

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

微機電與奈米系統多功光學顯微量測儀之研製(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2212-E-002-080-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學應用力學研究所

計畫主持人：李世光

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 28 日

微機電與奈米系統多功光學顯微量測儀之研製三年計劃

第一年計劃期末報告

1.摘要

顯微技術經過多年之發展與改進，早已成為一系列重要的精密量測方法與架構。隨著微機電與奈米科技之蓬勃發展，運用顯微技術來發展進一步檢測功能之儀器更是不勝枚舉。各種顯微鏡系統依其設計架構，各有其應用範圍、量測對象及解析度、與價位。約略區分，一般常見之顯微系統可分為光學顯微鏡、電子顯微鏡、各種近場顯微鏡、及其他各種接觸式顯微鏡等。在所有這些顯微系統中，光學顯微鏡除了觀察方便、容易使用外，又由於其可作非接觸量測、且不須事先對試件做處理，因此具有不會傷害待測物，不須於特定的環境下做量測之優異特性，故其應用範疇最為廣泛。

本計畫提出的創新多功光學顯微系統，結合雷射都卜勒干涉技術、Confocal Laser Scan Microscope、Particle Size Analyzer、Lateral Resolution Enhance、以及本實驗室於前期計劃所發展出來的微光機電元件噴墨製程系統等，因此不僅能量測動態與靜態的微機電與奈米系統，同時也將嘗試運用駐波(Standing wave)干涉之方法來突破傳統遠場光學因繞射極限所造成的解析度限制，以瞭解結合近年來各種特殊光學量測功能與突破繞射極限之多種基礎物理方法之正面互動關係。整體而言，本計畫執行的長期目標，乃是要要求能夠建構出一套能夠量測微機電與奈米級系統之多功顯微量測系統，並配合本研究團隊發展出來的微光機電元件噴墨製程系統，提供具微米甚至奈米級之精確且穩定的量測系統。

2.執行進度

1. 執行系統規劃，依據計畫構想訂定與修正本計劃的初步架構。
2. 進行光機設計與系統架設。設計本計劃之系統光路，建立 Transverse 和 Longitudinal 方向同時單點之振動量測架構，並作實體模擬，以決定實驗射之最佳方案。
3. 訊號處理電路製作。建立以 FPGA(Field Programmable Gate Array)電路架構為平台之訊號處理單元，搭配本研究團隊所發展出之創新訊號處理技術，同時進行理論與實驗之交互應證。

3.執行成果

Sec 1.執行系統規劃

1.1 計劃目標

以自動化領域而言，「無量測即無品管、無生產」之理念，說明了量測技術於自動化領域之重要性。而在所有顯微技術中，光學顯微相關技術具有最廣之適用範疇。因此本計劃於審視現行全球適用於微機電及奈米系統之光學量測系統後，認定現行應用光學顯微技術於微機電及奈米系統之所有架構中，具有以下幾個最主要之缺憾：(1)無法同時量測微小待測物橫向及縱向之奈米等級動態移動；(2)無法以共焦顯微技術進行多點量測、及突破遠場光學顯微系統橫向空間解析度約為一個光波波長之基本限制；(3)無法同時進行多點即時動態量測，同時維持系統量測精度於奈米等級。而本計劃第一年的目標即針對前述所提之第一個基本應用瓶頸—無法同時量測微小待測物橫向及縱向之奈米等級動態移動來作研究。於計劃執行過程中設計及建構出一個可同時量測微小待測物橫向及縱向奈米等級動態移動(Transverse and longitudinal dynamic nanometer movement)之雷射都卜勒振動干涉儀暨橫向量測儀(Laser Doppler interferometer & Anemometer)，同時將本研究團隊過去所發展出的都卜勒信號處理技術，以可程式化閘極陣列(FPGA)與控制電路進行設計與開發，終能達成即時動態信號處理之計劃目標，所得結果能符合系統設計需求。

1.2 實施方法

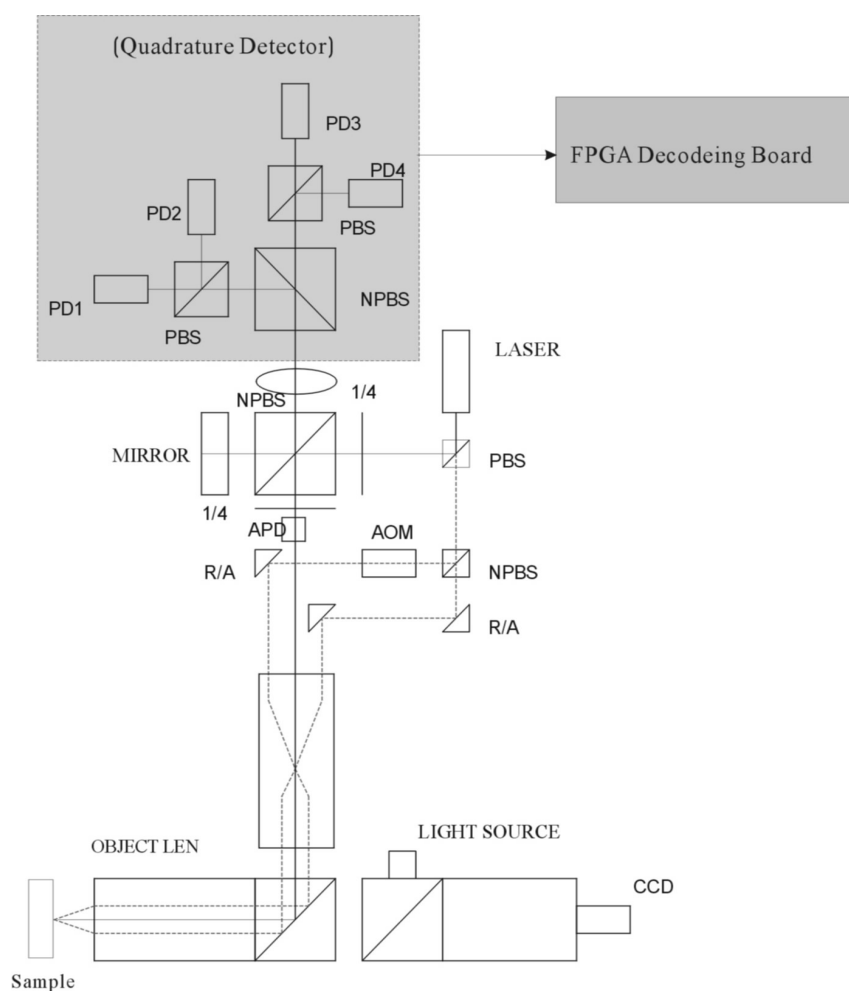
本計劃於第一年期間所開發完成之多功顯微量測系統是以本研究團隊(台大微奈米機電系統實驗室)發展出之雷射都卜勒振動量測儀暨干涉儀 AVID (Advanced Vibrometer / Interferometer Device) 為基本平台，結合 LDA (Laser Doppler Anemometer) 的光學架構，使得本系統能夠同時做 Transverse (in-plane) 和 Longitudinal (out-of-plane) 方向的動態量測，同時由於設計得當，此一創新系統具有不會因轉換系統量測功能時之系統架構轉換而造成的量測點偏移之特點，因此可以確保所得量測資訊乃從同一量測點上取得。在本計劃所完成之執行架構中，顯微鏡組亦被加入光路之中，此一設計提供了在此一系統中使用 CCD 將量測點的影像直接輸出至螢幕，進而使量測點的調校容易程度大幅提昇。而在訊號處理的部分，本系統採用以 FPGA 電路架構為平台之訊號處理單元，並搭配本研究團隊所發展出之訊號處理技術，因此可以取得及時訊號來進行理論與實驗之交互應證

1.3 現行架構

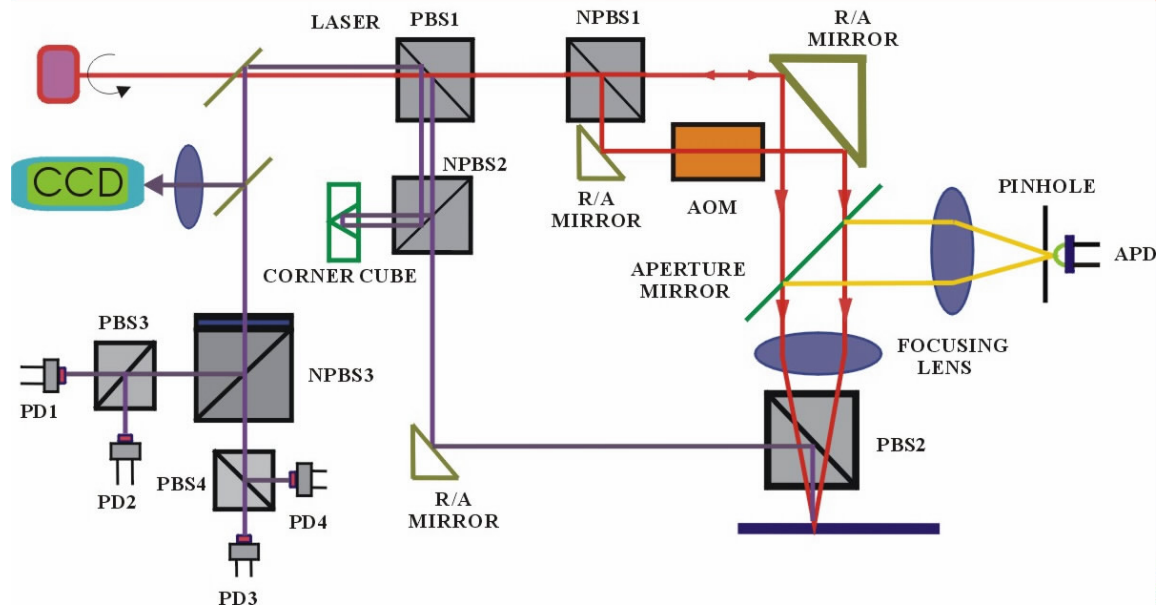
本三年計劃之第一年度進度乃是設計與建構完成一個可以達到同時進行單點 Transverse 和 Longitudinal 方向動態量測的創新系統。圖一乃是本計劃於規劃初期所完成之系統架構圖早期設計，此一架構結合了本實驗室(台大微奈米機電系統實驗室)所發展並技轉我國高科技廠商之先進雷射都卜勒干涉儀/振動儀(Advanced Vibrometer/Interferometer Device, 簡稱 AVID)與可做橫向量測之 Laser Doppler Anemometer (LDA)，同時並規劃引入 FPGA 為平台的訊號處理技術，讓

整個系統不需依賴電腦便可以直接量測以及對訊號作快速處理。為了加速系統調教速率，原先之規劃亦且加入了 CCD 的顯像系統，將 CCD 所得訊號利用外接螢幕放大後，乃能可以直接利用螢幕上之影像來進行對位校準，此一創新設計使得系統歸零與調校變的容易且迅速。

在過去一年之計劃執行過程中，研究團隊為了能進一步提昇系統功能，因此將原先規劃之圖系統架構，修改成為如圖二之創新架構，此一創新系統之設計及架構完成，提升了原有 LDA 部分所能取得之訊號接收訊雜比 (SNR, Signal to Noise Ratio)，同時此一設計還提供本系統同時監測兩軸方向振動的能力。



圖一 計劃書所提第一年系統架構規劃



圖二 第一年計劃執行完畢後所改進完成之創新設計系統架構

Sec 2. 進行光機設計與系統架設

2.1 計劃目標

本如圖二所顯現之創新量測系統，其光機架構結合台大微機電系統實驗室所發展出之雷射都卜勒振動量測儀暨干涉儀，(Advanced Vibrometer/ Interferometer Device, 簡稱 AVID) 與可做橫向量測之 Laser Doppler Anemometer (LDA)，達成系統具有可同時進行 Transverse (in-plane) 和 Longitudinal (out-of-plane) 方向動態量測的能力。除此之外，此一創新系統中包含有 CCD，可將量測點的影像放大並輸出至螢幕，以提供使用者完整之代測體表面資訊及位置，同時還大幅簡化超精密量測架設所經常面臨之調校困難及使用者再教育之重要。

2.2 現行架構

本系統應用光學之都卜勒效應，針對 in-plane 以及 out-of-plane 方向做兩軸的動態量測。本計劃系統的光路設計圖如圖二所示，紫色線條表示量測 out-of-plane 方向振動的光路，而紅色線條表示量測 in-plane 方向振動的光路。其主要光路說明如下。波長 633nm 之雷射光束通過偏極分光鏡 (PBS, Polarization Beam Splitter) 後，分成 P 光以及 S 光。其中 P 光用來做 in-plane 方向振動的量測，而 S 光用來做 out-of-plane 方向振動的量測。在 in-plane 方向，通過偏極分光鏡之 P 光經過一非偏極分光鏡 (NPBS, Non-Polarized Beam Splitter) 分成等量的兩束光，其中一束光通過 40MHz 的 AOM (Acousto-Optical Modulator)，以移頻的方式之解決方向不可辨認性的問題，而另一束光經過反射鏡改變方向，最後這兩束光經過一透鏡聚焦於物體表面干涉，其干涉後之散射光再聚焦於 APD (Avalanche Photo-Detector)，以擷取都卜勒訊號，而可量測物體在 in-plane 方向之振動。在 out-of-plane 方向，通過偏極分光鏡之 S 光經過一非偏極分光鏡 (NPBS,

Non-Polarization Beam Splitter) 分成訊號光及參考光，訊號光打到物體表面帶回都卜勒訊號，再與經過 Corner Cube 反射回來的參考光干涉，再將其訊號送入 Quadrature detector 即可量測取得物體在 out-of-plane 方向的振動量。

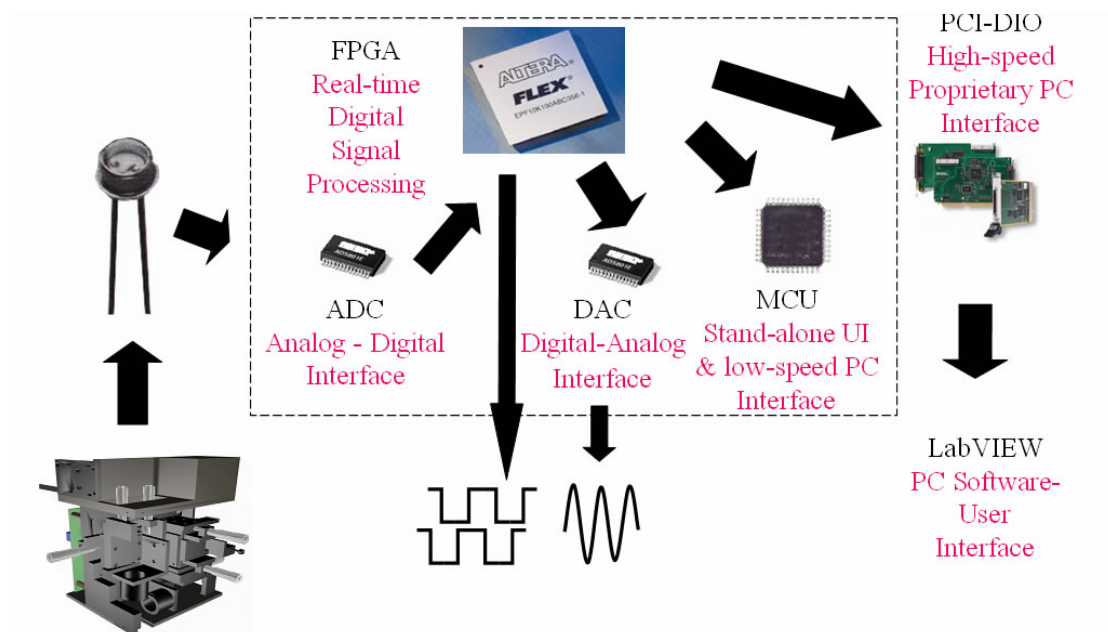
Sec 3. 訊號處理電路製作

3.1 計劃目標

本電子次系統於訊號處理之需求，乃是希望能夠同時處理 Transverse 與 Longitudinal 兩個方向的振動訊號，並同時還希望能提供即時量測訊號(Real-time Metrology Signal)給使用者，以求取得最寬廣之系統運用範疇及最友善之使用者介面。

3.2 現行架構

圖三為目前本系統在訊號處理部份的架構。本系統於光機部份所接收之光訊號經由前期放大及濾波處理電路而得到乾淨之有效類比電訊號，這些類比訊號先藉由 ADC(Analog to Digital Converter)轉換為數位訊號，接著再經由 FPGA 來作訊號的高速解讀或計算，最後或是再將計算完成的結果經由 PC interface 傳輸回到電腦來作進一步之處理，或是直接使用 DAC (Digital to Analog Converter)將所得運算結果，再度轉換為類比訊號輸出至示波器、回授電路等電子信號檢測系統上。經由上述一連串的訊號處理後，使用者乃可直接由電腦螢幕或示波器上觀察待測物即時的運動情形，同時還能進一步的處理所得訊號來作其他如 Micro-Positioning Control、Transfer Function Analysis 等之應用。



圖三 本計劃第一年所完之創新設計系統中訊號處理子系統設計理念