



# 基於數位控制應用於 雷射振鏡定位技術介紹

Introduction of Laser Scanner Positioning Application based on Digital Control

陳長泰

國立成功大學  
電機工程學系

曾介亭

工研院南分院  
雷射應用科技中心  
雷射系統應用部

李閔凱

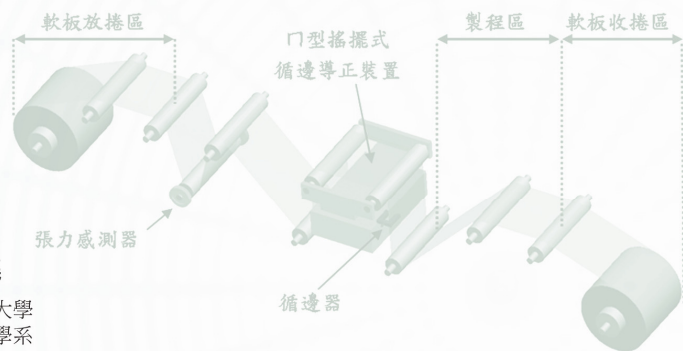
工研院南分院  
雷射應用科技中心  
雷射系統應用部

鄭銘揚

國立成功大學  
電機工程學系

黃柏堯

國立成功大學  
電機工程學系



## 關鍵詞

- 振鏡馬達      galvanometer
- 模型預測控制      model predictive control
- 田口方法      Taguchi method

## 摘要

現今電子產品之發展趨勢不僅須提供強大功能，其外型亦要求輕小。為了滿足此需求，於許多電子產品之製造上，雷射加工技術已逐漸取代傳統機械加工方式。在眾多雷射系統中，振鏡式雷射加工系統於近年來備受注目，其原因在於該系統之掃描元件—振鏡馬達具有高轉矩-轉動慣量比、時間常數小和響應速度快等優點。而目前

市售雷射振鏡系統大多搭配類比式控制器，雖然類比系統擁有高解析度與取樣速率無限制等優點，但類比式控制架構卻有控制參數調整不易、控制策略之挑選受限制和參數容易受外在環境影響等缺點。為解決上述問題，本文將發展一應用於雷射振鏡系統之數位控制器。

在雷射振鏡系統之定位控制問題上，本文選用擁有線上運算容易和控制效果良好等優點之模型預測控制法則，再藉由田口方法尋求其最佳控制參數組合，並與基於基因演算法之比例積分微分控制器和本文所改良之虛擬微分回授前饋控制器進行性能比較，最後以實驗驗證本文所提方法之可行性。實驗結果顯示，模型預測控制法對於不同振幅之步階命令，均能有效地同時降低振鏡定位系統的安定時間、最大超越量與穩態誤差。

The developing trend in modern electronic



devices is to design and manufacture versatile, powerful, lighter and smaller products. In order to meet this requirement, traditional machining approaches have been gradually replaced by laser machining, in many electronic product manufacturing processes. Among the laser machining applications, the galvanometer laser system attracts a lot of attention due to the fact that the galvanometer has many attractive features such as high torque-to-inertia ratio, low time constant and fast response for machining. In general, most commercial galvanometer laser systems are equipped with analog controllers. Although the analog controller has advantages such as high resolution and unlimited sampling rate, it also has several drawbacks, for example, difficulty in tuning the control parameters, limited choices of control strategies, and that control parameters are sensitive to the environment. To overcome the aforementioned difficulties, this thesis is aimed at developing a digital controller for the galvanometer laser system.

Due to the capability of online calculation and good control performance, the Model Predictive Control (MPC) approach is employed in this thesis to deal with the position control problem of the galvanometer laser systems. In the proposed approach, the optimum parameters of MPC are determined using the Taguchi method. Furthermore, a performance comparison among the proposed MPC-based approach, the GA-based PID controller

and the Pseudo Derivative Feedback (PDF) with Feedforward controller modified in this thesis is also performed. Finally, several experiments have been conducted to verify the feasibility of the proposed approach. Experimental results demonstrate that the proposed approach can effectively reduce the settling time, maximum overshoot, and steady-state error of the galvanometer positioning system under different amplitudes of step input commands.

---

## 前言

---

雷射加工因為有非接觸、無污染、高精度和高效率等優點，在產品發展趨勢日益微小化、高密集化的現今，已漸漸取代傳統機械加工之地位。雷射加工的應用範圍很廣，不論是破壞性製程，如雕刻、切割、鑽孔等，或是修補性製程，如表面處理、焊接、補模等均可勝任，其中雷射鑽孔是最早被應用於實際製程中的加工技術[1]。在機械製程中，孔加工佔有相當比例，例如：各式噴頭(印表機、引擎等)、儀表零件等。其困難點在於：尺寸小、數量多、精度要求高和形狀複雜等。相較於傳統機械加工方式，雷射鑽孔擁有以下優點[2]：

- 速度快，每秒可達 1000 孔以上，經濟效益高。
- 可應用於直徑 100 $\mu\text{m}$  以下的孔徑需求。
- 可獲得較大的深寬比。
- 可應用於高硬度、高熔點或軟性基板等材質。
- 可應用於複雜的加工物件。
- 加工時間短，熱影響區域小，不需特殊保護。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】339期・100年6月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：[www.automan.tw](http://www.automan.tw)