

# 晶圓代工廠考慮週期時間限制之機台規劃研究

學生：熊雅意

指導教授：巫木誠教授  
許錫美教授

國立交通大學工業工程與管理學系 博士班

## 摘 要

機台規劃問題是決定一個工廠需採購的機器種類與數量，以達成企業所設定的目標。一個好的機台規劃方式可以決定較佳的機台採購計畫，進而降低機台採購成本並提高生產績效。因為晶圓代工業者在規劃機台時，所考慮的問題面並不相同，因此我們機台規劃的內容乃分成三個主題來探討。第一個主題是針對不確定需求的環境來探討機台規劃方式；第二個主題是針對有季節性產品調整的業者，建構一個多產品比例的機台規劃方式。第三個主題是分析擁有多座舊廠的業者，其建新廠時的機台規劃問題。

近年來有許多的研究著手探討不確定需求下的機台規劃主題，然而這些研究大多未考慮生產的週期時間。因為週期時間是晶圓廠營運績效的重要指標，我們認為在規劃機台組合時它是不可或缺的考慮因素。所以本論文第一個主題，便是探討不確定需求下有週期時間限制的機台組合決策。模型中我們使用一組需求情境來代表未來不確定的需求，而每一個需求情境均對應一機率值，代表此產品需求未來可能出現的機率。在此不確定需求情況下，生產的週期時間不超過一既定目標週期時間，我們決定一組最適機台組合以達成利潤最大的目標。

第二個主題的研究動機乃是為了解決某些業者產品有季節性調整的問題。許多晶圓代工廠的訂單常常會隨著季節的不同而產生變化，因此造成晶圓代工廠在一年當中需要生產多種產品比例，所以工廠的機台需能夠配合生產不同的產品比例。此主題的機台規劃模型，也考慮了週期時間與機台採購預算的限制，目標是決定一組最適機台組合使得營業利潤最大。

第三主題是針對一個晶圓業者目前已擁有多個晶圓廠，然而計畫增建一座新廠的機台規劃問題。雖然舊廠目前均有自己的特定產品產出比例，但為了使新廠的機台成本最低，我們在規劃新廠機台時須重新決定每一個分廠的產品產出比例。本主題的決策變數包括新廠的機台數量及各分廠的產量配置，限制式包了週期時間因素，目標是使新廠的機台投資成本最低。

我們以基因演算法來求解上述的問題，並使用等候模型來評估機台的績效。實驗結果顯示，本研究的所求得的解較其他規劃方式為佳。

關鍵名詞：機台規劃、週期時間、需求不確定性、多產品比例、多廠、基因演算法



# Tool Planning Approaches Considering Cycle Time Constraints

## In Wafer Foundries

Student: Ya-I Hsiung

Advisors: Dr. Muh-Cherng Wu  
Dr. Hsi-Mei Hsu

Department of Industrial Engineering and Management  
National Chiao Tung University

### Abstract

The tool planning problem is to determine how many tools should be allocated to each tool group to meet some objectives. An effective planning will provide a toolset, which has lower cost for procurement and yields good performance. This paper addresses three tool planning problems faced by semiconductor manufacturers. The first topic describes a tool planning problem under uncertainty in demand. The second topic presents a tool planning in multiple product mix scenarios. The third topic proposes a tool planning model for a wafer foundry, which has several existing fabs but needs to construct a new fab.

Recent studies aim to solve the problem for the cases of uncertain demand. Yet, most of them do not involve cycle time constraint. Cycle time, a key performance index in particular in semiconductor foundry, should not be ignored. In the first topic, the uncertain demand is modeled as a collection of scenarios. Each scenario, with an occurrence probability, represents the aggregate demand volume under a given product mix ratio. In such a scenario, the mean cycle time of products should be under a predefined target, and the objective of the planning is to maximize the amount of profit.

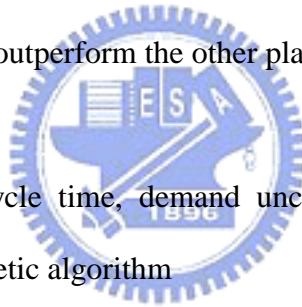
In the second topic, the model formulates and solves a tooling problem in the context of multi-product mix, where the mean cycle time must be under a predefined

target. This topic is motivated by the fact that a wafer foundry frequently faces the need to manufacture in various product-mix due to season factors.

In the third topic, we describe a tool planning model for constructing a new fab in a company with multiple existing fab sites. Each existing fab originally runs for a particular product mix. To minimize the tool investment for new fab, the company needs to re-allocate the demand to each fab. We present an integrated approach to determine the optimal demand mix and the associated tool plan for the new fab, which can minimize the tool cost of the new fab while each fab (new or existing) is requested to meet a predefined target in its mean cycle time.

This dissertation proposes a genetic-algorithm based solution methodology embedded with a queuing analysis to solve the problem. Test examples reveals that the proposed methods greatly outperform the other planning approaches.

Keywords: Tool planning, cycle time, demand uncertainty, multiple product mix, multiple sites, genetic algorithm



## 致 謝

本論文得以順利完成，首先感謝我的指導老師巫木誠教授與許錫美教授的細心指導。在四年的博士訓練階段中，承蒙兩位老師不辭辛勞的教導，使我在研究方法與論文寫作獲益良多。尤其兩位老師嚴謹的治學精神與寬厚的為人處世態度，更使我獲得珍貴的啟發，在此致予最誠摯的敬意與謝意。並感謝我的口試委員王小璠教授、蔡楨騰教授、沙永傑教授以及彭德保教授，在口試期間精闢指導。感謝聯華電子公司提供工業資料，讓我的論文得以順利進行。

此外，也感謝我的工作崗位-大華技術學院，在我進修的四年當中，在工作上配合我進修的方便，與學術資源的協助。論文研究期間，承蒙陳建任學長以及實驗室成員諸多的幫忙。感謝我許多好友，多年來的鼓勵與支持，伴我渡過許多研究的低潮，讓我不覺得孤單，誠摯友誼永存於心。

最後要感謝我的雙親及家人，由於父母用心的栽培才導引我走向學術的路，也感謝我的家人不斷的鼓勵與無私的付出，使我的在這漫長的研究歲月得以成長。僅以本論文獻給應該感謝的大家。

# 目錄

## 頁次

中文摘要	i
英文摘要	iii
致謝	v
目錄	vi
表目錄	x
圖目錄	xii
第一章 緒論	1
1.1 問題背景介紹	2
1.1.1 機台規劃定義	2
1.1.2 晶圓代工產業背景	2
1.1.3 晶圓製程與晶圓廠環境說明	6
1.2 晶圓廠的機台規劃問題特性	9
1.3 晶圓代工廠機台決策流程	10
1.4 研究動機與目的	13
1.5 研究主題	14
1.6 研究範圍與限制	16
1.7 論文架構	19

第二章	相關文獻探討	20
2.1	機台規劃	20
2.1.1	一般機台組合相關文獻	20
2.1.2	不確定需求下之機台規劃文獻	24
2.1.3	有生產週期時間限制之機台規劃文獻	25
2.1.4	多廠機台規劃	26
2.2	啟發式演算法與基因演算法	29
2.2.1	啟發式演算法	29
2.2.2	基因演算法	30
第三章	不確定需求下之機台規劃模式	36
3.1	確定需求下有週期時間限制之機台組合問題基本模式	36
3.2	機台組合的最大產量估計-等候模型	41
3.3	不確定需求下有週期時間限制之機台組合模式	45
3.4	基因演算法之求解設計	51
3.4.1	染色體的表達	52
3.4.2	適合度評估函數	52
3.4.3	交配與突變操作因子	53
3.4.4	選擇方法	54
3.4.5	基因演算法終止條件	55

3.5	搜尋空間-----	57
3.6	數值範例說明-----	58
第四章	多產品比例生產之機台規劃模型-----	65
4.1	多產品比例模式下機台組合之模型-----	66
4.2	機台組合的最大產量估計-----	68
4.3	基因演算法之求解方法-----	69
4.3.1	染色體的表達-----	69
4.3.2	適合度評估函數-----	69
4.4	基因演算法之搜尋空間-----	70
4.4.1	相關機台規劃模型文獻回顧-----	70
4.4.2	訂定搜尋空間上界與下界-----	72
4.5	數值範例說明-----	73
第五章	多廠環境下之機台規劃模型-----	81
5.1	多廠環境下的機台規劃問題描述與模型建立-----	82
5.2	求解方法-----	85
5.2.1	染色體的表達-----	86
5.2.2	適合度評估函數-----	89
5.2.3	交配與突變因子-----	90
5.2.4	$X$ -空間的更新-----	92



5.3	數值範例說明	92
第六章	結論與未來研究方向	97
6.1	結論	97
6.2	未來研究方向	99
	參考文獻	100



## 表目錄

表 1.1 全球半導體工業的銷售預測	2
表 1.2 晶圓廠的建廠成本比較	9
表 1.3 三個研究主題的內容	15
表 2.1 機台規劃相關文獻整理	28
表 3.1 三種不同需求情境的需求量	58
表 3.2 四案例中每一種需求情境的出現機率	59
表 3.3 <i>MDTP</i> 規劃法與確定性規劃法之期望利潤比較	60
表 3.4 <i>MDTP</i> 與 <i>DDTP</i> 規劃法在三個需求情境的利潤比較	61
表 3.5 不同週期時間限制下的期望利潤與新機台設備折舊費用	61
表 3.6 基因演算法與其他啓發式方法的利潤結果比較	63
表 3.7 基因演算法與其他啓發式方法的計算時間	63
表 4.1 四個案例的產品比例資料	74
表 4.2 產品 <i>A</i> 和 <i>B</i> 的加工途徑之差異	75
表 4.3 四個案例的利潤結果比較	76
表 4.4 四個案例的利潤差距的百分比	76
表 4.5 案例 1 的詳細結果	77
表 4.6 不同週期時間限制下的利潤與機台投資成本	77
表 4.7 基因演算法與其他啓發式方法的利潤結果比較	78

表 4.8 基因演算法與其他啓發式方法的計算時間-----	79
表 5.1 本研究的方法與其他方法之比較結果 -----	94
表 5.2 不同的目標週期時間的新機台的投資成本-----	94
表 5.3 基因演算法與其他啓發式方法的利潤結果比較 -----	95
表 5.4 基因演算法與其他啓發式方法的計算時間-----	95



## 圖目錄

圖 1.1 晶圓代工業與上下游產業之關係	4
圖 1.2 晶圓代工客源分佈	5
圖 1.3 晶圓製程基本流程	8
圖 1.4 機台規劃決策架構	12
圖 1.5 本論文研究範圍	18
圖 3.1 機台產量與週期時間之關係圖	43
圖 3.2 基因演算法的流程架構	56
圖 3.3 目標週期時間與利潤相對圖	62
圖 3.4 目標週期時間與新機台折舊費用相對圖	62
圖 4.1 目標週期時間與利潤相對圖	78
圖 4.2 機台投資金額及其對應之最低利潤	80
圖 5.1 500 個候選解之起始和最終機台成本	96