

「奈米技術平台建構與生物晶片技術整合應用」分項計劃 3

(一) 計畫基本資料表

計畫類別	申請發展學校重點特色暨提升學生外語能力專案補助計畫				
申請項目	發展學校重點特色				
研究型別	整合型計畫				
計畫歸屬	教育部				
申請機構	東南技術學院				
計畫主持人姓名	蔡豐欽	職稱	副教授	學歷	博士
共同主持人姓名	黃仁清	職稱	講師	學歷	博士候選人
本計畫名稱	中文	微奈米熱流量測技術與應用			
	英文	Technology and application on the measurement of the micro/nano thermo-fluids			
整合型總計畫名稱	奈米技術平台建構與生物晶片技術整合應用				
整合型總計畫主持人	蔡豐欽				
全程執行期限	自民國 92 年 04 月 11 日起至民國 92 年 12 月 10 日				
計畫連絡人	姓名：蔡豐欽 電話：(公) (02)8662-5915 (手機) 0920492272				
通訊地址	台北縣深坑鄉北深路三段 152 號 東南技術學院 機械工程系				
傳真號碼	(02) 86625919	E-MAIL	tfc@mail.me.tnit.edu.tw		

(二) 背景及現況

由於電腦相關產品之運算速度及處理速率不斷提昇，電子元件之發熱密度愈來愈高，升溫效果對性能及可靠度等方面均造成不容忽視的影響。電子元件的發展趨勢走向輕薄短小之際，其性能及可靠度的提升將取決於電子冷卻技術。因此為了將此密集的熱量有效散逸於系統外之環境，維持元件於額定溫度下運作，通常最常見的處理方式是在發熱電子元件表面上附加散熱系統，即散熱片(fin)與散熱風扇(fan)；散熱鰭片用以增加總體散熱面積之方式來提昇散熱效果。或者再加置熱管(heat pipe)結合散熱片風扇來提昇散熱效果。典型電子元件的散熱途徑，大部分晶片所產生的熱以熱傳導方式循著封裝內部材質，如晶片黏著劑、封裝本體傳至封裝表層，而後再透過擁有較大熱傳面積的散熱片，以熱對流的方式將熱傳至外界的流體。另一部分晶片的熱則是透過導線架或錫球經由熱傳導方式傳至電路板後，再以熱對流方式散逸至空氣中。因此，若要提高電子元件散熱能力則需從散熱片及封裝內部熱傳特性著手。以現行較為傳統之系統散熱解決模式為例，主要是將 CPU 或 VGA 等高發熱元件所產生的熱，透過裝封表層將熱先導引至散熱片或高熱傳特性的金屬塊，然後再透過熱管的作用將其傳導致散熱裝置上(如風扇、散熱片等)將熱排出。然而傳統方式卻有盲點存在：(1) 當熱量經由這些組件予以排出時，期傳導過程中由於是由多個零組件所組成，其整體的熱阻相形增加。(2) 這些散熱裝置基本上是由多個組件所組裝，成本上相對提高。(3) 傳統的散熱片大多數是由鋁合金所製造，其熱傳導性只屬於中等程度，對於目前元件發熱效率愈來愈高的情況，逐漸有捉襟見肘的情形發生。隨著筆記型電腦效能直逼桌上型電腦的趨勢下，「散熱技術」一直是筆記型電腦廠商努力研發的主要技術之一，螢幕導熱技術(新技術)、鍵盤毛細孔散熱、熱導管、智慧型溫控風扇是現在筆記型電腦在散熱設計上思考的主流，亦有使用水冷式散熱系統於筆記型電腦上，此方面的研發曾風靡一時。在熱導管流通道與散熱導體同質模組方面之製作及研發，更讓筆記型電腦的散熱技術再向前跨出一步。

所謂電子冷卻技術，係藉由熱傳型式的設計將電子構裝系統內各熱源產生的熱能帶出系統外，使系統的溫度保持在較佳的操作條件下。早期在此方面的研究，因電子的發熱量不大，因而只使用散熱片(heat sink)來增加熱傳導的散熱面積，並在自然對流的效應下就已足夠達到理想的散熱效果[1,2]。Ledezma & Bejan [2]針對橫渠式散熱片作幾何排列的最佳化分析，並利用數值方法來與實驗數據作比較及探討。隨著電子元件功率的提昇，散熱片的自然對流散熱效果達不到預期目標，強制對流方面的研究相對增加。利用強制對流形成散

熱效果之研究方面, Tuckerman & Pease [3]利用冷卻水通過一散熱系統內之多個微小渠道來冷卻超大型積體電路(VLSI), 此散熱系統由寬度 $50\ \mu\text{m}$ 、高度 $300\ \mu\text{m}$ 的渠道以厚度 $50\ \mu\text{m}$ 的鰭片相隔而組成。Incropera [5]則利用高速氣體噴流至特殊設計之散熱系統中來冷卻超大型積體電路。Knight et al. [5-6] 利用解析法來分析橫渠式散熱片在強制對流下的最佳幾何參數, 並由實驗結果來與解析預測值作比較及分析。個人電腦的運算速度提昇及擠壓製造的便利性, 使平板式鰭片(plate fin)散熱片的強制對流熱傳開始廣泛應用於電腦之中央處理單元(CPU)上, Jonsson & Palm [7]針對平板鰭片在未切槽及已切槽下的結構排列及不同幾何參數下所產生的熱傳與流體流動行為作探討。

隨著筆記型電腦的發展, 使得內部 CPU 的發熱量已達 35Watt 以上, 在窄小的空間內部單純利用散熱片的強制對流已無法解決散熱問題, 因而熱管的相變化熱傳便扮演重要的角色。目前發熱量 35Watt 以上的 P4 CPU 筆記型電腦概皆裝設熱管使得熱量能在窄小的空間作快速傳熱。熱管的構想最早由 Gaugler [8]在 1944 年的美國專利中提出, Grover [9]在 1966 年的美國專利中開發出來, 經由內部雙相流的熱傳作用可使熱阻變的非常小。熱管與熱虹吸(thermo-syphon)的許多觀念是相似的, 最主要的差別在於熱管內部具有較佳毛細作用效果的蕊狀結構(wick), 使熱管具有較佳的熱傳效果及較低的熱阻值。藉由熱管的熱端吸熱產生液體蒸發進入熱管中央流道至另一端, 在另一端為冷端, 蒸發的氣體在冷端將熱排出作冷凝作用成為液體而由四周的毛細結構回到熱端。因而熱管的主要研究重點乃在工作流體的種類及毛細結構的變化對於熱傳的影響。工作流體的種類相當多, 也因其操作溫度之條件不同而異; 在毛細結構的設計方面, 使用的方式相當多, 基本的形式為網狀、溝渠狀或粉末狀內表面。很多文獻中都曾針對上述工作流體的種類及毛細結構的不同的所形成的特性作測試及分析[10-15]。Cotter [13]首先將微小熱管的觀念應用於半導體設備上, 以提昇系統的溫度控制性及溫度分佈均勻化。Ha & Peterson [14-15]利用解析法分析 V 型溝渠狀表面之熱管內微小鰭片的蒸發性質, 以決定平均熱傳係數與鰭片有效蒸發長度的關係(effective evaporating length), 並求出熱管在微小角度下對於毛細現象的影響。

台灣目前已躍升為筆記型電腦的生產大國, 而因為筆記型電腦的體積縮減且性能與功用不斷的提昇, 使發熱的困擾益發的嚴重, 而根據諸多文獻顯示微流道熱沉(micro heat sink)

或微熱管(micro heat pipe)、微熱管均熱片(micro heat pipe spreader)不僅擁有絕佳的散熱效果，且其流體行為與熱傳特性均與傳統大尺寸管道的實驗結果大不相同，此方面的技術及應用有待更進一步的研究與開發。

生物晶片(bio-chip)是指在玻璃、矽片、塑膠等材質上，利用微電子、微機械等工業技術來製成應用於生化分析的產品，其作用對象可以為基因、蛋白質或細胞組織等。其應用範圍非常廣泛，諸如基因及蛋白質功能研究、新藥開發、臨床檢驗、菌種檢測、法學檢定及軍事偵防等。生物晶片技術的主要特點是其分析靈敏度及專一性高、分析速度快，所使用的檢測樣品及試劑少，並可一次實驗獲得整體性(平行化)的實驗數據。總體來說，生物晶片研究在國際上仍屬於初期發展階段，依功能用途來區分，主要可分為二大類，第一類為檢測型晶片(微陣列晶片)，諸如基因晶片 (Genechip, DNAchip or DNA Microarray)、蛋白質晶片(protein chip, Protein array)。第二類為處理型晶片，諸如微流體晶片 (Microfluidics) 及縮微實驗室晶片 (Lab-on-a-chip)。目前以微陣列晶片(Microarray)發展較為成熟，而縮微實驗室晶片會是最終目標。根據 Business Communications Co. 2001 年 4 月報告指出，目前全球市場預估為 0.34 億美元，每年將以 45.2% 的年成長率快速成長，到 2005 年時市場可達到 2.19 億美元。世界各國皆積極投入這個工具型的產業，可預期生物晶片產業將是繼半導體產業後蓬勃發展的重要新興產業，當然其所帶來的衍生利益是無可限量的。

所謂微流體晶片(Microfluidic chip)或縮微實驗室晶片(Lab-on-a-chip)，係指利用半導體製程、微機電等技術將小至幾個微升(microliter)甚至奈升(nanoliter)體積的液體，導入佈滿毛細管道的晶片中，以機械式或非機械式之微驅動幫浦(micro-pump)，讓液體在微管道中執行混合、分離、或培養、加熱、複製放大等繁瑣的生化實驗。一般微流體的管道，大約相當於一根頭髮的大小。在微流體系統中，溫度的控制是一重要的因子。加熱部分，除了可透過傳統的加熱材質加熱外，目前亦有選擇使用微波加熱器、(鎢絲燈)氣動式加熱、紅外線配合光學加熱。然而，加熱板或者是晶片本身，都不能代表流體本身的溫度，如何改進對溫度系統的感應與定義流體的實際溫度，是目前微流體晶片面臨的課題。

因此由上述可知微小尺寸的熱流技術已普遍應用於而在諸如熱沉或微熱管、微熱管均

熱片(micro heat pipe spreader)之高速冷卻上，而且在單晶矽、玻璃或塑膠等材質之生物晶片或生物醫學檢測之毛細電泳式(capillary electrophoresis)、質流分離管路所需之微流道也獲得相當多的成就，但在微小尺度下有關熱流之問題仍相當多。在相關的研究中亦發現微流道的熱流觀念與傳統流力、熱傳學等理論將有所不同，因此本計畫擬提出「奈米熱流量測技術與應用」，以掃描式熱梯度探針顯微鏡(Scanning Thermal Microscopy, SThM)來建立實務之奈米熱流量測技術，以期能量測及分析微小尺度下微流道之相關特性，包括流場及溫度場方面。因採用一般 AFM 探針，所以仍保持良好之橫向解析度，故可應用於奈米熱流量測技術。本校在先前所採購之 AFM 設備(如主計畫之參考附件二)則有利於本計畫在奈米流道上之製作，而 SThM 係利用探針懸臂上加鍍之電路，工件表面之熱梯度會驅動電路產生電流，此電流可被量測得知，表面之特性可藉由兩設備之應用而可方便於觀察及分析微流道之各種特性。

(三) 計畫目標

本計畫擬採購掃描式熱梯度探針顯微鏡(Scanning Thermal Microscopy, SThM)，進行微小尺度微流道之奈米等級流場特性之量測，並建立以SThM應用於生物晶片微流道、散熱用微熱管或微熱沉溫度場分布之諸多量測與校正技術。而此項技術更可應用於半導體晶片之溫度場檢測及散熱效率分析，在台灣學術界仍具有相當發展潛力。本計畫目標分述如下：

- (1) 採購掃描式熱梯度探針顯微鏡。
- (2) 整合高精度掃描式探針顯微鏡與採購掃描式熱梯度探針顯微鏡。
- (3) 整合本校原子力/側向力顯微鏡(AFM/LFM)、奈米刮痕(Nano scratch)與奈米磨耗(Nano wear)裝置所具有之功能製作微/奈米流道，可作教學、技術訓練及研發。

- (4) 建立奈米技術平台之其中一項 - 熱流量測設備。
- (5) 配合「奈米薄膜製造技術」分項子計畫之微流道鍍膜製作可作教學、技術訓練及研發。
- (6) 配合「環境監測用奈米生物晶片技術之發展與應用」分項子計畫之微流道觀察可作教學、技術訓練及研發。
- (7) 開設「微奈米熱流量測與實習」課程，培育微奈米熱流科技專業人才。

(四) 具體內容及配套措施

1. 校內發展整合情形

本校已將奈米科技列為重點發展方向，但在奈米熱流量測方面之推動仍嫌不足，因此本計畫擬建立以SThM應用於生物晶片微流道、散熱用微熱管或微熱沉溫度場分布之諸多量測與校正技術。此項技術之發展不僅與學校發展方向相契合，且藉由本計畫之實施可整合機械系與環工、電機電子等科系相關專長的師資、訓練及研究。

2. 現有設施及未來設施規劃

本校現有原子力顯微鏡量測系統、奈米硬度量測儀等，但在奈米熱流量測方面之儀器仍嫌不足，本計畫擬採購掃描式熱梯度探針顯微鏡(Scanning Thermal Microscopy, SThM)，並與總計畫所購買之多模態掃描式探針顯微鏡整合。在電子熱傳方面，本校在機械系設有電子熱傳實驗室，針對模前電子發熱元件之散熱問題進行解決之研究及分析，實驗室具有0.06%精確度之溫度量測系統、熱線風速儀、10 微米三維移動平台及各型 CPU 散熱測試平台。

未來擬增購精密溫控整合系統於多模態掃描式探針顯微鏡中，以進行微流道下之試片臨場變化觀察及溫度量測。

3. 課程規劃

本計畫規劃「微奈米熱流概論」、「微奈米熱流量測與實習」兩門課程，使學生得以進入微奈米熱流量測之領域，方便其後續之研究與學習。內容如下表所示。

名稱	學分/小時	開課單位	開課學制	授課大綱
奈米量測與實習	2/3	機械系	二技、四技四年級(含在職進修班)、研究所	微奈米熱流觀念之簡介、奈米技術、奈米材料應用於熱流量測、能源科技之技術、微奈米熱流量測設備之介紹及實習

4. 使用與管理規劃

本計畫擬採購之掃描式熱梯度探針顯微鏡將放置於本校機械系之「奈米 SPM 技術實驗室」，以供全校師生申請使用，且會擬出「重要儀器借用管理辦法」來提供對外服務，以嘉惠中小企業與學術界。

(五) 實施進度及分工

1. 實施進度

本計畫之實施進度如下表所示：

實施月份	實施內容
1-3月	分項計畫書之撰寫與實驗室規劃和所需設備之評估與詢價
4-6月	設備議價及採購
7-9月	設備採購、設備組立及功能測試
10-12月	課程規劃、完成核銷

2. 分工情形

本計畫之分工情形如下表所示：

類別	姓名	職稱	負責內容
主持人	蔡豐欽	副教授	計畫之執行、掌握及課程規劃
共同主持人	黃仁清	講師	設備之採購及建立、實驗室之負責及規劃
協同參與	羅玉山	助理教授	協助計畫之執行、參與研習訓練事宜
協同參與	周永泰	助理教授	協助計畫之執行、參與研習訓練事宜

(六) 經費需求及行政支援

本分項計畫配合總計畫之採購掃描式熱梯度探針顯微鏡與相關附屬設備進行。

(七) 預期成效及影響

本計畫之預期成效及影響分述如下：

(1) 學術前瞻性、創新性及國際性方面

建立奈米級之生物晶片微流道、散熱用微熱管或微熱沉溫度場分布之諸多量測與校正技術。

(2) 工業應用方面

提供業界在奈米級之生物晶片微流道、散熱用微熱管或微熱沉溫度場分布之諸多量測與校正之關鍵技術，在 Know Why 之基礎上建立奈米級科技工業技術。

(3) 在人才培育方面

藉由本計畫之執行，以培育奈米技術科技工業之中堅人才，可迅速投入國內奈米科技之相關產業，且帶入以學理為基礎之觀念與技術，以加速國內工業技術之提升。

附件 1 參考文獻

1. Holman, J. P., *Heat Transfer*, McGraw Hill Press, New York, 2001.
2. Ledezma, G. A. and Bejan, A., "Optimal Geometric Arrangement of Staggered Vertical Plates in Natural Convection," *Journal of Heat Transfer*, Vol. 119, No. 4, November 1997, pp. 700-708.
3. Tuckerman, D. B. and Pease, R. F. W., "High-Performance Heat Sinking for VLSI," *IEEE Electron Device Letters*, Vol. EDL-2, No. 5, May 1981, pp.126-129.
4. Incropera, F. P., "Convection Heat Transfer in Electronic Equipment Cooling," *Journal of Heat Transfer*, Vol. 110, No. 3, November 1988, pp. 1097-1111.
5. Knight, R. W., Goodling, J. S., and Hall, D. J., "Optimal thermal design of forced convection heat sinks - Analytical," *Journal of Electronic Packaging*, Vol. 113, No. 3, September 1991, pp. 313-321.
6. Knight, R. W., Goodling, J. S., and Gross, B. E., "Optimal Thermal Design of Air Cooling Forced Convection Finned Heat Sinks - Experimental Verification," *IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology*, Vol. 15, No. 5, October 1992, pp. 754-760.
7. Jonsson, H. and Plam, B., "Thermal and Hydraulic Behavior of Plate Fin and Strip Fin Heat Sinks Under Varying Bypass Conditions," *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, Vol. 23, No. 1, March 2000, pp. 47-54.
8. Gaugler, R. S., "Heat Transfer Device," *US Patent US02350348*, Published 6 June, 1944.
9. Grover, G. M., "Evaporation-Condensation Heat Transfer Device," *US Patent US03229759*, Published 18 January, 1966.
10. Dume, D. & Reay, D. A., *Heat Pipes*, Pergamon Press, Oxford, 1976, pp.88-97.
11. Silverstein, C. C., *Design and Technology of Heat Pipes For Cooling and Heat Exchange*, Taylor & Francis., 1992, pp.52-68.
12. Peterson, G. P., "Modeling, fabrication, and testing of heat pipes: An update," *Appl. Mech. Rev.*, Vol. 49, NO. 10, Part 2, October 1996, S175.
13. Cotter, T. P., "Principles and Prospects of Micro Heat Pipes," *Proc. 5th Int. Heat Pipe Conf.*, Tsukuba, Japan, 1984, pp.328-335.
14. Ha, J. M., and Peterson, G. P., "The Interline Heat Transfer of Evaporating Thin Films Along a Micro Grooved Surface," *Journal of Heat Transfer*, Vol. 118, August 1996, pp. 747-755.
15. Ha, J. M., and Peterson, G. P., "Capillary Performance of Evaporating Flow in Micro Grooves : An Analytical Approach for Very Small Tilt Angles," *Journal of Heat Transfer*, Vol. 120, May 1998, pp. 452-457.