

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

微振信號處理在 CMP 製程之應用研究

Analysis and Application of Micro-Vibration Detection System

計畫編號：NSC 90-2212-E-009-061-

執行期限：90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

主持人：鄭璧瑩 副教授 國立交通大學機械系

一、中文摘要

半導體廠中大部份關鍵機組的機械振動，容許振幅為 $1\ \mu\text{m}$ 以下，若振動大於容許範圍，將會嚴重影響產品之精度及良品率。目前振動之量測技術，容易受到干擾及安裝上的限制，而不容易量測到微振動之訊號。本研究經評估後考慮採用市售的雷射位移計配合自行研發含有雜訊過濾功能之放大機制，藉以量測出微小振動之訊號，並使用快速傅立葉轉換法 (Fast Fourier Transform ; FFT) 將振動訊號變換成頻譜而加以解析。本研究所研發的信號放大機制具有將訊號放大之功能及濾波之功能，避免雜訊一起被放大而影響量測訊號，進而發展出一套微振動量測系統。本研究之量測系統亦可配合其他相關的附件改裝後，成為結合光學與振動原理之 CMP 終端檢測器。本研究並針對 CMP 實驗機台為目標進行實際測試，驗證本研究之微振信號檢測系統的實用效果。

關鍵字：微振動、CMP 終端檢測器、信號放大機制

Abstract

The detecting technology of micro-vibration is generally a tough work in precision machining processes. After evaluation, the laser displacement sensor with proposed amplifier mechanism to enhance resolution is adopted and applied to the research work. Detecting signals of micro-vibration is thus followed by using

Fast Fourier Transform technique (FFT) to find the spectrum of vibrations for further analysis. And the proposed signal amplifier is equipped to perform the functions of amplifying signals and filtering noise. The current detecting system in this research is successfully cooperating with the optical sensors to be an integrated detecting unit. Accordingly, this research also focuses on detecting and analyzing the signals on CMP to evaluate the performance of this micro-vibration detection system.

Keyword : Micro-Vibration、CMP Endpoint Detection、Signal Amplifier

二、緣由與目的

在了解目前精密機械的製程信號檢測的發展現況方面，發現許多的檢測技術在原理上與機構上都有其困難性和複雜性，例如光學式偵測器雖然可以直接以光學方式量測到薄膜厚度 (Platen Type)，唯光訊號極易被干擾或阻礙，當晶圓具有較多金屬層時，反射與折射訊號將提高雜訊，影響量測之精度。綜合各項資料的分析與評估，本研究採用市售的雷射位移計配合自行研發含有雜訊過濾功能之放大機制，藉以量測出微小振動之訊號，並使用快速傅立葉轉換法 (Fast Fourier Transform ; FFT) 將振動訊號變換成頻譜

而加以解析。自行研發的信號放大機制具有將訊號放大之功能及濾波之功能，避免雜訊一起被放大而影響量測訊號，進而發展出一套微振動量測系統。本研究並提出實用有效的研磨終點檢測技術，整合即時控制程式的介面，發展兼具光學及振動型優點的 CMP 製程終點檢測系統，針對 CMP 製程中即時研磨終點檢測系統檢測器與控制單元中微信號增強與偵測機構進行探討與研發。

研究方法

系統架構如圖 1 所示，將信號放大機制及雷射位移計分別架設在 CMP 機台上，振動信號經由信號放大機制的放大與濾波後，由雷射位移計量測及信號放大控制器將訊號放大後，利用 FFT 分析儀或電腦將訊號轉換成頻率後再加以解析，再由製程終點偵測程式分析判斷頻譜圖案而決定 CMP 機台所應採取的動作。

相關測試設備包括：

1. CMP 模擬機台。
2. 雷射位移計。
3. 自行研發訊號放大控制器。
4. A/D 轉換器。
5. 本研究所發展的相關介面整合與系統分析軟體。

CMP 模擬機台

由於實際量測晶圓 CMP 研磨實驗的費用昂貴，所以研究在量測系統完成前採用本實驗室先前研究中的 CMP 模擬機台，如圖 2 所示，用以模擬晶圓化學機械研磨，利用本研究之微振量測系統量測頻譜位準的動態變化量及位移的動態變化量，並以實驗數據及結果來驗證本系統。

表面平坦度實驗

在 CMP 模擬機台的研磨平台及研磨頭上貼上細的水砂紙，利用砂紙相互磨擦使砂紙表面的磨粒逐漸減少，而使得

砂紙表面逐漸平坦化，此種現象類似實際 CMP 研磨機台之研磨機制。

本研究分別針對不使用放大器及使用 A 型、B 型與 C 型微型探針放大器等四個項目做研究討論。

實驗設計

將一個雷射位移計雷射位移計固定在 X-Y-Z 精密滑台座上，並安裝於 CMP 模擬機台，用以量測研磨頭垂直方向的振動訊號，實驗配置圖如圖 1 所示，在利用振動信號分析系統將研磨時所產生之振動訊號擷取並轉換為頻譜之位準資料再加以分析。在研磨過程中頻譜位準會隨著時間而逐漸降低，位準越低代表振動強度越小，這表示表面越平坦。在 CMP 模擬機的研磨頭頂端與量測系統之間加裝 A、B、C 型微型探針放大機構，如圖 3 所示，利用其探針的效應將振動訊號放大增強本系統之解析度，藉以放大研磨時振動的特徵訊號，使量測系統能更精確的判斷 CMP 之製程狀態。

三、結果與討論

圖 4 為不使用放大器及使用 A、B、C 型微型探針放大器四個放大機制頻譜位準之比較，該四種微型探針放大器以不同的幾何尺寸與質量參數等加以區分。由實驗得知不使用放大器時，所量測到的頻譜除了在 200~400Hz 之不同時間所產生的頻譜有較明顯的區隔明顯的區隔及層次外，在其他的頻率範圍也有部份的區隔及層次，但還是以 300Hz 附近的區隔及層次較為明顯，本研究取 $300\text{Hz} \pm 20\text{Hz}$ (280~320Hz) 作為頻率積分及分析的範圍。使用 A 型微型探針放大器時可發現頻譜明顯區隔及層次的頻率範圍被轉移到 0~200Hz，在其他的頻率範圍則沒有明顯的變化，茲取 94~104Hz 作為頻率積分及分析的範圍。使用 B 及 C 型微型探針放大器時，由於吾人將共振頻率設定在 300Hz，所以在圖中頻譜明顯區隔及層次的頻率範圍在 250~350Hz，而其他的頻率範圍則沒有明顯的變化，因此可發現此 C

型微型探針放大器在 200~400Hz 以外的頻率範圍具有濾波之作用，茲取 300Hz±20Hz (280~320Hz) 作為頻率積分及分析的範圍，由圖 4 發現 C 型微型探針放大器的效果最為明顯，效果較佳。綜合實驗的結果，本研究發現利用現有的雷射位移計並搭配自行研發的放大器，確實可使量測系統的精度提高。本研究就是在上述前題下，在經過長期的規劃模擬與實驗後，綜合之前的模擬和實驗結果，歸納於表 1 所示，其中以優、佳、良作為評比的表示詞。

四、計畫成果自評

平坦化實驗時，如果以肉眼判斷製程終點，則會太過於主觀且不科學。因此本研究利用現有的設備加上簡單有效而實用的機構將訊號放大，使原有的系統也能容易量測到微振動之訊號，並達到 CMP 終點檢測的目的，並推測得出實際之製程終點。這可以節省許多的測試時間及大幅減少晶圓與耗材的浪費。

成果簡介與結論

本計畫針對 CMP 製程中即時研磨終點檢測系統檢測器與控制單元中微信號增強與偵測機構的研發進行探討，本研究預定完成的具體成果茲簡述於后：

(1)、針對感測器的信號處理原理、感測點的最佳頻譜與強度範圍、量測器裝置的模擬與設計，使感測信號增強、穩定性增高等為本研究的目標。本計畫以有限元素分析法、模態分析實驗法等，就影響研磨信號偵測的機組結構預做檢定、評估，選定最適宜的檢測位置與檢測方式。

(2)、基於微信號增強與頻寬偵測機制的探討與設計，進行微信號檢測單元的機構設計與分析，以彰顯頻譜訊號處理系統的信號特徵，以備研磨階段與頻譜訊號特徵的類比與辨識，據以設計及組裝微信

號檢知器的雛型實驗裝置。

(3)、為使實驗數據的建立較為完整與系統化，本計畫與半導體製程相關單位洽借實驗機台以利調節製程參數的設定，建立完善的檢測系統數據，做為信號檢測器單元機構設計的參考依據。

本研究的過程有助於參與研究成員在化學機械研磨機的製程機制與設計經驗有實際而具體的增進與訓練，而研究成果將對相關領域之學術研發與相關業者具有相當的助益。

本研究重點為利用現有的設備加上簡單有效而實用的機構將訊號放大，使原有的系統也能容易量測到微振動之訊號，並達到 CMP 終點檢測的目的。

五、參考文獻

1. 莊達人，「VLSI 製造技術」，高立出版社，民國 84 年。
2. 王建榮，林必宛，林慶福，「半導體平坦化 CMP 技術」，全華出版社，民國 89 年。
3. 涂志中，「晶圓化學機械研磨性能測試研究分析」，國立成功大學機械工程研究所碩士學位論文，民國 87 年。
4. Gurtej S. Sandhu, et al., US Patent #5,069,002, Dec. 3, 1991.
5. William J. Cote, et al., US Patent #5,308,438, May 3, 1994.
6. Sadebiro Kishii, Yoshihiro Arimolo, US Patent #5,624,300, Apr. 29, 1997.
7. Laurence D. Schultz, US Patent #5,081,796, Jan. 21, 1992.
8. Scott Meikle, Trung T. Doan, US Patent #5,439,551, Aug. 8, 1995.
9. His-Chieh Chen, et al., US Patent #5,597,442, Jan. 28, 1997.

六、圖表

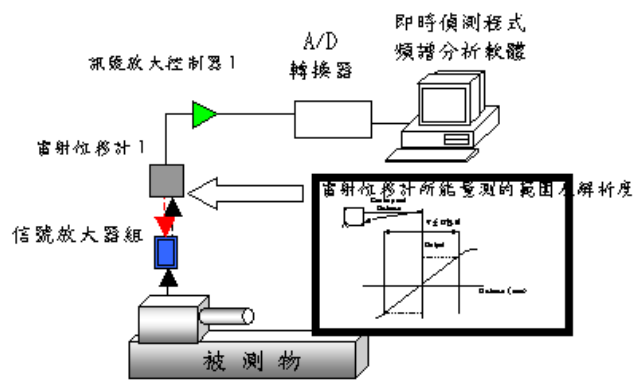


圖 1 基本量測系統之配置概念圖

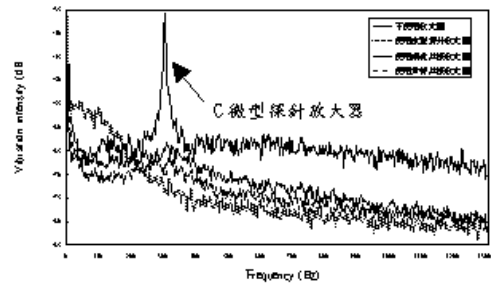


圖 4 四種放大器機制所量測之平坦化頻譜圖之比較

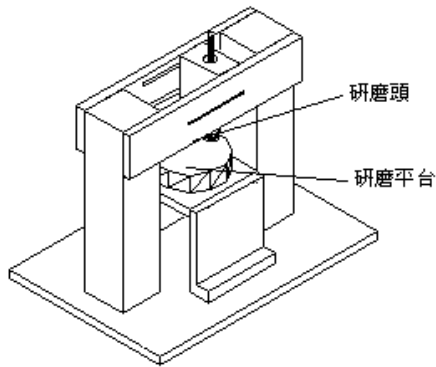


圖 2 CMP 模擬機台示意圖

表 1 各種不同放大器性能之比較

	平坦化實驗
不使用放大器	良
A 微型探針放大器	優
B 微型探針放大器	佳
C 微型探針放大器	特優

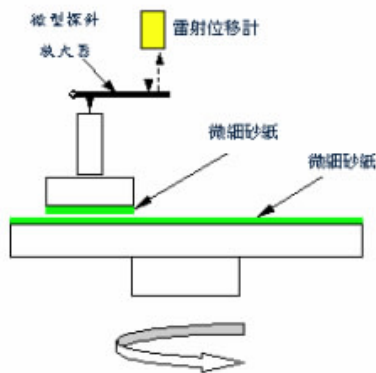


圖 3 使用微型探針放大器之平坦化實驗配置圖