

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

子計畫三：前段(母版模具)製程設備即時監控系統發展

(2/3)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC94-2218-E-009-002-

執行期間：94年08月01日至95年07月31日

執行單位：國立交通大學機械工程學系(所)

計畫主持人：李安謙

共同主持人：陳俊宏

計畫參與人員：吳仲明、林峰龍、雷仕全、徐嘉星、柯璟銘、劉佳原、李森正

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 95 年 6 月 1 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

光碟製程設備智慧型診斷與維修保養系統之發展-

子計畫三：前段(母版模具)製程設備即時監控系統發展(2/3)

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：

執行期間：93 年 8 月 1 日 至 96 年 7 月 31 日

計畫主持人：李安謙 教授

共同主持人：陳俊宏

計畫參與人員：吳仲明、林峰龍、雷仕全、徐嘉星、柯璟銘、劉佳原、李森正

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學機械工程學系

中 華 民 國 95 年 5 月 30 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫期中報告

光碟製程設備智慧型診斷與維修保養系統之發展- 子計畫三：前段(母版模具)製程設備即時監控系統發展(2/3)

The development of real-time monitoring and control system for DVD front-end process

計畫編號：NSC94-2218-E-009-002

執行期限：93年8月1日至96年7月31日

主持人：李安謙

Email: aclee@mail.nctu.edu.tw

共同主持人：陳俊宏

研究人員：吳仲明、林峰龍、雷仕全、徐嘉星、柯璟銘、劉佳原、李森正

一、中文摘要

本年度計畫之目的針對光碟片旋鍍製程 (Spin-Coat Process)，建立其製程數學模型；利用其製程模型建立製程控制機制，並整合第一年度計畫所建立之濺鍍製程模型，作為下一年度之製程控制核心程式。本年度計畫利用實驗設計 (Design Of Experiment, DOE) 建立旋鍍製程數學模型，作為控制的依據，來提升 BD (Blu-ray Disc) cover layer 的良率並進一步增進光碟片的品質。首先確定 spin-coat 製程上影響 cover layer 厚度和均勻度的變數，其次利用鍊德所提供的機台做 DOE 建立 spin-coat 製成模型；並利用製程控制與補償機制來更新製程模型參數，以維持模型預測精準度及控制製程之穩定性。藉由此機制不僅可以將製程控制在更穩定的狀態下，還可以減少產品品質的變異、提升製程與設備有效操作率。

關鍵詞：先進製程控制，旋鍍製程，實驗設計

Abstract

For the spin-coat process, constructing the process model and developing a spin coating process

controller are the purposes of this project. The spin coating process model, the foundation of the process controller, is constructed by design of experiment (DOE). In order to improve the Blu-ray Disc Cover layer yield and quality, an advanced process control is employed to early predict and diagnose the possible unusual process deviation so as to adjust the parameters for the equipment in a normal operation condition. First, we choose parameters that affect thin film thickness and uniformity of the cover layer. Then use DOE method to construct the spin coating model. After that, we will use the recursive procedure to update model coefficients and develop the process controller for containing the accuracy and stability of process model.

The advanced process control can not only steadily control the manufacturing process, reduce the failure rate, but also increase the efficiency of equipment and the process.

Keywords: advanced process control, spin coating process, design of experiment

二、計畫緣由及目的

隨著寬頻網路新技術及更高解析度的家庭影音產品出現，DVD 容量就顯得不足，儲存兩小時 MPEG2 壓縮的高畫質電影或是電視節目記錄容量必須超過單面 20G 以上，因此更需要大容量來儲存高解析度數位電視或是大容量資料。為了因應需求新一代的光碟片必須擁有比 DVD (Digital Versatile Disc) 更多的記憶容量和更高讀取速率。

由日、韓、歐等國九家公司所制定的規格：BD (Blu-ray disc)，就是要實現 22GB 以上的容量；因此光碟片記錄的密度就必要達到五倍以上。為了達到加大容量的目標，磁軌間距(track pitch)如圖 1 所示：由 DVD 規格的 $0.74\mu\text{m}$ 縮小至 BD 的 $0.32\mu\text{m}$ 。且最短凹槽(Pit Length)也從 $0.4\mu\text{m}$ 縮小到 $0.15\mu\text{m}$ [1]。

為了精確的讀取光碟裡的資訊，我們必須縮小雷射光波長及增大物鏡的數值孔徑(Numerical Aperture, NA)來縮小光點(spot)的尺寸，如圖 2 所示[2]。以 BD 為例，其採用波長 405nm 的藍紫色鐳射，NA 值為 0.85，使聚焦點縮小至 $0.39\mu\text{m}$ ，所以系統需要一層更薄的光轉化層—cover layer(厚度為 $100\mu\text{m}$)，讓光點能在高密度光碟中準確讀寫資料。當物透鏡的 NA 過高時，Cover layer 所容許之厚度變化，與 NA 的 5~6 次方成反比而縮小，如圖 3 所示。因此系統對 cover layer 的厚度及均勻度更加要求和敏感。也因為如此當光碟片的讀取面有髒污或刮損時，容易造成讀取錯誤，所以會在 cover layer 上再塗上一層 hard coat 如圖 4 所示[3-5]。

本年度計畫之目的就是要將 BD 的 cover layer 厚度控制在 $100\mu\text{m}\pm 2.5\mu\text{m}$ ，提升其良率並進一步增進光碟片的品質。

三、研究方法

目前光碟片旋鍍實驗之設備配置如圖 5 所示，由個人電腦端(PC)下參數給可程式控制器

(Programmable Logic-Controller, PLC)，PLC 便按照 PC 端所下的參數值以及內部預先編寫動作流程運作，直到旋鍍完成，再經由手動將已塗佈之光碟片送至 UV Lamp 照射。其中旋轉臺、下膠機構(圖 6)、UV Lamp(圖 7)、UV Power(圖 8)、供膠系統(圖 9)以及回收槽由鍊德提供，UV 膠由台灣迪科公司所提供，其型號為 SD-715。薄膜厚度量測機台為 dr. schenk PROMeteus MT-146。

鍊德現行光碟片旋鍍流程如下，首先在附有真空吸附的轉盤上放上光碟片。下 UV 膠的噴嘴開始以低轉速旋轉，然後下膠(此時光碟片為停止)。待下膠完畢，轉盤開始加速到數千 rpm 持續 1~2 秒。之後光碟片就塗佈上一層 UV 膠薄膜，將它放入 UV 光機臺裡待其固化，便完成 cover layer 的製程。本計畫研究方法共分為三個主要步驟：確定製程參數、建立旋鍍製程模型以及建立製程控制，分述如下。

■ 確定製程參數：

由鍊德工程師所提供之資訊得知，針對 spin-coat 而言，影響 cover layer 厚度的因素主要有以下幾項：下膠量、轉速、加速度和旋轉時間。其中下膠量方面，由於我們固定下膠時間而以控制氣閥的壓力來決定我們的下膠量，因此我們以氣閥壓力來表示下膠量；另外加速度方面由於 Spinner Driver 的關係無法從 PC 端直接變更參數，必須從 Spinner Driver 上直接調整，此外 Spinner Driver 內部之設定值為加速時間，因此將加速度改為加速時間(ms)。在轉速與旋轉時間部分，薄膜厚度與轉速、旋轉時間兩者成反比，換言之，轉速越高，膜厚越薄；旋轉時間亦同。

■ 經由 DOE，建立 spin coating 模型

上述的製程參數：壓力、轉速、旋轉時間及加速時間，因為目前並無確定的 cover layer 製程參數，而 hard coat 也是屬於 spin-coat 製程。因此先根據鍊德公司 hard coat 部分的製程參數，我們設計了四因子二水準的實驗設計[7]，實驗因子與

參數設定如表 1 所示，希望藉由不同因子實驗，能獲得製程機台狀態。

圖 10-11 為實驗第 14 片及第 4 片的量測結果。其中第 4 片之參數設定如下：壓力為 0.06 MPa、轉速 4200 rpm、旋轉時間 1.5 sec 和加速時間 40 ms 狀態下的量測值。而第 14 片是在：壓力為 0.06 MPa、轉速 3700 rpm、旋轉時間 1.5 sec 和加速時間 60 ms 狀態下的量測值。經由量測結果得知，經由鍊德廠內設定值所 coating 之厚度約在 4-12 μm ，然後調整實驗因子水準讓 cover layer 的厚度達到 100 μm ，再去建立機台模型，並依此模型作為批次控制之依據。此外，在量測內容顯示出機台因為一些外在的環境因素：如灰塵、沒有水平，和人為的操縱疏失：如指紋、碰撞，表現出相當不穩定的狀態。因此必須再加強一些設備使得外界的因素影響到最小，讓實驗的準確性更加提高。

■ 建立製程控制

由於 spin coating 製程輸出與輸入間的關係模式可能隨著時間而有所改變，所以將利用 Kalman Filter[8]或 RLS (Recursive Least Squares)[9]的方法做即時的模式係數調變，使得由實驗設計及回歸分析方法所分析及計算出來的模型能適應機台的變動，進而提高模式的精確度，並使得製程的控制更加良好。

四、預期成果

鍊德目前尚無準確之 BD cover layer 製程參數，並且生產機台也在籌備中，目前實驗機台是設計給 CD/DVD 旋鍍使用，非針對 BD 而設計，故在實驗機台及製程技術上尚有改善之空間。

另一方面，由圖 10 之量測結果可看出經過 spin-coat 完後的光碟片呈現內薄外厚的情形，均勻度的狀況不是很好。因此，除了先確定實驗因子水準，讓 cover layer 的厚度達到 100 μm ，建立

我們的機台模型之外，期能更進一步研發出一種二段式製程使得光碟片的均勻度有所改善，修正內薄外厚的現象。並且以前述建立之製程模型為基底建立監控模式，透過前述模型之調整與監控，希望可以協助設備相關工程人員降低非工作預定的設備停機次數，適時偵測排除發生問題的機台，減少不良品或廢片的發生機率，並進而線上調整製程配方確保產品品質不因機台特性飄移影響，對於產出良率和品質的提升有很大的幫助。

五、參考文獻

- [1] 德丸春樹、橫川文彥、入江 滿共著，郭嘉龍編譯，「DVD 手冊」全華出版社，民國 93 年。
- [2] White Paper, Blu-ray Disc Format General, Blu-ray Disc Founders, August 2004.
- [3] T. Komaki, H. Hirata, M. Usami, and H. Utsunomiya, "Spin-Coating Technology of the Cover layer for Digital Video Recording-Blue Disc," J. Appl. Phys., Vol. 41, pp. 3922-3923, 2002.
- [4] M. Y. Han, T. S. Kang, S. K. Lee, S. H. Jang, H. Seo, and C. H. Lee, "A New Hard Coat on Cover layer for Cartridge-Free Blu-ray Disc," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 43, No. 7B, pp. 5040-5041, 2004.
- [5] N. Hayashida et al., "High-Performance Hard Coat for Cartridge-Free Blu-ray Disc," Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 42, pp. 750-753, 2003.
- [6] 莊達人，「VLSI 製造技術」，第五版，高立圖書，台北，1992。
- [7] Montgomery 原著，黎正中、陳源樹 編譯，「實驗設計與分析」高立圖書，2003。
- [8] E. Palmer, W. Ren, C. J. Spanos, and K. Poolla, "Control of Photoresist Properties: A Kalman Filter Based Approach," IEEE Transaction on Semiconductor Manufacturing, Vol. 9, NO. 2, MAY 1996.

[9] Lennart Ljung, System identification: Theory for the User, Prentice-Hall, 1987.

六、圖表

表 1. 實驗因子及水準表

變數	名稱	低水準(-)	高水準(+)
A	下膠量	0.05 MPa	0.06 MPa
B	SPIN-TIME	1 sec	1.5 sec
C	加速時間	60 ms	40 ms
D	轉速	3700 rpm	4200rpm

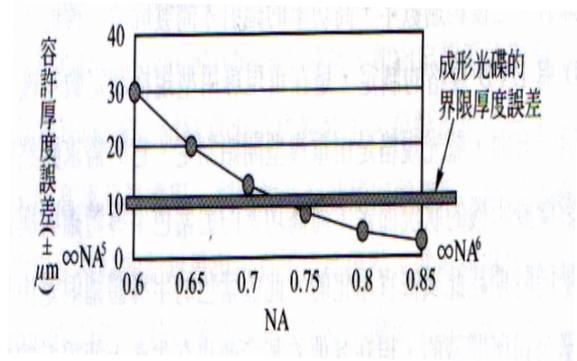


圖 3 物透鏡NA 之容許 cover layer 的厚度誤差[3]

DVD Vs. Blu-Ray Construction

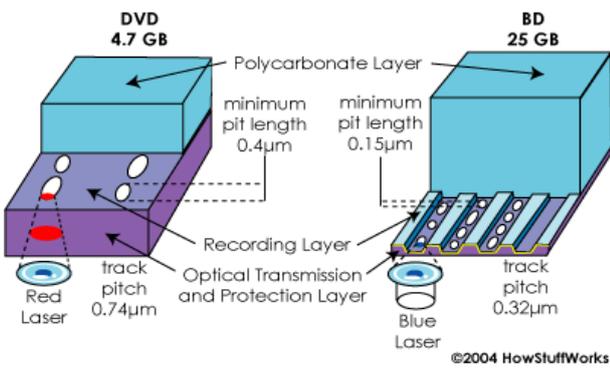


圖 1 DVD 和 BD 記錄層的比較[3]

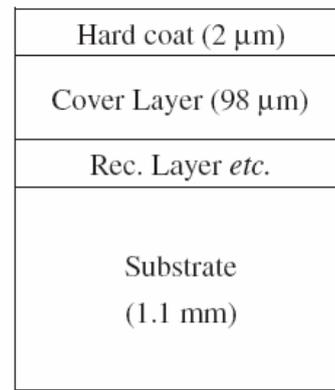


圖 4 BD 結構[5]

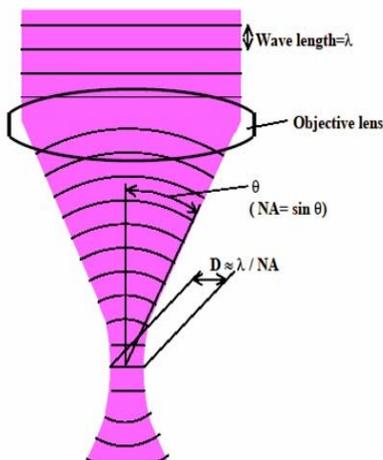


圖 2 數值孔徑(NA)、光點(D)和波長的關係[2]

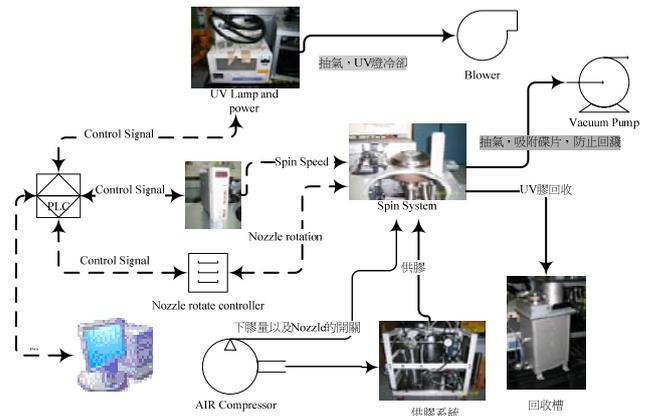


圖 5 旋鍍設備配置圖

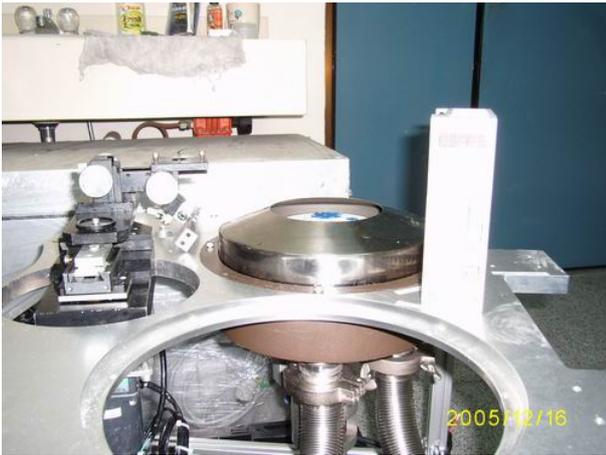


圖 6 coating 轉盤以及下膠機構



圖 9 供膠系統

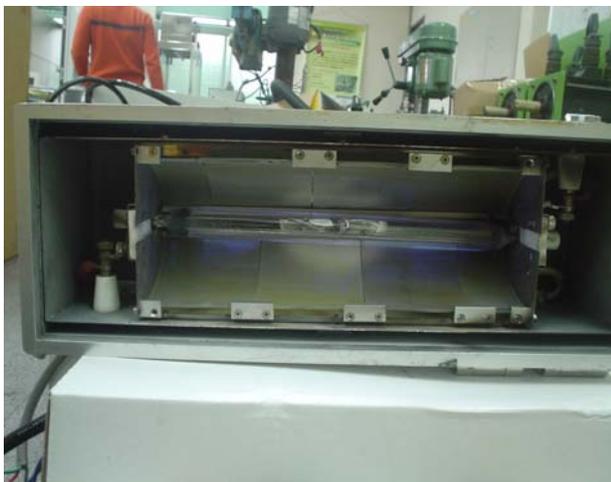


圖 7 UV Lamp



圖 8. UV power

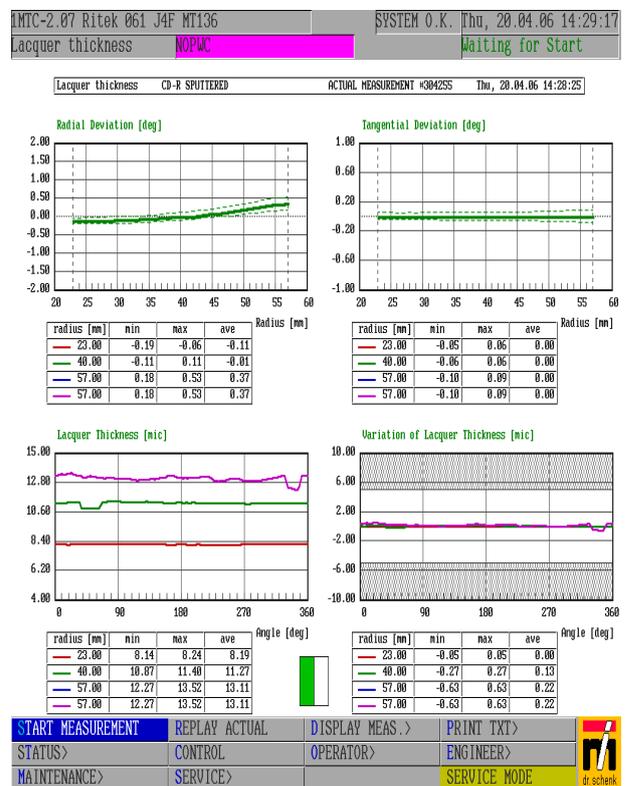
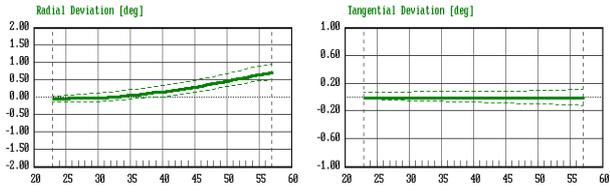


圖 10 第 14 片的量測結果

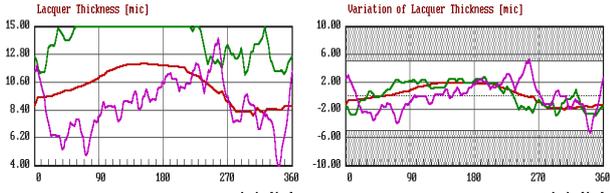
IMTC-2.07 Ritek 061 J4F MT136 SYSTEM O.K. Thu, 20.04.06 14:39:43
 Lacquer thickness NOPWC Waiting for Start

Lacquer thickness CD-R SPUTTERED ACTUAL MEASUREMENT *304262 Thu, 20.04.06 14:39:06



radius [mm]	min	max	ave
23.00	-0.16	0.04	-0.04
40.00	0.02	0.34	0.19
57.00	0.51	0.96	0.73

radius [mm]	min	max	ave
23.00	-0.04	0.07	0.00
40.00	-0.08	0.10	0.00
57.00	-0.13	0.12	0.00



radius [mm]	min	max	ave
23.00	7.97	12.08	10.31
40.00	11.19	16.99	14.41
57.00	3.46	14.12	8.81

radius [mm]	min	max	ave
23.00	-2.06	2.06	0.29
40.00	-2.90	2.90	0.32
57.00	-5.33	5.33	0.02

START MEASUREMENT REPLAY ACTUAL DISPLAY MEAS.> PRINT TXT>
 STATUS> CONTROL OPERATOR> ENGINEER>
 MAINTENANCE> SERVICE> SERVICE MODE



圖 11 第 4 片的量測結果