



# 基於粒子群最佳化 之品質預測模型線上學習機制

A Particle Swarm Optimization Based Online  
Learning Mechanism for Quality Prediction Models :  
A Case Study on Thin-Film Thickness Prediction  
of Semiconductor Wafers

呂紹銘

中原大學機械系

劉益宏

中原大學機械系  
助理教授

周子勤

工研院機械所  
智慧系統工程技術組  
智慧機電整合部



## 關鍵詞

- 製程診斷 Process Diagnosis
- 半導體晶圓
- 粒子群演算法 Particle Swarm Optimization
- 支持向量迴歸 Support Vector Regression
- 支持向量資料描述 Support Vector Data Description

## 摘要

在先進半導體製造中，生產製程皆需進行週期性監控以維持高穩定性和高良率，然而，不但會增加循環時間，也增加生產成本。本研究提出一套線上製程診斷系統來解決這個問題，此系統結合支持向量迴歸(Support Vector Regression, SVR)與支持向量資料描述(Support Vector Data Description, SVDD)，建構晶圓厚度預測器，可得到高的預測準確

度。而本研究為了能夠縮短建立最佳 SVR 模型之時間，採用與傳統格子點演算法不同的啟發式演算法來找尋最佳參數組合。由實際 12 吋晶圓廠提供資料的實驗結果顯示，本線上診斷系統可以得到非常小之預測誤差。使用啟發式演算法之一的粒子群演算法(Particle Swarm Optimization, PSO)大幅縮短 SVR 建模時間，達成即時監控的效果。

In advanced semi-conductor manufacturing, all the processes should be periodically monitored to maintain high stability and yield. As a result of this, production cost and time will also be increased. In this research, an on-line process diagnosis system designed by Support Vector Regression (SVR) and Support Vector Data Description (SVDD) to construct a wafer film thickness predictor to take care of this issue is established. In order to reduce the time of optimal SVR-model establishment, Particle Swarm Optimization (PSO) is adopted to search for an optimized set of SVR parameters. From the real



data provided by a foundry in Hsin-Chu Science Park, it is proved that a more precise and efficient system is obtained to achieve the goal of real time and on-line monitoring.

---

## 前言

---

目前半導體製程中，確保晶圓品質方式是藉由量測監控晶圓，由於量測監控晶圓的結果無法立即得知，若製程中發生異常，則無法得知下一批製程是否發生異常。如果機台發生異常沒有即時發現，在下一次量測前，可能會造成該批產品晶圓有瑕疵，進而使大量產品晶圓報廢，嚴重影響到生產成本。為了避免這種狀況發生，解決的辦法就是直接對每一片產品晶圓做即時厚度預測，此種方法稱為虛擬量測(Virtual Metrology, VM)或厚度診斷，使其應用在生產線上，將預測出之產品晶圓厚度及生產資訊發佈到場區內部網路(intranet)，提供給工程師，此即稱作線上診斷系統(e-diagnostics system)。

對於虛擬量測近來已有許多不同架構的方法被提出，Chan 和 Cheng[13]於 300mm FAB CVD 製程上，提出基於倒傳遞類神經網路(Back-propagation Neural Network, BPNN)的 VM 模型。Lee 和 Spanos [16]在電漿蝕刻製程中，運用即時生產機台來預測蝕刻率和均勻度。Chen[9]提出一個信心指標，做為預測準確度的參考。Hung[15]採用輻射基底函數類神經網路(Radial Basis Function Neural network, RBFN)建構 VM 模型，並發展模型參數調節器(Module Parameter Coordinator, MPC)，可增加 VM 預測準確性。Hung[17]檢查輸入數據對 VM 的重要性，包含數據特性分析、數據異常值察覺、數據清除、數據正規化和數據維度縮減。

然而建立最佳化的預測模型需要找出最佳的建模參數，以往找尋模型最佳參數的方式為格子點搜尋法，此方法若將範圍格數切愈細愈會找到全域最

佳解，相對來說必須耗費大量的時間來找尋最佳參數。

目前已有一些參數組合問題利用啟發式演算法找尋最佳解，吳[1]提出利用禁忌演算法(TABU search)解決推銷員旅行問題，(Traveling Salesman Problem, TSP)，此問題是組合最佳解代表性之一，應用 TABU 解此問題可跳脫區域最佳解，並減少不必要搜尋，縮短參數搜尋時間。林[2]使用 PSO 演算法進行樁基礎最佳化多目標設計，此系統同時符合結構安全性檢核並使其總造價成本達到最低，可有效降低不必要之損失。

本研究針對半導體化學氣相沉積(Cheical Vapor Deposition, CVD)製程提出基於支持向量回歸(Support Vector Regression, SVR)的厚度診斷系統，來預測產品晶圓厚度值，並以啟發式演算法搜尋建模最佳化參數，利用啟發式演算法建立模型，可大幅降低建模時間，實現即時預測的效果。而為了保持 SVR 模型訓練資料新鮮度與新進資料預測準確度，提出了基於支持向量資料描述(Support Vector Data Description, SVDD)的線上學習機制。SVDD 是一種新的機器學習演算法[7][8]。目前已成功應用在 TFT-LCD 瑕疵鑑定上[18]。並在線上學習機制中加入重新訓練指標，此指標會在完成實際量測時做計算，由此指標可得知是 SVR 模型預測不準確，或是 SVDD 模型對新進製程資料是否判斷錯誤，進而將其一進行重新訓練。而本研究之優點在於，SVR 是運用結構風險最小化(structural risk minimization)來達到最佳泛化能力，可改善傳統基於經驗風險最小化(empirical risk minimization)之類神經網路的局部最佳化缺點。而 SVDD 可計算出新進資料與訓練資料建構出超球體球心的距離，以此判斷新進資料與訓練資料的相異程度，若相異大時啟動線上學習機制，並以重新訓練指標判斷 SVR 與 SVDD 何者需執行重新訓練動作。



更完整的內容

請參考紙本【機械工業雜誌】316期・98年7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