

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

晶圓廠不同生產情境產出績效評比

Throughput Performance Benchmarking of IC Foundries in Different Scenarios

計畫編號：NSC 90-2212-E-009-062

執行期限：90年08月01日至91年07月31日

主持人：巫木誠 執行單位：交通大學工業工程與管理系

計畫參與人員：簡煌煜、傅國成、楊桂峰、許建鴻、熊雅意

一、中文摘要

半導體廠由於產品種類很多，每月份生產的產品組合未必相同，用產出量來衡量績效未必公允。本研究提出五種5指標，來代表產出組合與機台組合的匹配程度，並以模擬方法求出各種產品組合下的產出量，根據此數據做迴歸分析，以確認何種指標較能表達產品組合。並且據此修正不同產品組合下的產出量，以作為績效衡量之依據。

關鍵詞：標竿評比、產出量、供需配合度

Abstract

In semiconductor manufacturing, the product mix may vary over time and may cause the variation of throughput. Measuring the performance of a fab by the number of output wafers therefore may not be a good performance index. This research aims to develop an index that represents the compatibility of product mix with respect to a machine mix. The higher is the value of the index, the more compatible is the production scenario. This index can be used to adjust the output wafers for comparing the performance in production scenarios. Five indices have been proposed and justified by applying simulation techniques to get data for further application of linear regression technique.

Keywords: benchmarking, product mix, throughput

二、緣由與目的

半導體廠經常面臨產出績效衡量的公平性問題。由於產品的前後製程差異極大，不同產品光罩層數不同，而且對設備的需求也不相同，譬如有的產品金屬層(metal layer)較多，有的產品非金屬層(poly layer)較多。若僅以晶圓產出的片數來衡量產出的績效，將會有不公平的情形。因為有的產品組合較適合現有的機組合生產，有的產品組合較不適合。

譬如某半導體廠上個月份的產量為5,000片A產品、10,000片B產品，總產量為15,000片；本月份為8,000片A產品、4,000片B產品，總產量為12,000片。吾人可據此判定上月份的績效較好嗎？當然不能，因為還需考慮該廠的機台配置與所生產的產品組合的設備需求是否相近，需求組合與供給組合越相近，當然越容易有好的績效。

以片數來衡量產出績效當然不合理，Leachman 等人[1], [2]提出以加工層(layer)為衡量單位。所謂加工層係指經過一次步進機(stepper)。因為步進機通常是晶圓廠的瓶頸，用這個指標來衡量似乎較片數為佳。但是在不同組合之下是否可當作績效衡量指標，實在不得而知。

本研究以模擬的方法來驗證Leachman 等人所提的績效指標。結果發現，在產品組合小幅變動時，用加工層的確可當為績效指標。

但是當產品組合大幅變動的情況下，瓶頸會發生飄移的現象。一個晶圓廠在產能滿載的情況下，最大的產出層數與產品組合高度相關。如表一所示，不同產品組

合下，最大產出層數可多出 91%，幾乎有兩倍之多。因此單以加工層數來衡量產出績效，亦不甚合理。

表一：不同產品組合下的產出層數

產品組合	產出層數	產出比值
A : B = 1:4	56,182	1.000
A : B = 1:1	74,089	1.319
A : B = 4:1	82,168	1.463
C : B = 1:4	94,807	1.687
C : B = 4:1	96,135	1.711
C : B = 1:1	107,541	1.914

本研究擬發展一個方法，來解決不同產品組合下所導致產出績效不同的問題，以公平的衡量產出的績效。

三、研究方法

本研究的方法可以下列五個步驟概述之。第一、以模擬方法計算出在 30 種不同產品組合下的最大產出量。第二、計算各種產品組合下，各個工作站的產能供需比。第三、觀察產出與產能供需比的相關性，設計各種指標。第四、分析產出量與指標的相關性，找出最有代表性的指標。第五、運用此指標來做為產品組合與產出之間的轉換，以作為績效衡量之基準。

以模擬方法求出產出量的模擬環境假設如下。以固定在製品(CONWIP)方式[3]投料，採用先進先出法派工。批次機台前的投料法則是滿批方得生產。良率假設為 100%。規劃幅度為 48 週，以空廠進行模擬，只取後 30 週的資料進行分析。機台的 MTBF 和 MTTR 皆為已知。產品有四個產品族，共有個 8 種產品。機台有 70 個工作站，共有 380 個機台。

工作站的產能供給計算公式如下：

$$S_i = n_i \times b_i \times a_i$$

S_i : 工作站 i 的產能供給

n_i : 工作站 i 的機台數

b_i : 工作站 i 的一機台可處理的最大批數

a_i : 工作站的可用率

工作站的產能需求計算公式如下：

$$D_{ij} = \sum_k TP_{ik} \times PM_{kj}$$

D_{ij} : 產品組合 j 中工作站 i 的產能需求

TP_{ik} : 製程 k 對工作站 i 的產能需求

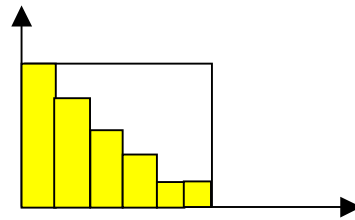
PM_{kj} : 產品組合 j 中製程 k 的比例

工作站的產能供需比可計算如下。 R_{ij} 是產能供需比的原始量， N_{ij} 是產能供需比準化後的數值，其值介於 0 與 1 之間。

$$R_{ij} = \frac{D_{ij}}{S_i}$$

$$N_{ij} = \frac{R_{ij}}{\text{Max}_i(R_{ij})}$$

吾人就某一產品組合 j ，以工作站為橫座標， N_{ij} 為縱座標，依照 N_{ij} 值的大小順序排列，可得一負荷平衡圖（圖一）。



圖一：工作站負荷平衡圖

吾人根據下列兩原則來訂定五個指標。原則一：負荷平衡圖的面積越大應該是代表各工作站的負荷越相近，生產線越平衡，產出可能與此有關。原則二：產出可能只與瓶頸有關，因此可能只要考慮負荷較大的工作站群即可。

此五個指標(α_i)分別列述於下：

x_1 : 負荷平衡圖佔總面積的比例

x_2 : 負荷平衡圖前 50% 面積佔總面積的比

x_3 : 負荷平衡圖前 25% 面積佔總面積的比

x_4 : 負荷平衡圖中 $N_{ij} > 0.6$ 佔總面積的比

x_5 : 負荷平衡圖中 $N_{ij} > 0.7$ 佔總面積的比

本研究以 30 組產品組合作線性迴歸分析，以產出量為因變數(dependent variable)，分別以五個指標為自變數，探討那一個指標最具相關性。找出最高度相關之指標，然後據此來修正產出量，以進行績效評比。

四、研究結果

上述五種指標與產出量的迴歸分析如表二所示。從表二中，吾人可知指標一與指標四具有最佳的線性關係(p-value 最小)與相關程度(R 平方值最接近 1)。

表二：五種指標與產出量的迴歸分析

指標	R 平方值	P-value
x_1	0.905	7.3E-16
x_2	0.852	4E-13
x_3	0.710	5.1E-9
x_4	0.906	6.7E-16
x_5	0.749	6.6E-10

吾人再以每一個點的實際值與理論值相減後取絕對值，再將此值除以理論值，可得各點的相對誤差。依照相對誤差的高低排序繪圖。結果發現，約 80% 以上的點 (30 個點中有 25 個點)，其指標一的相對誤差都較低。指標一的最大相對誤差為 13%，指標四的最大相對誤差為 17%。因此指標一 (x_1 指標) 應該是用來修正產出量的較佳指標。

產出量的修正公式可表達如下：

$$y = a + b \cdot x_1$$

x_1 : 指標一的值，表示產品組合

y : 表示某產品組合下的最大產出

假設某工廠某月份在一產品組合下，其實際產出量為 a ，該產品組合下的指標一值為 x_1 。在評估績效時可依照上述公式，先求出最大產出量 $y(x_1)$ ，將最大產出量定為標竿，以標竿的達成率來做績效評比的指標。

吾人亦可以該迴歸方程式繪出一目標線，據此可知道實際生產的數量是否偏低，需要進一步追蹤。亦可於該目標線下設一管制區，以快速判定實際生產量是否超出管制區，應該加以追蹤。

指標一的功能不只可以用來作為標竿評比，亦可用來作為衡量產組合與機台組合的配合性的一個指標。 x_1 的值越高，代表該種產品組合在既定的產品組合下越容易生產。

吾人以上述表一的數據來比較指標一的數值如表三。

表三：不同產出組合的 x_1 值

產品組合	產出片數	x_1 值
A : B = 1:4	13,540	0.34
C : B = 1:4	13,504	0.34
A : B = 1:1	18,528	0.42
C : B = 4:1	19,836	0.42
C : B = 1:1	18,544	0.43
A : B = 4:1	21,344	0.46

五、結論

本研究發展一描述產品組合與機台組合匹配度的指標，此指標的值高低，可代表該產品組合是否適合在該機台組合下生產。該指標的值越大，代表越匹配度高，產量會越高；反之則越低。

此指標可用於績效評比，藉由此指標的修正可計算出約當產量，據以評比產出的績效。

其次，在半導體廠某些研究如投料方法、派工方法等，大多屬於直覺法(heuristic approach)，在做模擬驗證時，應該考慮各種不同的情境，產品組合的選定應該有差異性，此指標可用來表達產品組合的差異性。

再者，此指標的計算時間很短，在利用基因搜尋法求解機台組合問題時，可以快速去掉不合理的解，以避免長時間的蒐尋，可以縮短計算時間。

表三：不同產出組合的 x_1 值

產品組合	產出片數	x_1 值
A : B = 1:4	13,540	0.34
C : B = 1:4	13,504	0.34
A : B = 1:1	18,528	0.42
C : B = 4:1	19,836	0.42
C : B = 1:1	18,544	0.43
A : B = 4:1	21,344	0.46

六、計畫結果自評

本計畫原定目標皆已達成。研究成果擬投稿相關至國際會議或國際期刊。

七、參考文獻

- [1] R. C. Leachman and D. A. Hodges, "Benchmarking Semiconductor Manufacturing,"

- IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, Vol. 9, No. 2, May, 1996.
- [2] R. Benson, S. P. Cunningham, and R. C. Leachman, "Benchmarking Manufacturing Performance in the Semiconductor Industry," *Production and Operations Management*, Vol. 4, No. 3, 1995.
- [3] M. L. Spearman, D. L. Woodruff, and W. J. Hopp, "CONWIP: A Pull Alternative to Kanban," *International Journal of Production Research*, Vol. 28, No. 5, pp. 879-894, 1990.

