

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

半導體廠 WIP Profile 之管理模式 WIP Profile Determination for Wafer Fabrication

計畫編號：NSC 88-2213-E-009-032

執行期限：87 年 8 月 1 日至 88 年 7 月 31 日

主持人：李榮貴 國立交通大學工業工程與管理研究所
共同主持人：張盛鴻 明新技術學院工業工程與管理系

一、摘要

本計畫主要的目的在於發展一套以製程觀點為主之在製品分佈圖之計算邏輯。在此一計算邏輯中加入主生產計畫的考量，使工廠之生產運作符合生產計畫之項目，以確保所生產的產品是客戶所需要的。此外，為了避免重要機台因閒置而影響總產出，更加入機器當機之行為模式的考量，以求算出可創造最大產量與滿足客戶需求之標準在製品分佈圖。

關鍵字：在製品，在製品分佈圖，主生產計畫，平均修復時間

Abstract

A process view's WIP profile calculation algorithm is developed in this research. The Master Production Schedule is taken into account in the calculation algorithm to make sure the products produced by factory are what customers' need. Besides, the machine behaviors are also considered into this model to get the maximum output.

Key Words: Working in Process, WIP Profile, MPS, MTTR

二、緣由與目的

晶圓製造可以說是現今最複雜的製造

程序之一。通常在每一種製程中都包含了幾百道的加工步驟，而且在這龐大的加工步驟中有許多步驟需要使用相同的機台，而形成所謂的回流式作業 (Reentry Process)。此外，由於其為精密之高科技，因此對機台準確度之要求相當嚴格，所以機台常因不在可加工的規格要求下而當機。在這種機台不穩之隨機性當機的情況下，再加上設備成本昂貴，因此管理者常以大量的在製品來克服此一困難。然而大量的在製品使得生產週期上升，成本囤積以及良率下降 [5,17]，這些負面的影響以及製造上的複雜性使得整個晶圓製造的生產管理與現場監控變的非常的困難。為了提高機台的使用率，則必須有足夠的晶圓投入生產線中，然而如果沒有一個良好的控制指標，則會造成在製品過高而使得生產週期時間加長，或是無法有效的管理與控制線上的在製品而導致總產出量下降，甚至無法滿足客戶的交期。因此近年來許多關於晶圓製造排程的研究 [5,13,15]，大都以在製品存量的資訊為指標，依此作為投片與派工的依據。由此可見在製品存量與分佈在生產系統中的確是一個非常重要的決策參數。

一般而言，由於生產形態以及生產目標不同，在製品分佈圖 (WIP Profile) 可依不同的觀點來定義。在過去少樣多量生產的時代或產品種類單純的工廠中，如何創造出最大產量是生產之主要目標，因此對在製品分佈圖之定義，最常見與直接的作法

是採用機器的觀點，以達到最佳之生產管理與控制[9]。因為在製品存在最主要的目的在於避免工廠之生產作業在不可預期或難以控制的情況下造成重要機台閒置而影響產出[16]，因此管理者通常需要定義出這些機台前之在製品存量而加以控制。然而隨著時代的變遷，生產型態由少樣多量轉變為多樣少量，生產管理與控制最大的目標不僅在於創造最大的生產量，而且在於生產出客戶所需要的產品，如此才能獲取最大的利潤。而以機器為觀點之在製品分佈圖對於此機台該生產何種產品則無法得知。在這種考量下，以機器為觀點之在製品分佈圖對於晶圓製造之生產過程中同一機台可生產同一產品之不同步驟，便會有難以控制的窘況。因此對一個製程冗長的生產作業而言，如何在製造過程中有效的加以控制整個生產進度是非常重要的。

在製品分佈圖另一種定義的方式則是從製程的觀點來著手。所謂以製程的觀點來定義在製品分佈圖即是定義每一個重要的製程步驟該保有多少在製品存量，而以此來管理與控制現場之生產作業[8,11]。通常在製程有連續性的產業較為適用此種方法。所謂製程有連續性是指工廠內生產的產品其製程步驟前後的關係是固定的，而且沒有交錯的現象。在這種特性的產業中，通常現場管理者將現場之在製品以製程之分類加以整理，即可看出近期內即將產出的產品。然而由於製程過長，通常管理者無法由以存在於前製程和中製程之在製品得知未來可能之產出。而等到這些在製品到達後製程時，則為時已晚。因此，管理者需要一個指標，可以很清楚地告訴他整個工廠的狀況是否朝著目標前進，而且當其偏離了所設定之標準在製品分佈圖時，也可以很清楚地瞭解該從何處著手修正。

然而製程觀點之在製品分佈圖之所以難以廣為使用，確有其困難點存在。在前面文中曾經提到生產之主要目標有二：創造最大產量與滿足客戶需求。製程觀點之在製品分佈圖最大的優點在於容易控制生產之產品種類以滿足客戶需求，但是否能

達到最大的產量則較難直接顯示於指標上，甚至容易被忽略掉，所以管理者難以完全依賴此一指標。因此，本研究主要目的在於發展一套以製程觀點為主之在製品分佈圖之計算邏輯。而在此計算邏輯中加入主生產計畫(MPS)[1]的考量，使工廠之生產運作符合生產計畫之項目，以確保所生產的產品是客戶所需要的。此外，為了避免重要機台因閒置而影響總產出，更加入機器當機之行為模式的考量，以求算出可創造最大產量與滿足客戶需求之標準在製品分佈圖，而做為現場之生產管理與控制之用。

雖然適當的 WIP level 與 WIP profile 對晶圓製造之生產管理與控制非常重要，然而在過去的研究中，很少學者針對晶圓廠提出一套完整的方法來制訂這二個重要的指標。而對一般製造而言則可歸納出幾種方法。

一般而言，關於 WIP profile 的制訂，模擬 (Simulation) 是最常被提出之方法 [4,14]。通常模擬這種方法是針對特定的系統來構建而加以分析此系統的一些特性如 WIP level, WIP profile, 派工法則...等。目前以模擬的方法來分析系統大概可以分成兩種方式：模擬語言（如：SLAM, SIMEN...）以及模擬器（ Simulator ）（如：ManSim, Autosche 以及 Pacemaker...）。因為模擬系統是針對某一特定工廠而構建的，所以可以非常精確的把此系統中獨特的特性構建進去，而使整個模擬系統與實際的系統十分相似。雖然模擬有這麼大的優點，然而要構建與驗證一個模擬系統確是一件非常困難與耗時的工作，而且它是針對特定的系統而構建的，所以甚至連相類似的系統也無法共用相同的模組 (Model)。此外，由於模擬法是以統計的觀念來進行分析，所以以此方法來分析現場之最佳 WIP 水準或各重要機台所該保有的 WIP 量十分費時耗力。

除了模擬以外目前也有許多學者構建 Queuing Model 來求算系統之 WIP level 與 WIP profile [2,10]。一般而言，Queuing Model 可以非常快速的獲得使用者所希望得到的

結果[3]。但是它基本上是用以研究系統處於穩態之各種狀況，而且其所求算出之WIP level是系統中之平均值，而非安全之WIP量。這也就說，對瓶頸機台而言有幾近50%的可能性，此一製造系統會因WIP不足，而導致機台閒置(idle)，以致影響到整體產出，而造成無法彌補的損失。所以這並不是管理者所想要的WIP量。此外，大部份的Queuing model的研究基本上是假設每一種機台都隨時保持運作狀態，而依需求量求算機台前該保有多少WIP。此一現象造成WIP散佈在整個生產線上而形成高WIP的狀態。限制理論(Theory of Constraints, TOC)[6]已驗證這是一種錯誤的觀念。事實上只有瓶頸機台或重要機台產能的流失才會影響到總產出，所以WIP的存在主要是要保護這些瓶頸機台的產能。

此外，也有學者用線性規劃(Linear Programming, LP)的方法構建模組以求算WIP profile[8]。這種方法通常須設定一個目標函數以及一組限制式，而目標函數通常是最大利潤，再以機台之缺貨成本與存貨成本之間互斥的關係求算出機台前最適當的WIP量。以此法所求得的WIP量看來似乎是非常恰當，然而最大的缺點是管理者實在無法給出一組各機台合理之缺貨成本與存貨成本，當然也無法求得其所需要的WIP profile了。

三、結論及未來研究方向

在晶圓製造廠中該擁有多少在製品存量以及這些在製品該如何的分配向來都是工廠管理者最頭痛的問題。在製品的分佈如果不恰當不僅達不到當初設定在製品以保護產能的目的，而且也無法滿足客戶的需求。結果雖然工廠都盡力從事生產，但生產出來的產品卻無法滿足客戶之交期，歸究其原因並非工廠的能力不夠，而是整個現場管理與控制出了問題。這是目前某些製程複雜的工廠最大的問題所在。本計畫提出了一套以製程觀點為主，加上主生產計畫與機台當機模式的考量以求算工廠中合理與適當的在製品分佈圖，使工廠管

理者在依循此一標準之在製品分佈圖來管理與監控現場作業時，既可達到保護產能的目的也可兼顧到生產目標而達到企業中準時交貨的最大目標。此外，本計畫也提出利用在製品分佈圖所發展出來的派工法則，依此派工法則可使現場之生產作業依循所定的目標前進，也可達到自動監控的目的。

四、計畫成果自評

本研究結果評估如下：

- 研究內容與原計畫非常符合，不但在理論模式與技術水準之提升有貢獻，同時亦達到半導體管理人才培育之目標。
- 本研究已獲具體結論，在學術與實務界皆具參考價值，此研究將投稿於工業工程期刊。
- 相關方面之研究宜持續進行。

五、參考文獻

- [1] APIC Dictionary, Seventh Edition.
- [2] Askin R. G. and Krisht A. H.(1994), 'Optimal operation of manufacturing systems with controlled work-in-process levels', International Journal of Production Research, 32/7, 1637-1653 .
- [3] Burman, D. Y., Gurrola-Gal, F. J., Nozari, A., Sathaye, S., and Sitarik, J. P. (1986), 'Performance analysis techniques for IC manufacturing lines', AT&T Technical Journal 65/4, 46-57.
- [4] Dayhoff J.E., and Atherton R.W. (1986), 'Signature analysis : simulation of inventory, cycle time and throughput tradeoffs in wafer fabrication', IEEE Transactions on Components, Hybrids and Manufacturing Technology, 9/4, 498-507.
- [5] Glassey, C. R. and Resende, M. G. (1988), 'Closed-loop job release control for VLSI Circuit', IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing, 1/1, 36-46.
- [6] Goldratt, E., and Cox, J. (1986) , The

- Goal: A Process of Ongoing Improvement, N.Y.: North River Press.
- [7] Kim, Y. D., Kim, J. U., Kim, S. K., and Jun, H. B.(1998), 'Due-date based scheduling and control policies in a multi-product semiconductor wafer fabrication facility', *IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing*, 11/1, 155-164.
- [8] Kim, J. S. and Leachman, R. C. (1994), 'Decomposition method application to a large scale linear programming WIP projection model', *European Journal of Operational Research*, 74, 152-160.
- [9] Kraft, C. (1992), 'Dynamic Kanban semiconductor inventory management system', *IEEE/SEMI advanced Semiconductor Manufacturing Conference*, 30-35.
- [10] Kuroda M. and Kawada A. (1994), 'Optimal input control for job-shop type production systems using inverse queuing network analysis', *International Journal of Production Economics*, 33, 215-223.
- [11] Li, S., Tang T. and D. W. Collins (1996), 'Minimum inventory variability schedule with applications in semiconductor fabrication', *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing* 1, 145-149.
- [12] Little, J. D. C. (1961), 'A proof for the queuing formula $L=hw$ ', *Operations Research*, 9/3. 383-385.
- [13] Lou, S. X. C. (1989), 'Optimal control rules for scheduling job shops', *Annals of Operations Research* 17, 233-248.
- [14] Pat O'Neil (1991), 'Performance evaluation of lot dispatching and scheduling algorithms through discrete event simulation', *IEEE/SEMI Int'l Semiconductor Manufacturing Science Symposium*.
- [15] Spearman, M. L., Woodruff, D. L., and Hopp, W. J. (1989), 'CONWIP: a pull alternative to kanban', *International Journal of Production Research* 28/5, 879-894.
- [16] Tu, Y. M. and Li, R. K.(1998), 'Constraint Time Buffer Determination Model', *International Journal of Production Research*, 36/4, 1091-1103.
- [17] Wein, L. M. (1992), 'On the relationship between yield and cycle time in semiconductor wafer fabrication', *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, 5/2, 156-158.