

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

高密度光碟機讀寫頭微小化的設計與實作-子計畫四：微小化光碟機讀寫頭之伺服研究與實作 (I)

Design, analysis and implementation of server Control for miniaturized optical pickup

計畫編號：NSC 88-2212-E-009-010

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

主持人：成維華 教授 國立交通大學機械工程研究所

一、中文摘要

本計畫為『高密度光碟機讀寫頭微小化設計與實作』群體計畫中之一子計畫。本計畫之任務為配合總計畫對光碟機讀寫頭微小化技術研究中，對於聚焦伺服相關技術之研究與實作。先針對總計畫中之特殊兩段式聚焦伺服驅動方式作一模型分析，再根據聚焦裝置在物理上的限制設計整個控制系統迴路，並對非線性系統提出線性化的方法及條件假設後，藉由系統穩定性及其穩態誤差與頻率響應規格的分析來進行控制器的設計，然後將所設計的控制系統用於控制系統來做步階響應及一用高低頻混合訊號來表示碟片的翹曲及軸向晃動的模擬測試。最後再以德州儀器公司的數位訊號處理晶片來實現光碟機伺服控制。

關鍵詞：聚焦伺服、微小化光碟機讀寫頭。

Abstract

This project is one of the sub-project of "Design and Implementation of a Mini-aturized Pickup Head for High-Density Optical Disk Drivers". The purpose of this project is to study and to implement focus servo and tracking servo techniques for miniaturized optical pickup. Preliminarily, we create and analyze the physical model of the dual-stage focus servo controller design which is necessary to this project. According to the native restriction of the focus mechanism, there is nonlinear effect in the system. We analyze the system with linear assumption. Based on the stability criterion, we have specifications for steady

state error, and focusing requirements designed to the compensators. Testing the compensators we have examined by step responses and signals of mixed frequency as the bending and the axial vibration states of the compact disk. Finally, we implement the servo controller with the DSP micro-process TMS320C5x of the Texas Instrument (TI).

Keywords: focus servo, miniaturized optical pickup

二、緣由與目的

不管在一般資訊系統或消費性電子產品中 CD-ROM 已成為最重要之資訊及多媒體儲存工具之一，然而相較於另一儲存媒介—硬式磁碟機，CD-ROM 之資料存取速率之成長卻遠不及硬式磁碟機系統。此可歸因於 CD-ROM 系統中光學讀寫頭所含之光學元件體積、質量相較於硬式磁碟機之磁頭實在太過於龐大，以致於在整個儲存裝置所能提供有限之功率下僅能以較低之反應速度操作。現今為提高 CD-ROM 資料存取速度及追求其更高密度之資料記錄容量，對於以微機電技術發展新一代光學讀取頭，已成為各研究單位及光學讀取頭製造廠商爭相投入之領域，本整合型計畫之目的即在以微型機構取代傳統光學讀寫頭中部分元件以求能有效提高光學讀寫頭之反應速度，進而提高 CD-ROM 系統之資料存取速度。因此為達成光學讀取頭擁有更高之聚焦伺服頻寬，發展擁有微小化之聚焦伺服機構之新型光學讀取頭，並配合改善伺服控制器之設計，為此計畫之重要課

題 [1]。

本群體計劃之目標為利用微機電系統之技術將先學讀取頭中部分聚焦、循軌伺服機構微小化，以達成高密度光碟機讀取頭微小化之目的。

在本階段之新型光學讀取頭發展上，對於聚焦伺服機構將皆採取兩段式設計，即將微機電技術所完成之聚焦微調機構結合傳統之音圈馬達，達成高、低頻寬之兩段式聚焦驅動機構。而此有別於傳統之兩段式之聚焦伺服控制 (2 stage focus servo)。在文獻關於中光學讀頭之聚焦伺服控制之研究多為著眼於在兩段式聚焦伺服機構中達成快速跨軌之實現 [6][7]，關於此特殊兩段式之聚焦伺服之研究雖罕見於文獻中，但在精密機械系統中之研究領域及硬式磁碟機之伺服研究中則有關於兩段式定位系統之探討，如 M. Tomizuka 在兩段式定位系統強健控制之研究 [8][9]。

本計畫之任務即為配合總計畫中之新型微小化光學讀取頭技術之發展，研究在微小化聚焦伺服機構發展上所不可避免之多段式伺服技術 (multi-stage servo)，如新型兩段式聚焦伺服技術，以及針對此新型光學讀取頭之聚焦伺服技術之改進，對光學讀取頭中影響伺服迴路性能之因素之研究與改進，以作為改良聚焦伺服迴路設計之基礎。而依新型微小化光學讀取頭必然之兩段式之聚焦伺服驅動特性，發展出實際可行之驅動裝置則為此子計劃實作部分之重點。

由於 CD-ROM 系統、光學讀取頭及其週邊之裝置為一相當普及化之技術，故本子計畫之目標設定為奠基於現有商品之技術與規格上，在各計畫年度內逐步發展出高頻寬及適用於兩段式之聚焦伺服之特殊驅動裝置及伺服演算法，以作為新型微型光學讀取頭研製過程中驗證實驗之用。在第一年度計畫執行中亦求以此驅動裝置與商品化之 CD-ROM 晶片組整合，使得本計劃所發展之新型光學讀取頭能進一步相容於現今商品化之 CD-ROM 系統。

本子計劃之實作先以自行發展之以數位訊號處理器 (DSP) 為基礎之伺服驅動

元件取代其中數位訊號處理與數位伺服晶片中之伺服功能，並將之整合於系統中，以完成可供新型光學讀頭功能實驗驗證及兩段式聚焦、循軌伺服控制之研究。最後並以發展出整合於新型光學讀頭之兩段式聚焦、循軌伺服控制之前級，使此新型光學讀頭可相容於商品化晶片組中 (RF amplifier、Digital signal processing/Digital servo、Decoder /IDE interface)，而提高其實用性。

本計畫以現有商品化之光學讀頭及 CD-ROM 晶片組為基礎，以數位訊號處理器 (DSP) 配合伺服控制軟體發展出實驗用驅動電路系統之雛形，完成初步 DSP Base 之伺服電路控制卡硬體研製、兩段式聚焦伺服控制理論研究。

三、結果與討論

圖一與圖二分別為兩段式光學讀寫頭裝置示意圖及系統模型圖，雷射光束打到薄膜上反射，在經由物鏡聚焦在碟片上，當改變薄膜曲率時，聚焦的位置也隨之不同。依照給定之規格，考慮光學與機械系統的耦合性且加以進行線性化之後，得到圖三之兩段式光學讀寫頭系統方塊圖。 α_1 、 α_2 為可微調變之直流增益，系統最後將在串上一相位落後-超前補償器，此補償器為伺服控制器設計之重點之一。經過幾次重複計算與設計後，最後得到的補償器轉移函數為：

$$G_{\text{compensator}} = \frac{1 + 0.0006899s}{1 + 0.00004954s}$$

且

$$\alpha_1 = 3400 \quad \alpha_2 = 5$$

圖四為補償器之頻率響應圖。

測試伺服控制器方面，以高低頻混合輸入訊號 (圖五) 模擬碟片翹曲及表面震動的情況。圖六為其輸出結果，圖七則顯示與聚焦輸出入誤差值。

由上列之輸入輸出之關係，可得知我

們聚焦伺服控制器之規格可達到頻寬 2635Hz，聚焦誤差在 $\pm 0.01\mu m$ 以下。另外在步階響應測試方面，超越百分比與上升時間分別為 1.17% 與 0.00005sec。

計畫的最後部分，選擇 TI 的 TMS320C50 DSP 晶片（圖八）來實現我們的控制器，藉由其強大的運算功能來達到伺服控制的即時性。圖九為 DSP based 光學讀頭聚焦控板

四、計畫成果自評

經過多次重複設計與計算，雖然其中有許多組不同的設計，最後總算得到一組最佳化之補償控制器，其規格的確令人滿意。計畫之前已具備不少 DSP 實作控制器的經驗，所以在本計畫實作部份到也沒遇著大問題。綜合上述資料，本微小化光碟機讀寫頭之兩階段伺服研究與實作之計畫驗證為可行。

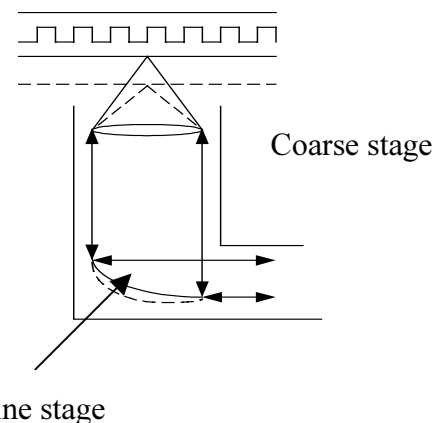
五、參考文獻

- [1] T. Semba, A.K. Bates, A.A. Fennema, "Interaction between Servo Loop of an Optical Disk Driver," Jpn. J. Appl. Phys. Part I, No. 1B, Vol. 36, 1997, pp.557-561.
- [2] *Specifications, Model: KSM-213CCM*, Sony Corporation, electric devices division, optical device department, 1997.
- [3] *Revision of Specification: SPU3101*, Sankyo Seiki Mfg. Co. Ltd, 1996.
- [4] *Specifications, Model: EXL-S7104A/B*, Optical Component Division, Components & Device Sector, Victor Company of Japan, Limited.
- [5] *DVD Specifications for Read-Only Disk, Part 1, Physical Specifications, Version 1.0*, Hitachi, Ltd. (Tokyo, Japan), etc., August 1996.
- [6] J. Yang, L. Pan, X. Pei, C. Xie, X. Cao, D. Xu, "Time Optimal Seek Control for a Coupled Dual Stage Disk Drive Actuator," IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 33, No. 5, September

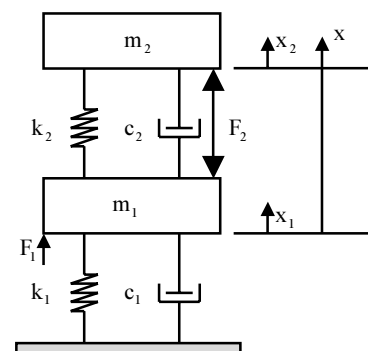
1997, pp 2629-2631.

- [7] M. Akiyama, J. IshiKawa, "Repetitive Track Seeking Algorithm for Optical Drives," Jpn. J. Appl. Phys. Part I, No. 11B, Vol. 32, 1993, pp. 539-5396.
- [8] Wei H. Yao, M. Tomizuka, "Robust Controller Design for a Dual Stage positioning System," Plenary Session, Emerging Technologies, and Factory Automation. IECON. Proceedings, Vol. L, 1993, pp.62-66.
- [9] K. Mori, T. Munemoto, H. Otsuki, Y. Yamaguchi, K. Akagi, "A dual-stage magnetic disk drive actuator using a piezoelectric device for a high track density IEEE Transaction on Magnetics, Vol. 27, NO. 6, Nov, 1991, pp.5298-5300.

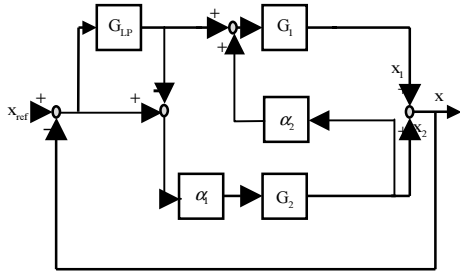
六、附圖



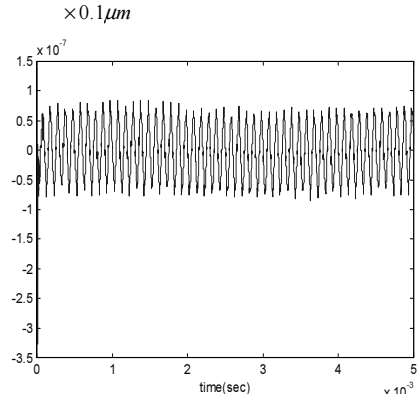
圖一 光學讀寫頭裝置示意圖



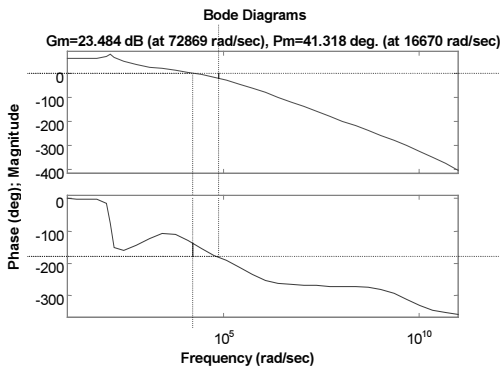
圖二 系統模型圖



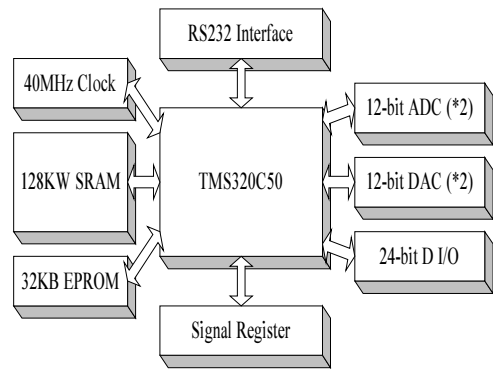
圖三 線性化後之 two-stage 系統方塊圖



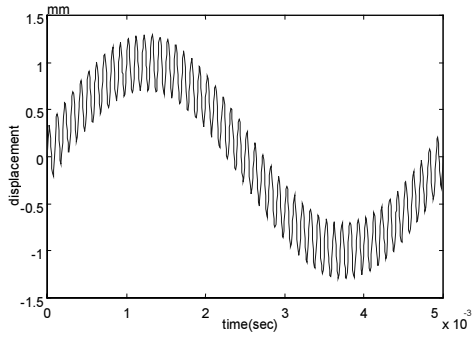
圖七 聚焦輸出入誤差值



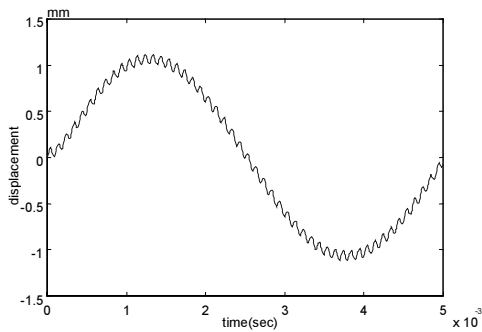
圖四 聚焦伺服補償器頻率響應圖



圖八 TMS320C50 系統方塊圖



圖五 高低頻混合模擬輸入



圖六 輸出結果



圖九 自行研發之 DSP based 光學讀頭
聚焦控板