學者到台灣演講，參與盛況空前，詳細議程〈如附件八〉，此處僅列出議程摘要如下：

Internation Microsystem Technology Workshop

Time : July 25-26 2002

Nation Tsing Hua University, Taiwan

| Speaker                        | Subject  |
|--------------------------------|--|
| Richard S. Muller UC, Berkeley | MEMS—Now and Future:<br>Expanding Challenges and Exploding Applications  |
| Renshi Sawada NTT              | Optical MEMS Developed at NTT  |
| Norman C. Tien UC, Davis       | From Academia to Business:<br>Challenges and Opportunities in MEMS   |
| Robert Aigner Infineon         | Integrated Microsystems in Automotive and Telecommunication  |
| Gaetan Menozzi Nexus           | NEXUS the European Network of Excellence in Microsystem: the way forward, in main task forces new Market Anaylysis and the Product Technology Road map |
| Abraham P. Lee UC, Irvine      | BioMEMS and Microfluidics:bridging Micro and nano to   |

|                        |  |
|------------------------|--|
|                        | link diagnostics with treatment  |
| Liwei Lin UC, Berkeley | Packaging, Power and Polymer MEMS  |
| Jeffrey D. Chinn       | Applied Materials overcoming the Barriers to successful MEMS Manufacturing-lessons Learned from Silicon IC'S |

## 五、產業界互動

1. 課程方面: 本中心成立以來, 曾經參與中心之培訓課程(包括短期課程)如附件八。
2. 設備使用方面: 本中心之儀器設備使用人次中, 廠商與其他單位的比例高達 25%, 已充份扮演了產業交流互動的角色, 曾經使用本中心的相關設備的廠商<如附件九>。