

國立交通大學  
工業工程與管理學系

碩士論文



TFT-LCD 製程重工決策之研究  
Rework Decisions for TFT-LCD  
Manufacturing Processes

研究生：盧威豪

指導教授：巫木誠 博士

中華民國 九十五年六月

# TFT-LCD 製程重工決策之研究

Rework Decisions for TFT-LCD Manufacturing Processes

研究生：盧威豪

Student：Wei-Hao Lu

指導教授：巫木誠 博士

Advisor：Dr. Muh-Cherng Wu

國立交通大學

工業工程與管理學系

碩士論文

A Thesis

Submitted to Department of Industrial Engineering and Management

College of Management

National Chiao Tung University

In Partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Science

In

Industrial Engineering

June 2006

Hsin-Chu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年六月

# TFT-LCD 製程重工決策之研究

研究生：盧威豪

指導教授：巫木誠 博士

國立交通大學工業工程與管理研究所

## 中文摘要

在 TFT-LCD 產業中，無論是 Array 製程所製作的薄膜電晶體基板(TFT 基板)或是 CF 製程所製作的彩色濾光片基板(CF 基板)，通常皆被設計為可切割成數個面板，切割數依顯示器應用產品需求不同而有所不同。因為新製程導入階段，製程良率會偏低，所以一般而言，TFT-LCD 廠會在 Array 製程及 CF 製程階段中，於某些作業與作業中間加設檢測站，依據基板上所包含的良好面板個數，來決定此基板是否可繼續加工或是逕行報廢再加以重工，但如何訂定良好面板個數的門檻值，也就是如何訂定重工決策(rework decision)，是目前 TFT-LCD 廠經常面臨的一個決策問題。有鑑於過去研究的不足，以及目前工業界多採用直覺性的思考來訂定各檢測站的重工決策，並未考量到整體績效，且並非站在整個生產系統的觀點來訂定，所以本研究建構一數學模式，考量範圍包含整個 TFT-LCD 廠生產流程中 Array 製程、CF 製程及 Cell 製程的特性，以產品的獲利(profit)最大化為目標，利用基因演算法，針對不同的產品，訂定個別產品在 Array 製程及 CF 製程階段中，各檢測站的最佳重工決策。

關鍵字：薄膜液晶顯示器、重工決策、基因演算法

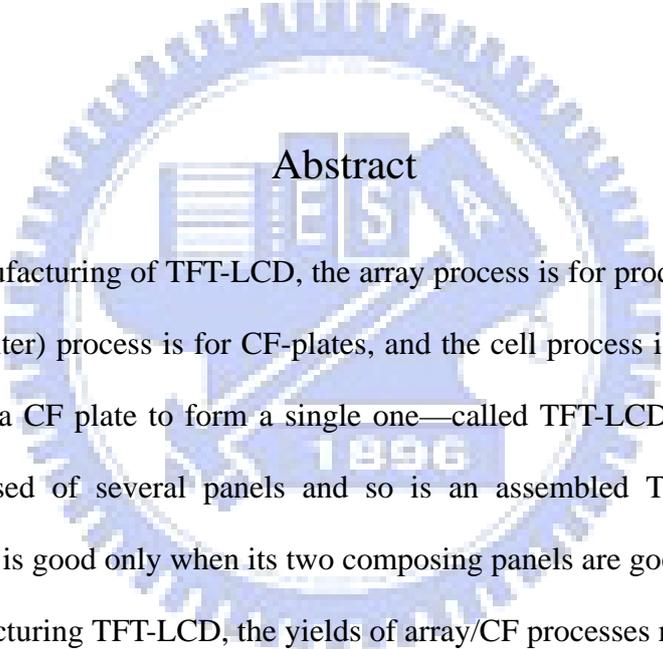
# Rework Decisions for TFT-LCD Manufacturing Processes

Student : Wei-Hao Lu

Advisor : Dr. Muh-Cherng Wu

Department of Industrial Engineering and Management

National Chiao Tung University



## Abstract

In the manufacturing of TFT-LCD, the array process is for producing TFT-plates, the CF (color filter) process is for CF-plates, and the cell process is for assembling a TFT plate with a CF plate to form a single one—called TFT-LCD plate. A TFT/CF plate is composed of several panels and so is an assembled TFT-LCD plate. A TFT-LCD panel is good only when its two composing panels are good. In the ramp-up stage of manufacturing TFT-LCD, the yields of array/CF processes may be so low that many panels on a plate are defect ones. Two questions might be raised: Should we hold the manufacturing of a low-yield plate and send it to rework? If so, how to determine the threshold values for rework? This research mathematically formulates the rework decision problem and develops a genetic algorithm to solve the problem. Experiment results indicate that the proposed method significantly outperforms the heuristic method used in industry.

Keywords: TFT-LCD, Rework Decision, Genetic Algorithm

## 誌謝

本論文得以順利完成，首先要感謝巫木誠教授在這兩年來的細心指導，除了學術領域的指引之外，於做事態度及人際相處方面，亦使學生獲益良多，在此致上最誠摯的謝意。同時，十分感謝口試老師許錫美博士、彭德保博士以及陳文智博士，針對論文提供了許多寶貴的意見，使學生的論文更臻完善，為我兩年的研究生涯劃上了完美的休止符。

研究所兩年中，感謝一同研究的吳佳恩學姐，以及同門的陳詠進、林劭函、顏豪君、吳政翰以及陳德珊的陪伴、互相激勵與安慰。此外，也感謝同研究室的蘇泰盛學長、施昌甫學長，你們的出現，豐富了我的人生，也讓我留下了許多美好的回憶。

最後要深深感謝我的家人，由於你們不斷的鼓勵與支持，讓我能夠專心於論文學業上，衷心感謝你們所給予我的精神支持。僅以此論文獻給最敬愛的家人以及所有關心我的師長、朋友及學弟妹。

威豪

于 風城交大

2006-06-18

# 目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vii
表目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機.....	1
1.2 問題描述與分析.....	3
1.3 論文架構安排.....	6
第二章 文獻探討.....	7
2.1 過去相關文獻回顧.....	7
2.2 Array 及 CF 製程簡述.....	9
第三章 模式建構.....	11
3.1 模式建構基本概念.....	11
3.1.1 模組一簡述.....	11
3.1.2 模組二簡述.....	13
3.2 研究情境假設.....	13
3.3 Evaluator 的子模組一：Array/CF 製程運算模組分析.....	14
3.3.1 模組內容簡述.....	14
3.3.2 建構模組之數學模式.....	15
3.4 Evaluator 的子模組二：Cell 組立製程運算模組分析.....	27
3.4.1 模組內容簡述.....	27
3.4.2 建構模組之數學模式.....	28

3.5 Evaluator 的子模組三：面板分級運算模組分析.....	33
3.5.1 模組內容簡述.....	33
3.5.2 建構模組之數學模式.....	34
3.6 Evaluator 的子模組四：績效評估模組分析.....	36
3.6.1 模組內容簡述.....	36
3.6.2 運算模組分析.....	37
3.7 最佳重工決策搜尋模組.....	39
第四章 建構基因演算法之決策選擇模組.....	41
4.1 模組建構基本概念.....	41
4.2 模組建構說明.....	41
4.2.1 參數編碼.....	41
4.2.2 初始化母體.....	42
4.2.3 適應函數.....	42
4.2.4 複製.....	42
4.2.5 交配.....	43
4.2.6 突變.....	44
4.2.7 終止條件.....	45
4.2.8 種子.....	45
4.2.9 控制參數設定.....	45
第五章 實例驗證.....	47
5.1 實例驗證說明.....	47
5.2 環境設定.....	47
5.3 案例分析.....	48
5.3.1 案例一.....	48
5.3.2 案例二.....	50
5.3.3 案例三.....	51

5.4 綜合比較.....	53
5.4.1 無重工決策以及業界做法與本研究所提方法之比較.....	53
5.4.2 基因演算法與全數搜尋法之比較.....	55
5.4.3 製程良率高低之影響比較.....	56
第六章 結論與未來研究方向.....	58
6.1 研究所得結論.....	58
6.2 未來研究方向.....	58
參考文獻.....	60



## 圖目錄

圖 1.1 問題描述說明.....	3
圖 1.2 TFT 基板與 CF 基板良率影響配對良率說明.....	4
圖 1.3 TFT-LCD 基板等級分類說明.....	5
圖 2.1 舉例說明 Array 製程生產模式.....	9
圖 2.2 CF 生產流程簡述.....	10
圖 3.1 本研究運算模式流程說明.....	12
圖 3.2 Array/CF 製程運算模組.....	14
圖 3.3 舉例說明製程合併.....	15
圖 3.4 重工決策矩陣理念說明.....	20
圖 3.5 Cell 組立製程運算模組.....	27
圖 3.6 Cell 組立製程運算模組運算流程.....	29
圖 3.7 面板分級運算模組.....	33
圖 3.8 績效評估模組.....	37
圖 4.1 染色體編碼釋例.....	41
圖 4.2 舉例說明染色體編碼.....	42
圖 4.3 舉例說明單點交配.....	43
圖 4.4 舉例說明突變過程.....	44
圖 4.5 本研究基因演算法流程.....	46

## 表目錄

表 5.1 案例一的最佳檢測站重工決策組合.....	49
表 5.2 案例一的最終面板期望產出情形.....	49
表 5.3 案例二的最佳檢測站重工決策組合.....	51
表 5.4 案例二的最終面板期望產出情形.....	51
表 5.5 案例三的最佳檢測站重工決策組合.....	52
表 5.6 案例三的最終面板期望產出情形.....	52
表 5.7 案例一之無重工決策以及業界做法與本研究所提方法比較.....	53
表 5.8 案例二之無重工決策以及業界做法與本研究所提方法比較.....	54
表 5.9 案例三之無重工決策以及業界做法與本研究所提方法比較.....	54
表 5.10 案例一之基因演算法與全數搜尋法比較.....	55
表 5.11 案例二之基因演算法與全數搜尋法比較.....	55
表 5.12 案例三之基因演算法與全數搜尋法比較.....	56
表 5.13 製程良率高低之影響比較.....	57

# 第一章 緒論

## 1.1 研究動機

在現今的薄膜電晶體顯示器(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display, TFT-LCD)產業，生產流程主要可分為三大階段製程[4]，第一階段為陣列(Array)製程與彩色濾光片(Color Filter, 簡稱 CF)製程，第二階段為組立(Cell)製程，第三階段為模組(Module)製程。Array 製程類似半導體製程，主要製作薄膜電晶體基板(TFT plate)，而 CF 製程則是製作彩色濾光片基板(CF plate)，之後兩個基板經由 Cell 製程組立壓合，注入液晶後完成 TFT-LCD 基板的製作，再將此 TFT-LCD 基板切割成數個 TFT-LCD 面板(panel)，最後經由 Module 製程將驅動晶體電路板、背光模組裝到面板上，即完成所有 TFT-LCD 面板的製作。

無論是 Array 製程所製作的薄膜電晶體基板或是 CF 製程所製作的彩色濾光片基板，通常皆被設計為可切割成數個面板，切割數依顯示器應用產品需求不同而有所不同。在 Array 製程及 CF 製程中，一個原物料基板的投入至最終基板的完成，必須經過多道加工作業(operation)，因為製程良率(process yield)的問題，所以一個基板所包含的良好面板個數將會受到影響。假設一個基板可切割成  $n$  個面板，其製程良率假定為  $p$ ，則基板上所包含良好面板的期望個數將等於  $n \times p$  個，小於或等於原先的  $n$  個良好面板數量。

一般而言，當有一新製程導入的時候，其製程良率往往不是很高，所以 TFT-LCD 廠會在 Array 製程及 CF 製程階段中，於某些作業與作業中間加設檢測站，並訂定一門檻值(threshold)，依據基板上所包含的良好面板個數，來決定此基板是否可繼續加工，高於門檻值的基板可繼續投入下一作業加工；反之，若低於門檻值的基板，由於基板本身的裸基板成本昂貴，所以並非直接報廢，而是經

由重工(rework)步驟，將這些基板磨平、去除缺陷後再重新運至投料點重新投料，繼續加工。

如何訂定門檻值，也就是如何訂定重工決策(rework rule)，是目前 TFT-LCD 廠經常面臨的一個決策問題。若門檻值定的太低，優點是可以讓很多基板有繼續加工至完成的機會，增加收益的可能，但缺點是若包含良好面板個數很少的基板也能繼續加工時，其面板的單位加工成本就相對提高，且最終的 TFT-LCD 面板完成品若來自面板個數較少的基板，也較容易被分類為較低的品質等級(此特性將在 1.2 問題描述與分析中詳加解釋)；若門檻值定的太高，優點是面板的單位加工成本較低，且最終 TFT-LCD 面板成品容易被分類為較高的品質等級，但缺點是由於基板通過門檻的機會較低，所以能繼續加工至完成的基板個數也相對較少，所以可能會導致最後 TFT-LCD 面板的完成品數量過少，減少收益。因為 TFT-LCD 屬於資本密集的產業，基板成本及其他物料成本皆相當高，所以如何在 Array 及 CF 製程階段中，訂定各檢測站的最佳重工決策，是 TFT-LCD 廠相當重要的問題。

過去在 TFT-LCD 產業已有許多研究[1][2][3]專注於其生產過程中排程的問題。但是針對 TFT-LCD 廠的重工門檻值決策問題，在過去的學術文獻上，經過吾人的檢索查閱，尚未發現有相關的研究，雖然過去有不少針對不同產業的重工現象所作的研究文獻(在第二章會詳細敘述)，但若以問題架構而言，最為接近的只有 Wu[23]等人在 2004 年針對半導體報廢門檻值決策所作的研究(報廢決策類似於重工決策，不同在於報廢決策為低於門檻值即丟棄，不加以回收重新利用)。而雖然 TFT-LCD 廠的 Array 製程及 CF 製程類似半導體廠的製程，但是至 Cell 製程時，會有半導體廠所沒有的將兩片不同的基板(TFT-plate 及 CF-plate)進行結合的組立製程，這也是 TFT-LCD 廠與半導體廠相當大的差別，所以在報廢(重工)決策的考量上也將會有所差異；而在工業界中，現今的 TFT-LCD 廠重工決策的

訂定往往都是直覺式的思考，譬如業界目前大多採用的 1/2 重工決策，也就是經某一加工作業加工後，若基板上所包含的良好面板個數大於總面板數的一半以上，就可投入下一加工作業繼續加工；反之，則逕行重工。有鑑於過去研究的不足，以及工業界直覺性的思考所訂定的重工決策，並未考量到整體績效，且並非站在整個生產系統的觀點來訂定，所以本研究將針對此問題，發展出一較佳的重工決策。

## 1.2 問題描述與分析

根據上述的研究動機，本論文將考量整個 TFT-LCD 廠生產流程中各階段主要製程的特性，針對不同的產品，訂定個別產品在 Array 製程及 CF 製程階段中，各檢測站的最佳重工決策，使 TFT-LCD 廠的獲利最佳化，圖 1.1 為問題描述說明。

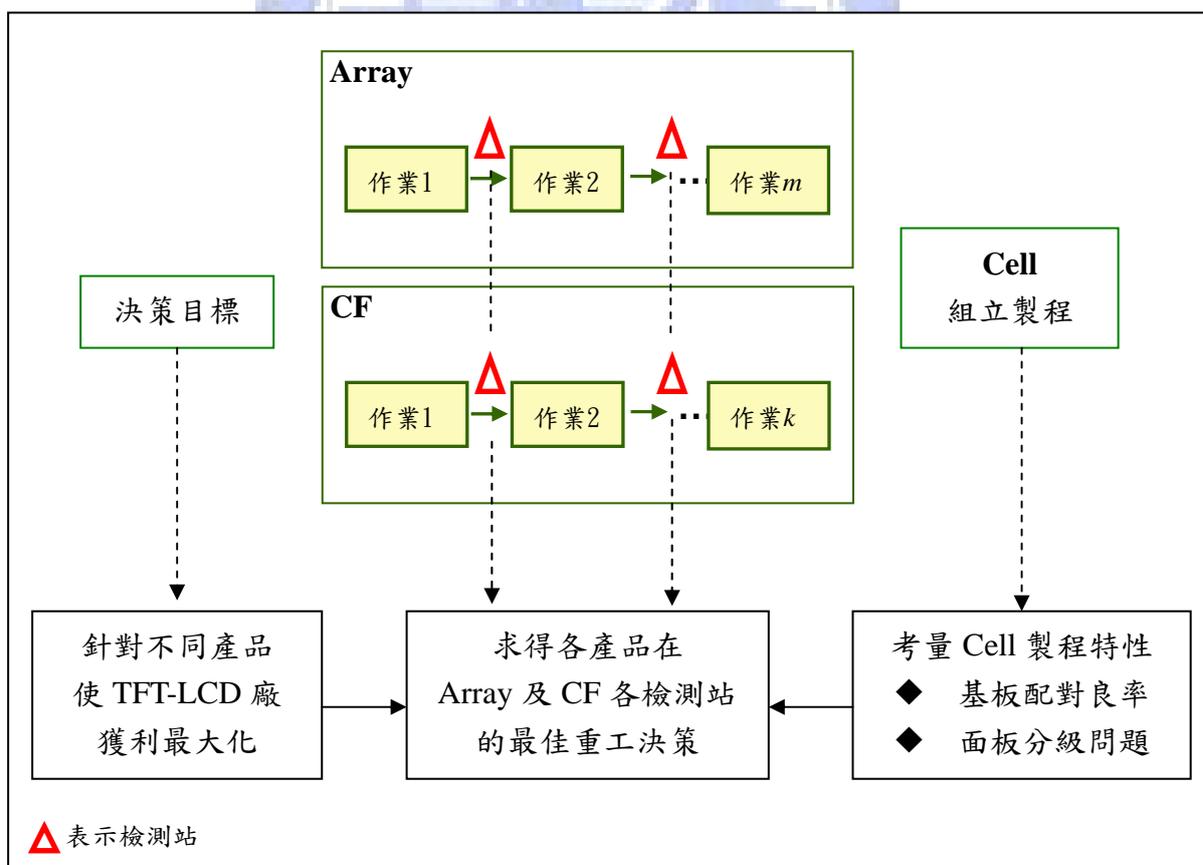


圖 1.1 問題描述說明

由於 Module 製程只是將驅動晶體電路板、背光模組裝到 Cell 製程最後所切割的 TFT-LCD 面板上，主要是進行附加工作，加上面板在 Cell 製程中已訂定出品質等級，所以其實 Module 製程對於整體績效的問題影響程度不大，因此本研究將不考慮此階段製程對於重工決策的影響。

Cell 製程的主要特性有以下兩點：(1)基板配對良率問題、(2)面板分級比率問題。

基板配對良率問題為除了 TFT 基板與 CF 基板本身良率(基板中包含良好面板個數的比率)，會影響 Cell 製程組立後 TFT-LCD 基板的配對良率(mapping yield)外，TFT 基板或是 CF 基板中良好面板的位置，也會影響組立後的 TFT-LCD 基板的配對良率，如圖 1.2 所示，雖然 1.2(a)與 1.2(b)在組立前兩者的 TFT 基板與 CF 基板的良率相同，但因為良好面板的位置不同，導致經由組立製程後的基板配對良率不同。

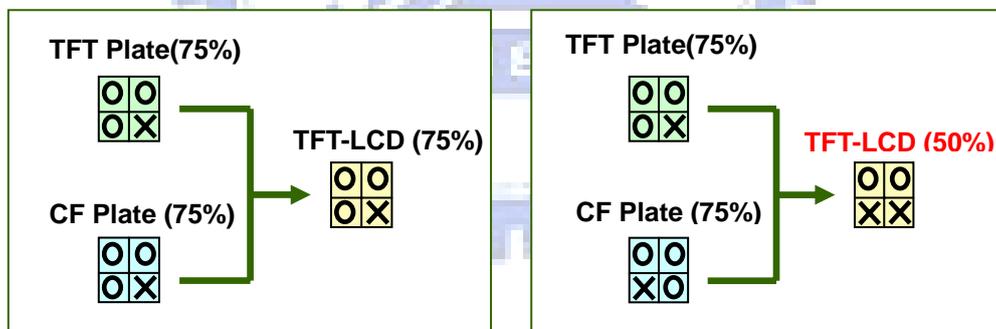


圖 1.2(a)

圖 1.2(b)

面板 = O，表示檢測後為良品 面板=X，表示檢測後為不良品

圖 1.2 TFT 基板與 CF 基板良率影響配對良率說明

面板分級比率問題為面板在 Cell 製程完成後，會依照面板的品質，加以區分等級(grade)，等級越高者，市場售價越高。而組立後 TFT-LCD 基板的配對良率是影響等級區分的重要依據，通常 TFT-LCD 基板的配對良率越高，其切割後的面板被分類為高品質等級的機率越高。譬如說，今假定每個面板可分為 A、B、

C 三種等級，則如圖 1.3 所示，面板若來自配對良率 75%的基板，將會有 0.9 的機率被分類為最高等級 A，高於來自配對良率 50%的基板上之面板 (0.85 的機率被分類為最高等級 A)。

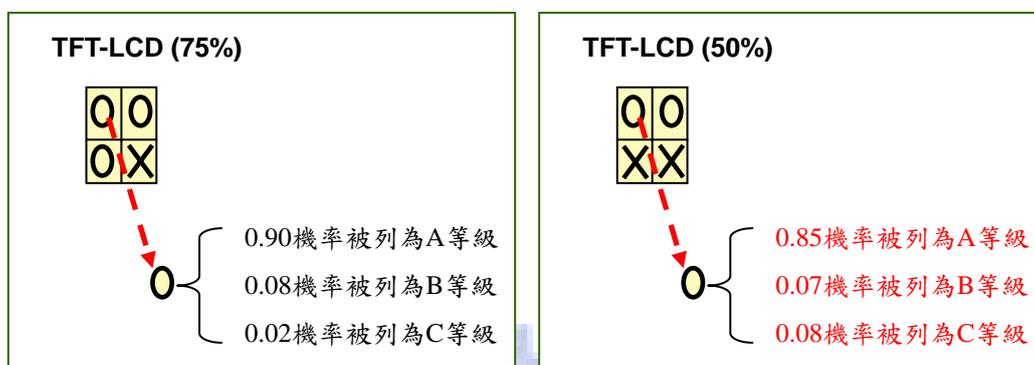


圖 1.3 (a)

圖 1.3 (b)

面板 = O，表示檢測後為良品 面板=X，表示檢測後為不良品

圖 1.3 TFT-LCD 基板等級分類說明

本論文的研究情境，只考量生產流程的前兩個主要製程階段(Array、CF、Cell)，不考慮 Module 製程階段，另外還有以下幾點的假設：

- ◆ TFT/CF 基板上良好面板個數分配已知(本研究皆假設為二項式分配)。
- ◆ 假設 Array/CF 製程中皆僅有單一瓶頸，無瓶頸飄移現象，且瓶頸機台為序列(series type)之生產型態機台，。
- ◆ 重工次數上限已知
- ◆ Array/CF 製程皆等待所有重工完成後，蒐集所有 TFT/CF 基板，一次投入 Cell 製程進行組立作業。
- ◆ 假設 Cell 製程的產能大於 Array 製程及 CF 製程的產能，可確保 Array 製程及 CF 製程所製作之基板，皆可進行組立製程作業。

- ◆ 假設 Cell 製程在進行組立作業的過程，是隨機自 Array 製程階段的最終產出中取一片 TFT 基板，同時也隨機自 CF 製程階段的最終產出中取一片 CF 基板進行組立作業，並無事先將 Array 製程與 CF 製程的基板最終產出進行排序或是篩選配對的過程。
- ◆ Cell 製程無良率問題，即進行組立製程時，必能確實完成作業。

針對上述情境假設，本論文建構出一數學模式，並利用基因演算法進行運算，針對不同的產品，求得使獲利最佳的檢測站重工決策組合。

### 1.3 論文架構安排

本論文其他章節的安排如下：第二章探討有關重工決策的相關文獻，第三章建構本研究的檢測站重工決策的數學模式，第四章建構基因演算法的最佳檢測站重工決策模式，第五章利用模擬 TFT-LCD 廠的資料為例，驗證本研究所提出之基板重工決策的可行性，並與現今工業界所採用的直覺性思考所訂下的重工決策加以比較及分析，第六章為結論及未來研究方向。

## 第二章 文獻探討

本章主要分為兩部分，第一部分回顧過去針對重工決策研究的相關論文，第二部分則針對 TFT-LCD 廠前段製程，包括 Array 及 CF 製程中的生產流程及環境加以說明。

### 2.1 過去相關文獻回顧

雖然針對 TFT-LCD 廠的重工決策問題，在過去的學術文獻上，經過吾人的檢索查閱，尚未發現有相關的研究，但隨著原物料成本的提高，以及回收再利用觀念的宣導，許多產業都會將不良品利用重工的過程重新加工[13]，所以有幾篇針對不同產業重工議題的研究文獻衍生而出。

過去有不少文獻針對印刷電路板組裝作業(Printed circuit board assembly，簡稱 PCBA)的重工議題加以探討，但主要著重在 PCBA 的自動化重工技術(automated PCBA rework)的建立以及發展[5][6]；以及探討自動化重工實施情形的一些成本結構及績效衡量分析[7]；並在成本與生產週期(cycle time)的考量下，決定自動化重工系統進行的時點[8]以及實行重工的策略(定期或是不定期)[9]

上述文獻主要針對組裝產業，在製造加工業方面，也有一些針對重工現象加以探討的文獻，除了有針對重工策略面分析的研究[12][14]，針對不同績效考量，探討一批欲加工的物件，在進行批次加工作業時，若一部分物件為不良品時，原批是否應該等那些不良物件重工完後再併批加工，還是直接往下加工或與其他良品併批加工，或是發展其他重工策略；也有一些文獻依據不同的績效考量，決定當加工達到多少數量之後進行重工[11][16]為最佳，以及決定不良品個數達到某數量之後進行重工[10][17]為最佳。

此外還有幾篇是與本研究問題背景最為相似的半導體產業所作的重工或是報廢決策研究(報廢決策類似於重工決策，不同在於報廢決策為低於門檻值即丟棄，不加以回收重新利用)；Daigle 等人[20]建構一管理模式來減少半導體廠中晶圓(wafer)報廢的情形發生。Michael 等人[15]同時考量重工策略以及派工法則下，決定最佳的派工法則與重工策略組合。Maynard 等人[21]發展出一啟發性解法，在良率及成本的考量下，可求出半導體廠中，晶圓批的批量由於製程良率的問題，導致某些並非包含全良品晶圓的「小量晶圓批」(small wafer lot)，在哪一層(layer)進行報廢為最佳。

另外 Wu 等人[22] [23]利用基因演算法，探討半導體廠中小量晶圓批的報廢決策問題，此文獻的問題架構最為接近本研究，在於此篇文獻與本研究相同也是利用門檻值的方法，針對其中幾個關鍵加工層(critical layer)設置報廢決策的決策點，考量單一產品下，以半導體廠的利潤最大化為目的，決定各關鍵加工層的報廢決策門檻值(threshold)，良好晶圓片數高於門檻值的晶圓批可繼續進行加工，反之該晶圓批則逕行報廢。

而雖然 TFT-LCD 廠的 Array 製程及 CF 製程類似半導體廠的製程，但是至 Cell 製程時，TFT-LCD 廠會有半導體廠所沒有的將兩片不同的基板(TFT 基板及 CF 基板)進行結合的組立製程，這也是 TFT-LCD 廠與半導體廠相當大的差別，因為組立製程的一些特性影響，所以兩者在重工(報廢)決策的考量上也將會有所差異，這也是本研究加以延伸探討的主要部分。

半導體廠報廢決策往往是以批(lot)為單位，低於門檻值的晶圓批上的多片晶圓皆報廢，而 TFT-LCD 廠則是以基板為單位，低於門檻值的基板，該基板上的面板皆報廢(重工)，所以批相當於基板，晶圓相當於面板，這是兩種產業在報廢(重工)決策的類比之處。

## 2.2 Array 及 CF 製程簡述

Array 製程[4]主要在製作薄膜電晶體基板(TFT plate)，與半導體製程相當類似，較大的不同在於 Array 製程是將薄膜電晶體製作於玻璃基板上，而半導體製程則是將薄膜電晶體製作於矽晶圓上。但在生產製程與環境方面，Array 製程大多與半導體製程類似，大致可分為成膜(film deposition)、黃光(photo)、蝕刻(etching)、去光阻(stripping)等加工作業，同時在製程過程中，也都具有再回流(reentrant)的特性，需重複進行多層(layer)的加工，在經過與業界相關製程人員訪談後得知，目前在 TFT-LCD 廠中，Array 製程階段所設立的檢測站通常是位於製程後段，甚至僅在最終製程處設立，並非位於需再回流的加工作業中，所以回流次數並不影響檢測次數。圖 2.1 舉例說明 Array 的再回流製程與檢測站設置位置，假設一產品的生產流程有 5 道加工作業，當作業 C 加工完後，會視產品需求重回作業 A 進行下一層的加工，也就是再回流現象，而業界通常的檢測站會設置於較後段製程處(D or E)，也就是不需重複作業處，甚至只在作業 E 設立一最終檢測站。

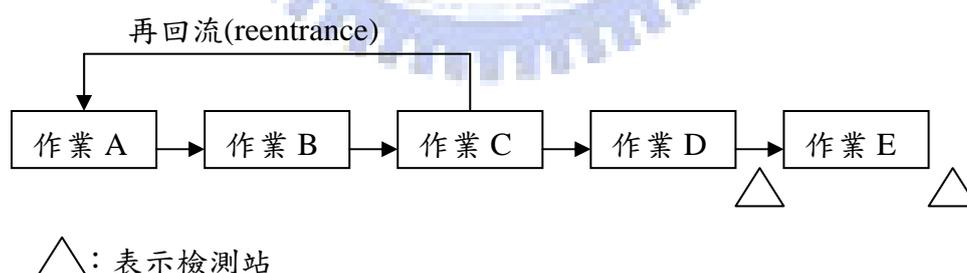


圖 2.1 舉例說明 Array 製程生產模式

CF 製程[4]與半導體的製程較為不同，主要是在製作彩色濾光片(Color Filter，簡稱 CF)，之後在 Cell 製程階段中，與 Array 製程所製作的 TFT 基板結合而成 TFT-LCD 基板，CF 製程所製作的彩色濾光片是於玻璃基板上，將紅、綠、

藍三原色之有機材料，製作在每一個畫素之內，生產流程為流線式生產(flow line)，並無再回流的特性。大致主要製程的生產流程如圖 2.2 所示，而其中 BM(black matrix)、Red、Green、Blue 四個製程階段的加工步驟類似，皆須進行塗佈(coating)、曝光(UV exposure)、顯影(development)、postbaking 等作業，但是四個製程階段皆有各自機台來進行上述細部作業，也就是 BM 製程有自己的塗佈機台，Red 製程也有自己的塗佈機台，所以雖然細部作業相同，但是沒有 Array 或是半導體製程中的再回流現象，為一流線式生產，而檢測站的位置則視需求設立於某兩段主要製程之間，或是設置於細部作業之間，如塗佈製程及曝光作業之間。

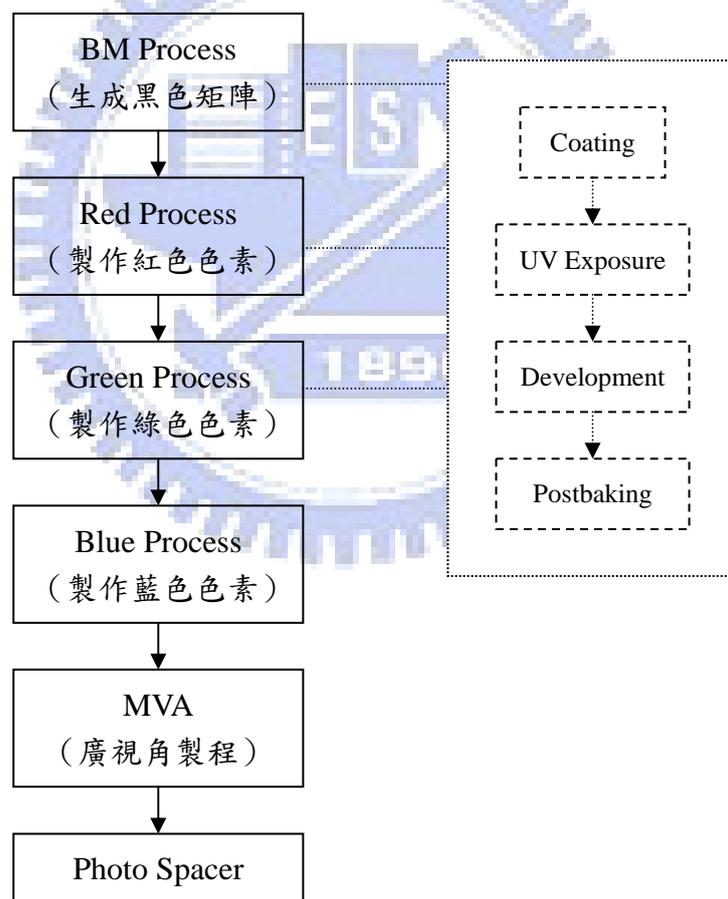


圖 2.2 CF 生產流程簡述

## 第三章 模式建構

在此章節，本研究將建構一數學模式，考量範圍包含整個 TFT-LCD 廠生產流程中 Array 製程、CF 製程及 Cell 製程的特性，以產品的獲利(profit)為目標函式，針對不同的產品，訂定個別產品在 Array 製程及 CF 製程階段中，各檢測站的最佳重工決策，以求個別產品的獲利最佳化。

### 3.1 模式建構基本概念

本研究的架構主要可分為兩大模組，模組一(Evaluator)為計算一重工門檻值組合下的績效，利用建構一數學模式，在給定一些產品參數後，計算一組重工門檻值組合下的績效；模組二(Searcher)為搜尋最佳重工組合，目的在於比較眾多重工門檻值組合在績效評估模組中的績效，選取一最佳的重工門檻組合。

#### 3.1.1 模組一簡述

模組一如圖 3.1 可再細分為四個子運算模組，分別為：(1)Array/CF 製程運算模組，(2)Cell 組立製程運算模組，(3)面板分級運算模組，(4)績效評估模組。

Array/CF 製程運算模組的目的在於建構出 Array 及 CF 製程階段中，各作業道次的加工及重工決策的運算模式，依據各檢測站所選擇的重工決策，求得在該重工決策組合下，兩製程階段的最終基板期望產出(Array 製程階段產出的 TFT 面板以及 CF 製程階段產出的 CF 面板)，以及兩種基板的最終產出依據基板良率(所包含良好面板個數的比例)的分佈狀態。

Cell 組立製程運算模組建構出 Cell 製程階段中，進行組立製程的運算模式，考量 Cell 製程中進行組立作業的特性建構一數學模式加以分析，將 Array/CF 製

程運算模組所求得的基板期望產出數據，經由運算後，求得合併而成的 TFT-LCD 基板的期望產出，以及依據基板配對良率的分佈情形。

面板分級運算模組建構出最終面板成品的等級分級運算模式，利用 Cell 組立製程運算模組所求得的各配對良率之 TFT-LCD 基板期望產出數據，經由本模組運算後，求得各等級面板的產出分佈情形。

績效評估模組是將前三個運算模組所求出的一些影響成本或收益的中間產物及最終產物數據，套入所建構的目標函式中，求得目標函數值，本研究的目的是為針對不同產品，使產品利潤最大化。

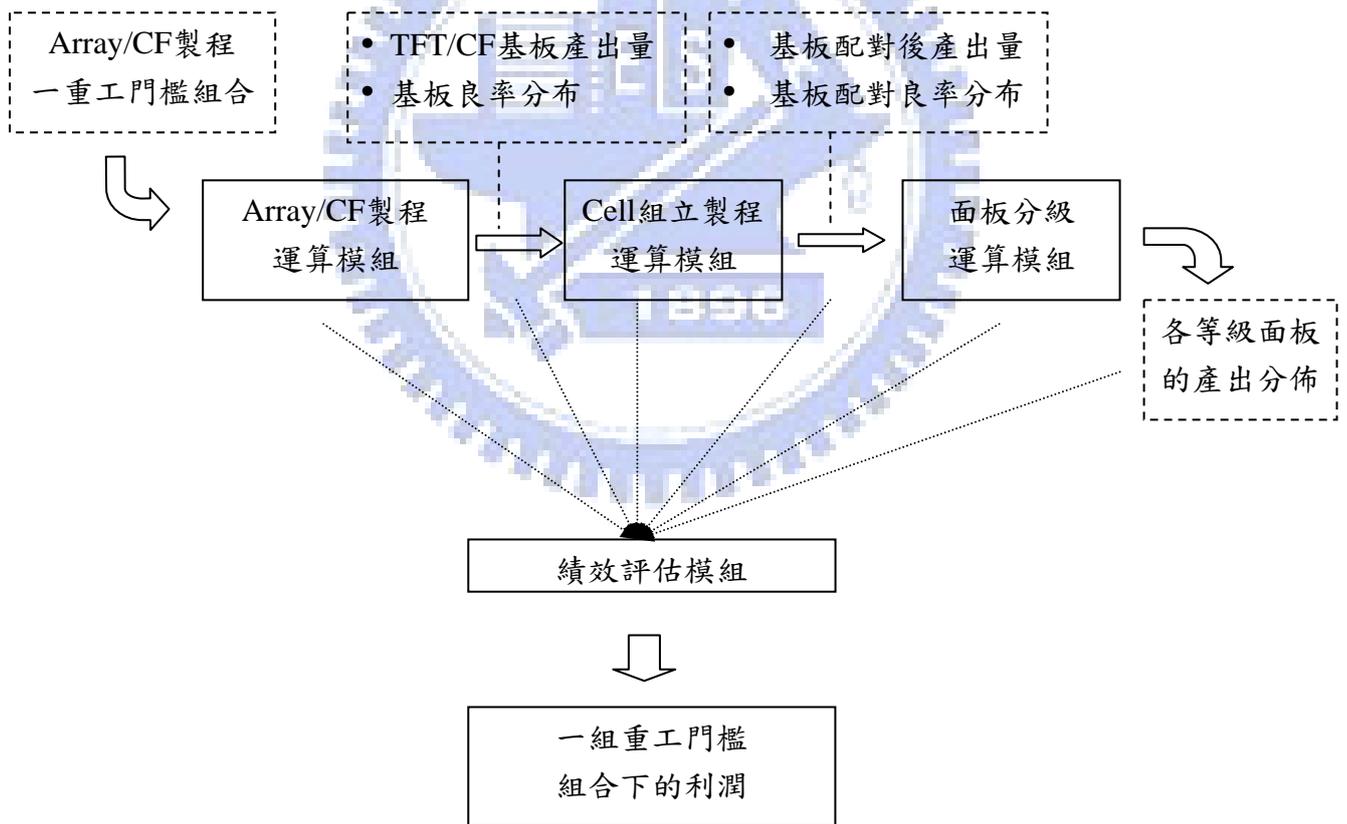


圖 3.1 模組一運算流程說明

### 3.1.2 模組二簡述

模組二最佳重工決策選擇模組用於選取使產品利潤最大化的檢測站重工決策組合，本研究利用基因演算法建構此模組。

整個數學模式運算流程為先確定要求得何種產品的最佳重工決策，再給定各個運算模組所需的產品參數資料(材料成本、面板售價、製程良率、...等)後，依據模組一中四個子運算模組的運算順序，考量各個檢測站的重工決策組合的所有情形，最後利用模組二最佳重工決策選擇模組，選擇目標函數值最佳者，即為使該產品獲利最佳的檢測站重工決策組合。

### 3.2 研究情境假設

本研究所設定的情境假設條件如下：

- ◆ TFT/CF 基板上良好面板個數分配已知(本研究皆假設為二項式分配)。
- ◆ 假設 Array/CF 製程中皆僅有單一瓶頸，無瓶頸飄移現象，且瓶頸機台為序列(series type)之生產型態機台，。
- ◆ 重工次數上限已知
- ◆ Array/CF 製程皆等待所有重工完成後，蒐集所有 TFT/CF 基板，一次投入 Cell 製程進行組立作業。
- ◆ 假設 Cell 製程的產能大於 Array 製程及 CF 製程的產能，可確保 Array 製程及 CF 製程所製作之基板，皆可進行組立製程作業。

- ◆ 假設 Cell 製程在進行組立作業的過程，是隨機自 Array 製程階段的最終產出中取一片 TFT 基板，同時也隨機自 CF 製程階段的最終產出中取一片 CF 基板進行組立作業，並無事先將 Array 製程與 CF 製程的基板最終產出進行排序或是篩選配對的過程。
- ◆ Cell 製程無良率問題，即進行組立製程時，必能確實完成作業。

### 3.3 Evaluator 的子模組一: Array/CF 製程運算模組分析

#### 3.3.1 模組內容簡述

Array 及 CF 製程階段中，往往於某些作業與作業的中間，會設立檢測站依據重工決策，來決定基板是否可繼續加工，這也是本研究最主要的核心問題，而此運算模組便是將 Array 及 CF 製程階段中，各作業加工情形及各檢測站重工決策的過程建構成一數學模式，依據各檢測站所選擇的重工決策，求得在該重工決策組合下，兩製程階段的最終基板期望產出(Array 製程階段產出的 TFT 面板以及 CF 製程階段產出的 CF 面板)，以及兩種基板的最終產出依據基板良率(所包含良好面板個數的比例)的分佈狀態。圖 3.2 描述 Array/CF 製程運算模組的 input 及 output 資訊。

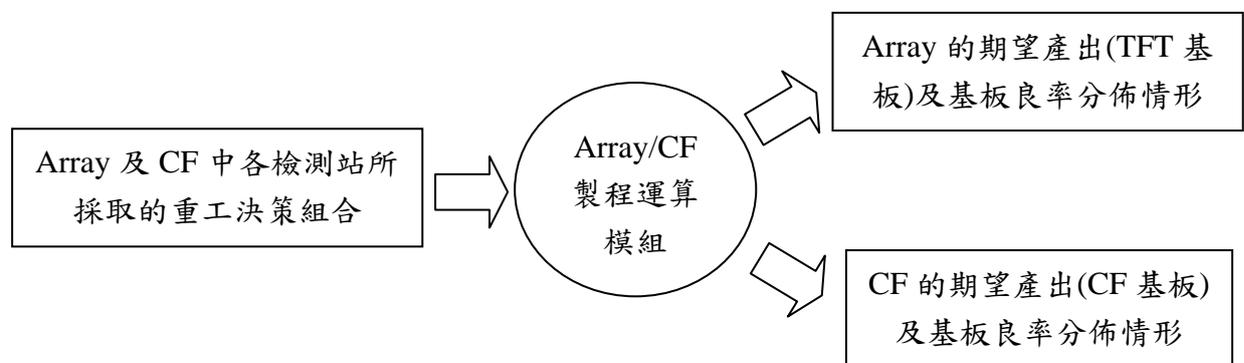


圖 3.2 Array/CF 製程運算模組

在此模組中，將 Array 及 CF 製程階段中原本多道加工作業的生產線，利用合併數個作業為一 stage 的方法，簡化成為由數個 stage 組成的生產線，檢測站設置於 stage 後，每個 stage 加工完成後，經由檢測站檢測基板良率情形，配合檢測站所採用的重工決策，決定基板是否可投入下一 stage 繼續加工作業。圖 3.3 為舉例說明。

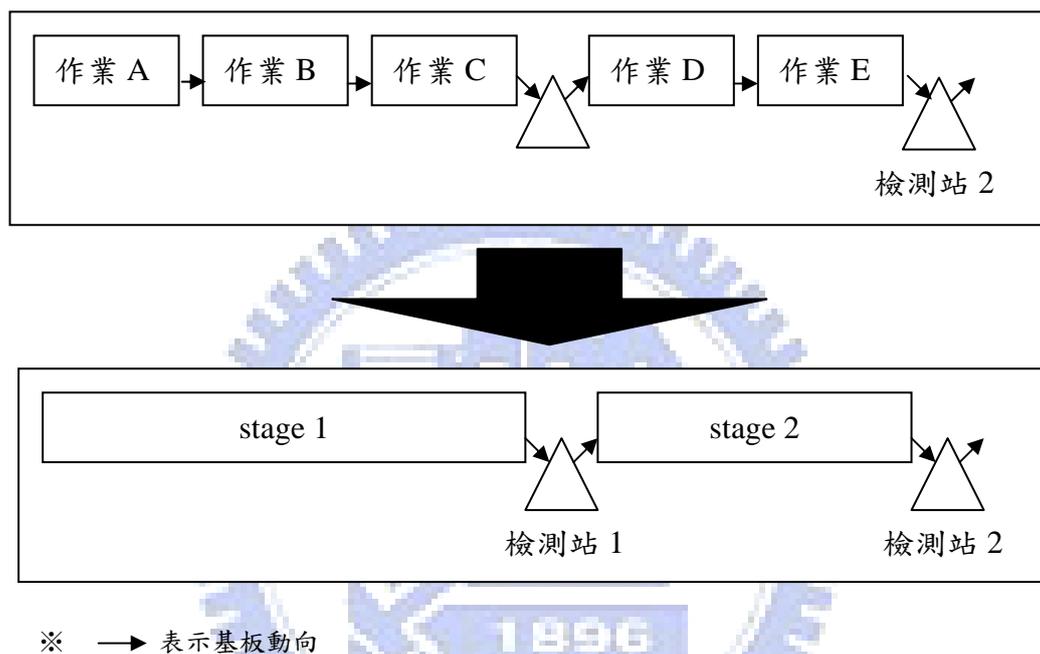


圖 3.3 舉例說明加工作業合併

### 3.3.2 建構模組之數學模式

#### A. 定義參數及變數

$m$  : Array 製程中 stage 的指標， $1 \leq m \leq M_1$ 。

$k$  : CF 製程中 stage 的指標， $1 \leq k \leq M_2$ 。

$u$  : 每片基板上良好面板個數指標， $0 \leq u \leq N$ 。

$v$ ：因為報廢後的基板可進行重工，所以  $v$  表示基板進行重工次數的指標， $v=0$  表示基板為原始投料，尚未重工； $v=1$  表示基板已重工一次，亦即第二次投入 Array 或 CF 製程加工，以此類推， $0 \leq v \leq V$ 。

$N$ ：每片基板上可切割的面板個數。

$V$ ：重工次數上限。

$M_1$ ：Array 製程中所需經過的 stage 個數（相當於檢測站個數）。

$M_2$ ：CF 製程中所需經過的 stage 個數（相當於檢測站個數）。

$\alpha$ ：磨平作業良率，亦即一片報廢基板進行磨平後，變成完好基板的機率。

$Ea_v$ ：Array 製程進行第  $v$  次重工的投料量( $v=0$  為起始狀態)。

$Ef_v$ ：CF 製程進行第  $v$  次重工的投料量( $v=0$  為起始狀態)。

$p_m$ ：Array 製程中第  $m$  個 stage 的平均製程良率。

$q_k$ ：CF 製程中第  $k$  個 stage 的平均製程良率。

$\tilde{P}_m$ ：Array 製程中第  $m$  個 stage 的平均製程良率矩陣，是一個  $(N+1) \times (N+1)$  矩陣

$= [p_{m,ij}]$ ， $p_{m,ij}$  表示原本狀態為  $i$  個良好面板的基板經過第  $m$  個 Stage 加工

後，變成  $j$  個良好面板的機率， $p_{m,ij} = C_j^i \times (p_m)^j \times (1-p_m)^{i-j}$ ， $0 \leq i \leq N$ ，

$0 \leq j \leq N$ ， $1 \leq m \leq M_1$ 。

$\tilde{Q}_k$  : CF 製程中第  $k$  個 stage 的平均製程良率矩陣，是一個  $(N+1) \times (N+1)$  之矩陣  
 $= [q_{k,ij}]$ ， $q_{k,ij}$  表示原本狀態為  $i$  個良好面板的基板經過第  $k$  個 Stage 加工  
 後，變成  $j$  個良好面板的機率， $q_{k,ij} = C_j^i \times (q_k)^j \times (1-q_k)^{i-j}$ ， $0 \leq i \leq N$ ，  
 $0 \leq j \leq N$ ， $1 \leq k \leq M_2$ 。

$\tilde{R}_{m,h}$  : Array 製程中，第  $m$  個檢測站的重工決策矩陣（有  $h$  個以上良好面板才接受），是一個  $(N+1) \times (N+1)$  之矩陣  $= [r_{m,ij}]$ ， $r_{m,ij}$  為二元變數 (binary variable = 0 or 1)。

If  $i < h$ ， $r_{m,i0} = 1$ ， $r_{m,ij} = 0$ ，for  $j \neq 0$ 。

If  $i \geq h$ ， $r_{m,ij} = 1$ ，for  $i = j$ 。

$r_{m,ij} = 0$ ，for  $i \neq j$ 。

$0 \leq i \leq N$ ， $0 \leq j \leq N$ ， $1 \leq m \leq M_1$ 。

$\tilde{S}_{k,h}$  : CF 製程中，第  $k$  個檢測站的重工決策矩陣（有  $h$  個以上良好面板才接受），是一個  $(N+1) \times (N+1)$  之矩陣  $= [s_{k,ij}]$ ， $s_{k,ij}$  為二元變數 (binary variable = 0 or 1)。

If  $i < h$ ， $s_{k,i0} = 1$ ， $s_{k,ij} = 0$ ，for  $j \neq 0$ 。

If  $i \geq h$ ， $s_{k,ij} = 1$ ，for  $i = j$ 。

$s_{k,ij} = 0$ ，for  $i \neq j$ 。

$0 \leq i \leq N$ ， $0 \leq j \leq N$ ， $1 \leq k \leq M_2$ 。

$\tilde{A}_{v,m}$  : 為 Array 製程進行第  $v$  次重工的情形下，第  $m$  個 stage 之產出矩陣，是一個  $1 \times (N+1)$  之矩陣  $= [a_{v,m}^u]$ ， $a_{v,m}^u$  為進行第  $v$  次重工時，經過第  $m$  個 stage

加工後，包含良好面板數量為  $u$  的基板期望片數， $0 \leq u \leq N$ ， $0 \leq v \leq V$ ， $0 \leq m \leq M_1$ ，( $m=0, v=0$  為起始狀態， $\tilde{A}_{0,0} = [0, \dots, 0, Ea_0]$ )。

$\tilde{F}_{v,k}$ ：為 CF 製程進行第  $v$  次重工的情形下，第  $k$  個 stage 之產出矩陣，是一個  $1 \times (N+1)$  之矩陣  $= [f_{v,m}^u]$ ， $f_{v,m}^u$  為進行第  $v$  次重工時，經過第  $k$  個 stage 加工後，包含良好面板數量為  $u$  的基板期望片數， $0 \leq u \leq N$ ， $0 \leq v \leq V$ ， $0 \leq k \leq M_2$  ( $k=0, v=0$  為起始狀態， $\tilde{F}_{0,0} = [0, \dots, 0, Ef_0]$ )。

$T(A_{v,m})$ ：Array 製程進行第  $v$  次重工的情形下，經過第  $m$  個 stage 加工及經過檢測站之報廢準則篩選後，欲投入下一 stage 的期望基板總數。

$T(F_{v,k})$ ：CF 製程進行第  $v$  次重工的情形下，經過第  $k$  個 stage 加工及經過檢測站之報廢準則篩選後，欲投入下一 stage 的期望基板總數。

$Ea_v$ ：Array 製程進行第  $v$  次重工的投料量( $v=0$  為起始狀態)。

$Ef_v$ ：CF 製程進行第  $v$  次重工的投料量( $v=0$  為起始狀態)。

$\tilde{A}_{final}$ ：Array 製程最終的產出矩陣，即為欲投入 Cell 製程進行組立作業的 TFT 基板最終良率分佈情形，為一  $1 \times N$  之矩陣  $= [a_{final}^u]$ ， $a_{final}^u$  為最終包含良好面板數量為  $u$  的 TFT 基板期望片數， $1 \leq u \leq N$ 。

$\tilde{F}_{final}$ ：CF 製程最終的產出矩陣，即為欲投入 Cell 製程進行組立作業的 CF 基板最終良率分佈情形，為一  $1 \times N$  之矩陣  $= [f_{final}^u]$ ， $f_{final}^u$  為最終包含良好面板數量為  $u$  的 CF 基板期望片數， $1 \leq u \leq N$ 。

$T(A_{final})$ ：Array 製程欲投入 Cell 製程進行組立作業的 TFT 基板總片數。

$T(F_{final})$ ：CF 製程欲投入 Cell 製程進行組立作業的 CF 基板總片數。

$Cap\_A$ ：Array 製程中，瓶頸機台的產能上限。

$Cap\_F$ ：CF 製程中，瓶頸機台的產能上限。

## B. 參數及變數說明

在此模組中，雖然分別以不同表達方式定義 Array 製程與 CF 製程的參數及變數，但無論是參數矩陣的形式或是變數矩陣的形式上，Array 製程與 CF 製程皆相同( $\tilde{P}_m$ 與 $\tilde{Q}_k$ 、 $\tilde{R}_{m,h}$ 與 $\tilde{S}_{k,h}$ 、 $\tilde{A}_m$ 與 $\tilde{F}_k$ 、 $\tilde{A}_{final}$ 與 $\tilde{F}_{final}$ )，兩者僅僅在變數的表達上有所差異。以下將針對一些參數及變數加以詳加說明，

舉例說明平均製程良率矩陣，假定  $N=4$ ，若 Array 製程某一 stage  $m$  的平均製程良率為 0.9，由於本研究皆假設基板上良好面板個數依據平均製程良率呈現二項式分配，所以可利用  $p_{m,ij} = C_j^i \times (p_m)^j \times (1-p_m)^{i-j}$  公式求得此 stage 的平均製程良率矩陣為：

$$\tilde{P}_m = \begin{matrix} & \begin{matrix} 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0.01 & 0.18 & 0.81 & 0 & 0 \\ 0.001 & 0.027 & 0.243 & 0.729 & 0 \\ 0.0001 & 0.0036 & 0.0486 & 0.2916 & 0.6561 \end{array} \right] \end{matrix}$$

舉此矩陣第四列來說明， $p_{m,30}=0.001$ 、 $p_{m,31}=0.027$ 、 $p_{m,32}=0.243$ 、 $p_{m,33}=0.729$ 、

$p_{m,34}=0$ ，表示若原先一基板包含 3 個良好面板，則經由 stage  $m$  加工後，有 0.001

的機率此基板上良好面板個數會變為 0 個、有 0.027 的機率此基板上良好面板個數會變為 1 個、有 0.243 的機率此基板上良好面板個數會變為 2 個、有 0.729 的機率此基板上會維持原先良好面板個數為 3 個的狀態，而因為原先只有 3 個良好面板，不可能經由加工後變為 4 個良好面板，所以  $p_{m,34}=0$ 。

$\tilde{R}_{m,h}$  與  $\tilde{S}_{k,h}$  這兩個決策變數也是整個數學模式唯一的決策變數，且利用矩陣形式表示，而本研究的目的就是在針對不同的產品，求出各個產品在 Array 及 CF 製程中各檢測站的  $h$  值，使得該產品獲利最佳化。

此矩陣的理念為，若檢測前基板所包含的良好面板個數大於或等於檢測站所設定的門檻值 ( $h$  值)，則該基板可維持原先狀態投入下一 stage；反之，若檢測前基板所包含的良好面板個數小於檢測站所設定的門檻值，則將該基板狀態轉變為不包含任何良好面板，即視為報廢基板，得進行重工。圖 3.4 以圖示說明。

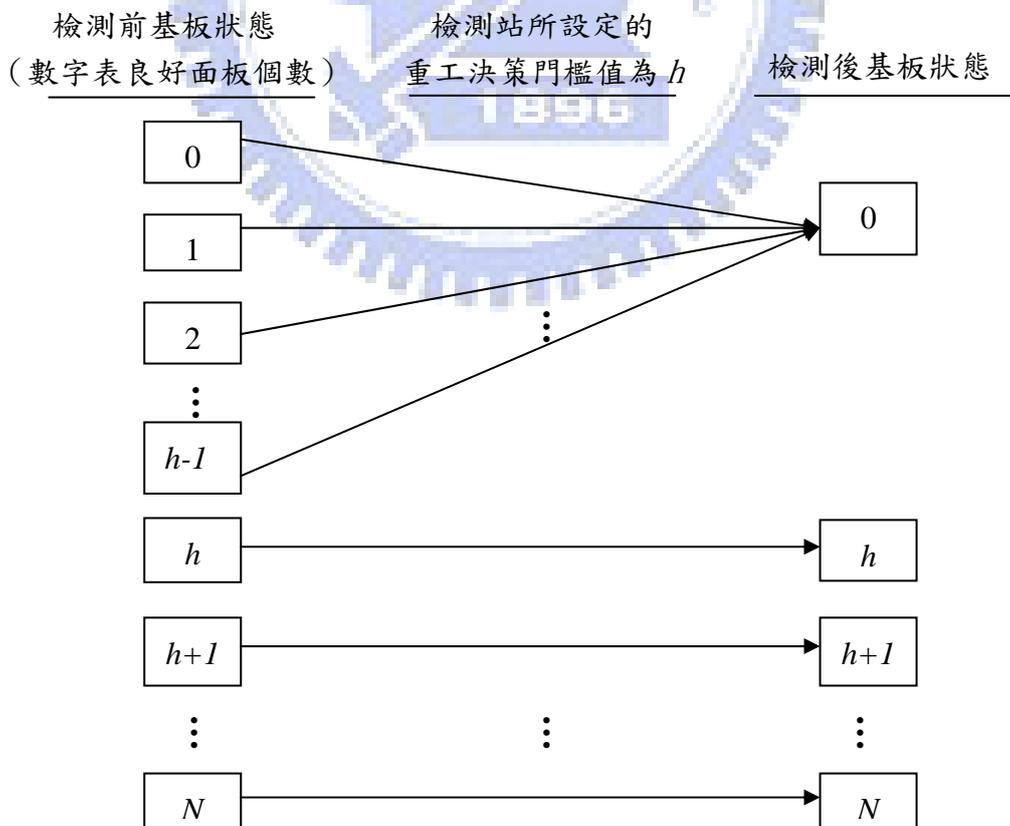


圖 3.4 重工決策矩陣理念說明

舉例說明，假定  $N=4$ ，今一 Array 製程中的檢測站  $m$  所訂定的  $h=2$  時，其重工決策矩陣為：

$$\tilde{R}_{m,2} = \begin{matrix} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

由於製程良率以及基板上良好面板個數呈二項式分配的因素，所以每每經過一 stage 加工後，所有基板上的良好面板個數會不盡相同，所以本研究以期望值的觀點，利用一  $1 \times (N+1)$  矩陣形式 ( $\tilde{A}_{v,m}$  及  $\tilde{F}_{v,k}$ )，來表達基板依據良好面板個數的分佈狀態。

舉例說明，若  $N=4$ ，假定在第  $v$  次重工下，今投入 15 片基板於 Array 一 stage  $m$ ，經由加工與檢測後，基板依良好面板個數分布如下：沒有良好面板的基板片數為 1 片，包含 1 個良好面板的基板片數為 2 片，包含 2 個良好面板的基板片數為 3 片，包含 3 個良好面板的基板片數為 4 片，包含 4 個良好面板的基板片數為 5 片，則可將此分布利用以下方式表示：

$$\tilde{A}_{v,m} = [a_{v,m}^0, a_{v,m}^1, a_{v,m}^2, a_{v,m}^3, a_{v,m}^4],$$

其中  $a_{v,m}^0 = 1$ ， $a_{v,m}^1 = 2$ ， $a_{v,m}^2 = 3$ ， $a_{v,m}^3 = 4$ ， $a_{v,m}^4 = 5$ 。

亦即  $\tilde{A}_{v,m} = [1, 2, 3, 4, 5]$ 。

### C. 產出矩陣等式

經由 stage 加工後以及其後的檢測站重工決策檢查篩選後，視為一 stage 的產出，所以前一 stage 的產出矩陣為目前 stage 的 input，經由目前 stage 製程良率矩陣以及重工決策矩陣運算後，產生一新的產出矩陣為 output，投入下一 stage，由此可發展出一產出矩陣等式。

對於 Array 製程而言：

$$\tilde{A}_{v,m+1} = \tilde{A}_{v,m} \tilde{P}_{m+1} \tilde{R}_{m+1,h}$$

$$T(A_{v,m}) = \sum_{u \geq h}^N a_{v,m}^u$$

對於 CF 製程而言：

$$\tilde{F}_{v,k+1} = \tilde{F}_{v,k} \tilde{Q}_{k+1} \tilde{S}_{k+1,h}$$

$$T(F_{v,k}) = \sum_{u \geq h}^N f_{v,k}^u$$

舉例說明，若  $N=4$ ，假定在某一次重工  $v$  下，若 Array 製程中一 stage  $m$  之產出矩陣為  $\tilde{A}_{v,m} = [a_{v,m}^0 = 2, a_{v,m}^1 = 4, a_{v,m}^2 = 6, a_{v,m}^3 = 8, a_{v,m}^4 = 10]$ ，而假定下一 stage( $m+1$ )之平均製程良率為 0.9，重工決策之  $h=2$ 。

則可求得 stage( $m+1$ )的平均製程良率矩陣：

$$\tilde{P}_{m+1} = \begin{matrix} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0.01 & 0.18 & 0.81 & 0 & 0 \\ 0.001 & 0.027 & 0.243 & 0.729 & 0 \\ 0.0001 & 0.0036 & 0.0486 & 0.2916 & 0.6561 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

stage(m+1)的重工決策矩陣：

$$\tilde{R}_{m+1,2} = \begin{matrix} & 0 & 1 & 2 & 3 & 4 \\ \begin{matrix} 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

故可求得 stage(m+1)的產出矩陣為

$$\begin{aligned} \tilde{A}_{v,m+1} &= [2,4,6,8,10] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.1 & 0.9 & 0 & 0 & 0 \\ 0.01 & 0.18 & 0.81 & 0 & 0 \\ 0.001 & 0.027 & 0.243 & 0.729 & 0 \\ 0.0001 & 0.0036 & 0.0486 & 0.2916 & 0.6561 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= [2.469, 4.932, 7.29, 8.748, 6.561] \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \\ &= [7.401, 0, 7.29, 8.748, 6.56] \end{aligned}$$

$$T(A_{m+1}) = \sum_{u \geq 2}^4 a_{v,m+1}^u = 7.29 + 8.748 + 6.56 = 22.599$$

由 stage(m+1)的產出矩陣得知，在此階段為通過門檻值的期望基板總數為 7.401 片，投入下一 stage 的期望基板總數為 22.599 片，其中有 7.29 片基板是包含 2 個良好面板、8.748 片是包含 3 個良好面板、6.56 片是包含 4 個良好面板。

經由上述式子即可算出每個stage的產出狀況，而進行完第 $v$ 次重工時，Array及CF製程中最後一個stage的產出矩陣( $\tilde{A}_{v,M_1}$ 、 $\tilde{F}_{v,M_2}$ )即是作為下一次(第 $v+1$ 次)重工的依據，在這兩個產出矩陣中的 $a_{v,M_1}^0$ 及 $f_{v,M_2}^0$ 項便是在第 $v$ 次重工結束時，最後一個stage( $M_1$ 、 $M_2$ )所統計出未通過各檢測站所設立門檻值的基板期望總片數，也就是欲進行下一次重工的基板期望片數，乘上磨平作業良率即為下一次重工的投料量，因此可以下列式子表示：

對於 Array 製程而言：

第 $v$ 次重工時的起始矩陣  $\tilde{A}_{v,0} = [0, \dots, 0, Ea_v]$

其中  $Ea_v = a_{v-1,M_1}^0 \times \alpha$ ， $0 \leq v \leq V$  ( $v=0$  為起始狀態)。

對於 CF 製程而言：

第 $v$ 次重工時的起始矩陣  $\tilde{F}_{v,0} = [0, \dots, 0, Ef_v]$

其中  $Ef_v = f_{v-1,M_2}^0 \times \alpha$ ， $0 \leq v \leq V$  ( $v=0$  為起始狀態)。

依照上述式子即可得知每次重工的起始矩陣，再利用產出矩陣等式，便可得知每次重工下所產出的 Array/CF 基板期望產出及其良率分布情形，接著利用  $\tilde{A}_{final}$  及  $\tilde{F}_{final}$ 、 $T(A_{final})$  及  $T(F_{final})$  來統計經由多次重工後，最終 Array 及 CF 基板的良率分佈情形以及期望的總產出， $\tilde{A}_{final}$  及  $\tilde{F}_{final}$  中的各項元素即為加總每次重工最後一個 stage 中的產出矩陣各項良率分佈元素求得(不需考慮良率為 0 的基板，因為此類基板不會進行組立作業)； $T(A_{final})$  及  $T(F_{final})$  便為加總每次重

工最後一個 stage 中的產出數量。

對於 Array 製程而言：

$$\tilde{A}_{final} = [a_{final}^u] , \text{ 其中 } a_{final}^u = \sum_{v=0}^V a_{v,M_1}^u , 1 \leq u \leq N$$

$$T(A_{final}) = \sum_{v=0}^V T(A_{v,M_1})$$

對於 CF 製程而言：

$$\tilde{F}_{final} = [f_{final}^u] , \text{ 其中 } f_{final}^u = \sum_{v=0}^V f_{v,M_2}^u , 1 \leq u \leq N$$

$$T(F_{final}) = \sum_{v=0}^V T(F_{v,M_2})$$

#### D. 起始投料量的計算

隨著重工門檻值的不同，瓶頸機台的產能利用率也會有所不同，若瓶頸機台的產能利用率未達到其上限，將會造成產能閒置，所以必須針對每個重工門檻值組合，計算出該組合下，Array 及 CF 的起始投料量( $Ea_0$ 、 $Ef_0$ )，使得瓶頸機台的產能利用率 100%；在計算前，必須先知道瓶頸機台位於哪一個 stage 中，以 Array 製程為例，瓶頸機台若位於 stage  $m^*$  中，則 stage  $(m^*-1)$  的產出，也就是投入 stage  $m^*$  的基板數量，即為瓶頸機台的產能利用量，所以各個門檻值組合在決定投料量時，皆須滿足  $\sum_{v=0}^V T(A_{v,m^*-1}) = Cap\_A$  以及  $\sum_{v=0}^V T(F_{v,k^*-1}) = Cap\_F$  兩個式子(假定  $m^*$ 、 $k^*$  分別為 Array 及 CF 製程中瓶頸機台所位於的 stage)，才會使瓶頸機台的產能利用率 100%，以下利用一例子說明起始投料量的計算過程，。

以 Array 製程舉例說明，假定  $N=4$ ， $v=1$ ， $\alpha=0.8$ ，stage 個數為 2，製程良

率皆為 0.9，瓶頸機台位於 stage 2 中，若今 2 個 stage 門檻值分別訂為 4 跟 2，先利用一單位投料量矩陣： $[0,0,0,0,1]$ 作為起始矩陣  $\tilde{A}_{0,0}$ ，來計算投入一片基板下，在瓶頸機台可利用多少的產能；則利用先前的產出計算過程，可算出：

$$\tilde{A}_{0,1} = \tilde{A}_{0,0} \tilde{P}_1 \tilde{R}_{1,4} = [0.3439, 0, 0, 0, 0.6561]$$

$$T(A_{0,1}) = 0.6561$$

$$\tilde{A}_{0,2} = \tilde{A}_{0,1} \tilde{P}_2 \tilde{R}_{2,2} = [0.3463, 0, 0.0319, 0.1913, 0.4305]$$

則可求得  $v=1$  的投料量  $Ea_1 = a_{0,2}^0 \times \alpha = 0.3463 \times 0.8 = 0.27704$

意即  $\tilde{A}_{1,0} = [0,0,0,0,0.27704]$

$$\tilde{A}_{1,1} = \tilde{A}_{1,0} \tilde{P}_1 \tilde{R}_{1,4} = [0.09528, 0, 0, 0, 0.18176]$$

$$T(A_{1,1}) = 0.18176$$

算到這裡即可得知在門檻值組合為(4,2)的情形下，stage 1 經由兩次加工後的產出總量，也就是 stage 2(瓶頸機台)的總產能利用量  $= T(A_{0,1}) + T(A_{1,1}) = 0.6561 + 0.18176 = 0.83786$ ，由此可得知，起始投入 1 片基板，將會造成瓶頸機台的 0.83786 單位的產能，若瓶頸機台的產能上限為  $Cap_A$ ，則欲使瓶頸產能利用率 100%，Array 製程就必須投入  $\frac{Cap - A}{0.83786}$  片基板；利用此運算過程即可求得一門檻值組合下，Array 及 CF 製程的起始投料量為何。

### 3.4 Evaluator 的子模組二：Cell 組立製程運算模組分析

#### 3.4.1 模組內容簡述

經由 Array/CF 製程運算模組的運算，可得到兩種不同基板的期望產出片數（Array 製程階段產出的 TFT 面板以及 CF 製程階段產出的 CF 面板），以及兩種基板的最終產出依據基板良率（所包含良好面板個數的比例）的分佈狀態，在本模組中，便是將前一模組運算後的資料，考量 Cell 製程中進行組立作業的特性建構一數學模式加以分析，經由運算後，求得合併而成的 TFT-LCD 基板的期望產出，以及依據基板配對良率的分佈情形，圖 3.5 描述 Cell 組立製程運算模組的 Input 及 Output 資訊。

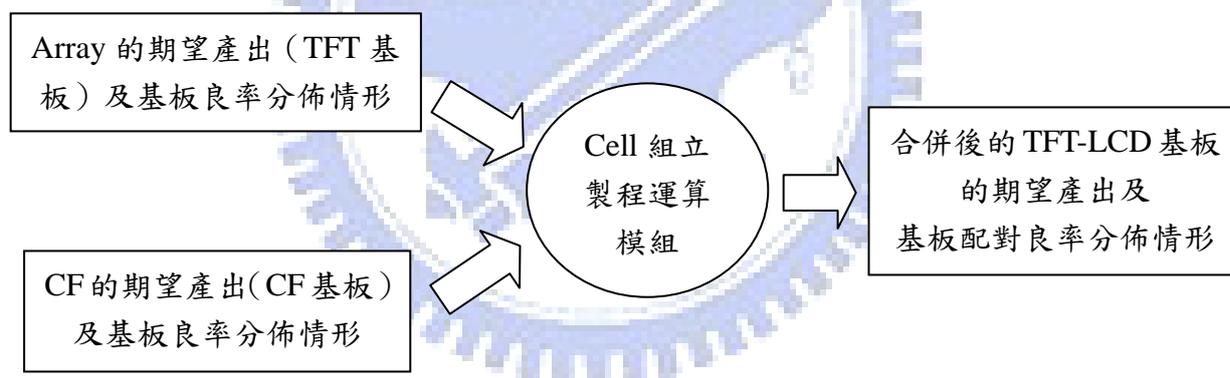


圖 3.5 Cell 組立製程運算模組

由於先前所提到的除了 TFT 基板與 CF 基板本身良率（基板中包含良好面板個數的比率），會影響 Cell 製程組立後 TFT-LCD 基板的配對良率（mapping yield）外，TFT 基板或是 CF 基板中良好面板的位置，也會影響組立後的 TFT-LCD 基板的配對良率，所以一種良率的 TFT 基板與一種良率 CF 基板進行組立作業後，可能會產生數種良率的 TFT-LCD 基板，也因為如此，所以本運算模組，主要針對此特性進行運算分析，以求得組立後 TFT-LCD 基板期望產出以及基板良率分

佈情形。

### 3.4.2 建構模組之數學模式

#### A. 定義參數及變數

$X$ : Array 製程完成後，一片 TFT 基板上所包含的良好面板個數，為一隨機變數，

$X$  符合間斷均勻分配， $0 \leq X \leq N$ 。

$Y$ : CF 製程完成後，一片 CF 基板上所包含的良好面板個數，為一隨機變數， $Y$

符合間斷均勻分配， $0 \leq Y \leq N$ 。

$Z$ : 經由 Cell 完成組立作業後，一片 TFT-LCD 基板上所包含的良好面板個數，

由  $X$ 、 $Y$  配對產生而成，為一隨機變數， $0 \leq Z \leq N$ 。

$P_{(X,Y)}^Z$ : 當包含  $X$  個良好面板的 TFT 基板，與包含  $Y$  個良好面板的 CF 基板進行

組立作業，所產生的 TFT-LCD 基板包含  $Z$  個良好面板的機率。

$P(Z)$ : 經由組立作業後最終包含  $Z$  個良好面板的 TFT-LCD 基板發生的機率。

$S(Z)$ : 經由組立作業後，最終 TFT-LCD 基板產出中，包含  $Z$  個良好面板的

TFT-LCD 基板的期望片數。

## B. 運算過程



圖 3.6 Cell 組立製程運算模組運算流程

Step.1：求得造成組立後包含  $Z$  個良好面板 TFT-LCD 基板上的所有  $X$ 、 $Y$  組合。

當一個包含  $X$  個良好面板的 TFT 基板，與一個包含  $Y$  個良好面板的 CF 基板進行組立作業時，最理想的情況是兩個基板上良好面板儘可能重疊 ( $X=Y$  時，組立後良好面板個數等於  $X$  也等於  $Y$ ;  $X \neq Y$  時，組立後良好面板個數則為  $X$  與  $Y$  兩者之最小值); 最不理想的情況是兩個基板上良好面板儘可能不重疊 (好的面板儘可能碰上不好的, 也同理為不良的面板儘可能不重疊), 可以  $N-(N-X)-(N-Y)$  一式加以表達, ( $N-X$ ) 為 TFT 基板上不良面板的個數, ( $N-Y$ ) 為 CF 基板上不良面板的個數, 若兩個基板上的不良面板皆無重疊, 將會造成組立後 TFT-LCD 基板良率最差的情形, (若  $(N-X)+(N-Y) > N$ , 則最壞情形為組立後皆無良好面板), 整合以上可得知組立後的 TFT-LCD 基板上所包含的良好面板個數, 必介於最大值

$Min(X, Y)$  與最小值  $Max(0, X+Y-N)$  之間，所以可令一集合，  
 $H_Z = \{(X, Y) \mid X+Y-N \leq Z \leq Min(X, Y)\}$ ，來表示造成組立後包含  $Z$  個良好面板  
TFT-LCD 基板上的所有  $X, Y$  組合。

Step.2：求得  $P_{(X,Y)}^Z$

在求得  $(X, Y)$  的組合後，本研究利用排列組合運算可求得  $P_{(X,Y)}^Z$ ，公式如下：

$$P_{(X,Y)}^Z = \frac{C_X^N \cdot C_Z^X \cdot C_{Y-Z}^{N-X}}{C_X^N \cdot C_Y^N} = \frac{C_Z^X \cdot C_{Y-Z}^{N-X}}{C_Y^N}$$

分母說明： $C_X^N \times C_Y^N$  為  $X$  與  $Y$  配對的所有可能數。

分子說明： $C_X^N$  表示在 TFT 基板上有  $X$  個良好面板的可能排列情形， $C_Z^X$  表示在 TFT 基板上  $X$  個良好面板中，取  $Z$  個是與 CF 基板上良好面板重疊， $C_{Y-Z}^{N-X}$  為在 TFT 基板上剩下的  $N-X$  位置上，放置  $Y-Z$  個未與 TFT 良好面板重疊到 CF 良好面板的排列情形。

Step.3：求得  $P(Z)$

得知可能產生  $Z$  的所有  $(X, Y)$  組合，可利用  $P_{(X,Y)}^Z$ ，以及 Array/CF 運算模組所求得的最終 TFT 基板與 CF 基板的期望產出以及基板的良率分佈情形，即可求得進行組立作業後，最終包含  $Z$  個良好面板的 TFT-LCD 基板發生的機率。

$$P(Z) = \sum_{(X,Y) \in H_z} \frac{a_{final}^X}{T(A_{final})} \times \frac{f_{final}^Y}{T(F_{final})} \times P_{(X,Y)}^Z$$

$\frac{a_{final}^X}{T(A_{final})}$ ：表示在 Array 製程階段的最終期望產出中，包含 X 個良好面板的 TFT

基板在最終 TFT 基板期望產出中所佔的比率。

$\frac{f_{final}^Y}{T(F_{final})}$ ：表示在 CF 製程階段的最終期望產出中，包含 Y 個良好面板的 CF 基

板在最終 CF 基板期望產出中所佔的比率。

Step.4：求得  $S(Z)$

利用  $P(Z)$ ，以及 Array/CF 運算模組所求得的最終 TFT 基板/CF 基板的期望產出，便可求得進行組立作業後，包含 Z 個良好面板的 TFT-LCD 基板期望產出片數。

$$S(Z) = \text{Min}[T(A_{final}), T(F_{final})] \times P(Z)$$

由於 Array 製程與 CF 製程檢測站重工決策未必相同，所以兩製程的期望產出未必會相同，所以只有兩者期望產出的最小值，才是能進行組立作業的基板片數。

舉例說明此模組的運算流程，假定  $N=4$ ，假設 Array 製程最終產出矩陣為  $A_{final} = [a_{final}^1 = 0, a_{final}^2 = 4, a_{final}^3 = 6, a_{final}^4 = 10]$ ，CF 製程最終產出矩陣為  $F_{final} = [f_{final}^1 = 0, f_{final}^2 = 2, f_{final}^3 = 3, f_{final}^4 = 5]$ ，今欲求包含 2 個良好面板的最終 TFT-LCD 基板期望產出。

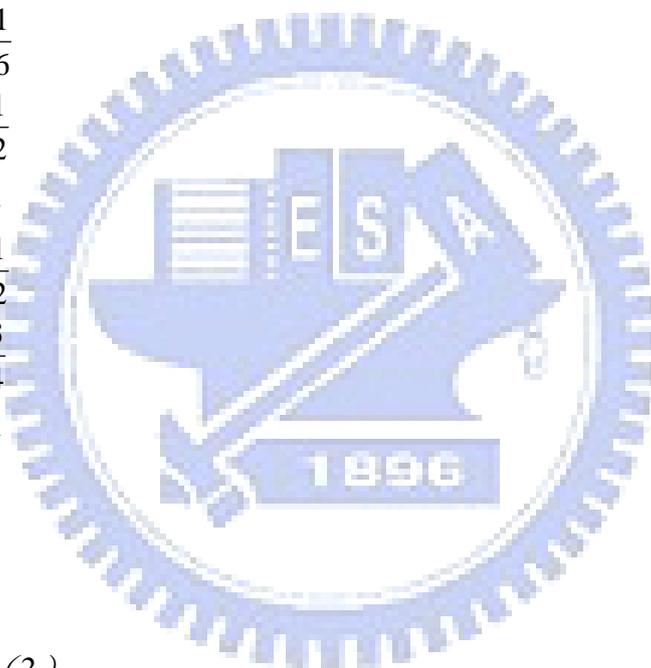
Step.1：求得產生  $Z=2$  的所有  $(X, Y)$  組合

$$H_2 = \{(X, Y) \mid X + Y - N \leq 2 \leq \text{Min}(X, Y)\}$$

其中  $(X, Y)$  的所有可能組合為  $(2, 2)$ 、 $(2, 3)$ 、 $(2, 4)$ 、 $(3, 3)$ 、 $(3, 2)$ 、 $(4, 2)$ 。

Step.2：求出每個  $(X, Y)$  組合產生  $Z=2$  的機率

$$\begin{cases} (2,2), P_{(2,2)}^2 = \frac{1}{6} \\ (2,3), P_{(2,3)}^2 = \frac{1}{2} \\ (2,4), P_{(2,4)}^2 = 1 \\ (3,2), P_{(3,2)}^2 = \frac{1}{2} \\ (3,3), P_{(3,3)}^2 = \frac{3}{4} \\ (4,2), P_{(4,2)}^2 = 1 \end{cases}$$



Step.3：求出  $P(2)$

由於  $T(A_{final}) = 4 + 6 + 10 = 20$ ， $T(F_{final}) = 2 + 3 + 5 = 10$ ，可求得  $P(2) =$

$$\begin{aligned} & \frac{a_{final}^2}{T(A_{final})} \times \frac{f_{final}^2}{T(F_{final})} \times P_{(2,2)}^2 + \frac{a_{final}^2}{T(A_{final})} \times \frac{f_{final}^3}{T(F_{final})} \times P_{(2,3)}^2 + \frac{a_{final}^2}{T(A_{final})} \times \frac{f_{final}^4}{T(F_{final})} \times P_{(2,4)}^2 \\ & + \dots + \frac{a_{final}^4}{T(A_{final})} \times \frac{f_{final}^2}{T(F_{final})} \times P_{(4,2)}^2 \\ & = \frac{4}{20} \times \frac{2}{10} \times \frac{1}{6} + \frac{4}{20} \times \frac{3}{10} \times \frac{1}{2} + \frac{4}{20} \times \frac{5}{10} \times 1 + \dots + \frac{10}{20} \times \frac{2}{10} \times 1 = 0.334 \end{aligned}$$

Step.4：求得  $S(2)$

$$S(2) = \text{Min}[T(A_{final})=20, T(F_{final})=10] \times P(Z=2) = 10 \times 0.334 = 3.34$$

所以經由此模組運算後，可求的最終包含 2 個良好面板的 TFT-LCD 基板的期望產出為 3.34 片。

### 3.5 Evaluator 的子模組三：面板分級運算模組分析

#### 3.5.1 模組內容簡述

TFT-LCD 基板在 Cell 組立製程完成後，會進行將基板切割成數個 TFT-LCD 面板的作業，而所有面板都會依其品質，加以區分等級，等級越高者，市場售價越高。而組立後 TFT-LCD 基板的配對良率是影響等級區分的重要依據，通常 TFT-LCD 基板的配對良率越高，該基板上的面板最後被區分為較高等級的機率越大，而本模組即探討此一現象，建構一數學模式來加以分析運算，利用 Cell 組立製程運算模組所求得的各配對良率之 TFT-LCD 基板期望產出為本模組的 Input 資料，經由本模組運算後，可求得各等級面板的期望個數，圖 3.7 描述面板分級運算模組的 Input 及 Output 資訊。

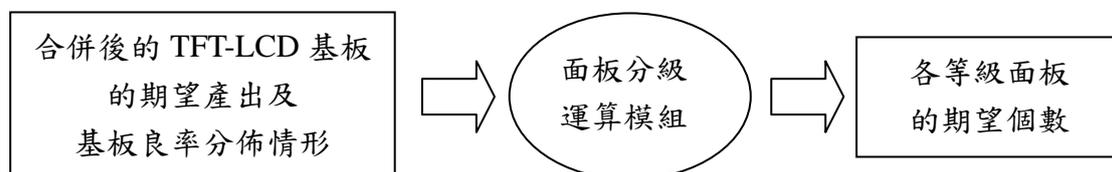


圖 3.7 面板分級運算模組

### 3.5.2 建構模組之數學模式

#### A. 定義參數及變數

$w$ ：面板等級指標， $w \in W$

$W$ ：最終面板可依品質區分的等級集合。

$\tilde{G}$ ：每個包含不同良好面板個數的 TFT-LCD 基板，其切割後的面板分級比率可能會有所不同，此矩陣為面板分級比率矩陣，是一個  $N \times W$  之矩陣  $= [g_{iw}]$ ， $g_{iw}$  為良好面板個數為  $i$  的 TFT-LCD 基板，其面板最終被區分為等級  $w$  的機率， $1 \leq i \leq N$ ， $w \in W$ 。

$\tilde{L}$ ：在 Cell 組立製程後，將 TFT-LCD 基板依據配對後良率加以分類，並統計每個類別的面板數量而成的產出矩陣，是一個  $1 \times N$  之矩陣  $= [i \times S(Z = i)]$ ， $1 \leq i \leq N$ 。

$\tilde{L}^*$ ：是一個  $1 \times W$  之矩陣，可得知每種等級的面板最終期望個數  $= [l_w]$ ， $l_w$  為等級  $w$  的面板最終期望個數， $w \in W$ 。

#### B. 運算流程

$$\tilde{L} = [1 \times S(Z = 1), 2 \times S(Z = 2), \dots, N \times S(Z = N)]$$

$$\tilde{G} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & \cdot & \cdot & \cdot & W \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ N \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccccccc} g_{11} & g_{12} & g_{13} & \cdot & g_{1w} & \cdot & g_{1W} \\ g_{21} & g_{22} & g_{23} & \cdot & g_{2w} & \cdot & g_{2W} \\ g_{31} & g_{32} & g_{33} & \cdot & g_{3w} & \cdot & g_{3W} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & g_{i1} & g_{i2} & g_{i3} & \cdot & g_{iw} & \cdot & g_{iW} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ g_{N1} & g_{N2} & g_{N3} & \cdot & g_{Nw} & \cdot & g_{NW} \end{array} \right] \end{matrix}$$

$$\tilde{L}^* = \tilde{L}\tilde{G}$$

舉例說明，假設經由組立作業後，最終包含 1 個良好面板的基板有 2 片、包含 2 個良好面板的基板有 4 片、包含 3 個良好面板的基板有 6 片、包含 4 個良好面板的基板有 8 片。故可求得  $\tilde{L}$ ：

$$\tilde{L} = [1 \times 2, 2 \times 4, 3 \times 6, 4 \times 8] = [2, 8, 18, 32]$$

假設最後面板皆可分為 A、B、C 三種等級，且分級比率矩陣為

$$\tilde{G} = \begin{matrix} & \begin{matrix} A & B & C \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \left[ \begin{array}{ccc} 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.8 & 0.15 & 0.05 \\ 0.9 & 0.08 & 0.02 \\ 0.95 & 0.05 & 0 \end{array} \right] \end{matrix}$$

故可求得最終各個等級面板的期望產出個數：

$$\tilde{L}^* = \tilde{L}\tilde{G} = [2, 8, 18, 32] \begin{bmatrix} 0.7 & 0.2 & 0.1 \\ 0.8 & 0.15 & 0.05 \\ 0.9 & 0.08 & 0.02 \\ 0.95 & 0.05 & 0 \end{bmatrix} = [54.4, 4.64, 0.96]$$

所以經由此模組運算後，可知最終產品中，A 等級的面板期望產出為 54.4 個，B 等級的面板期望產出為 4.64 個，C 等級的面板期望產出為 0.96 個。

### 3.6 Evaluator 的子模組四：績效評估模組分析

#### 3.6.1 模組內容簡述

本研究的目的是在於求出針對不同產品，求出使產品的總利潤 (Total Profit) 最佳化的檢測站重工決策組合，產品的總利潤相當於產品總收益 (Total Revenue) 減去產品所需的總生產成本 (Total Cost)，其中總生產成本包含總固定成本 (Total Fixed Cost) 以及總變動成本 (Total Variable Cost)，可以下列式子表示產品總利潤：
$$\text{Total Profit} = \text{Total Revenue} - \text{Total Variable Cost} - \text{Total Fixed Cost}$$

由於固定成本為人工成本、機台折舊等項目，是不受生產基板片數所影響的，所以檢測站的重工決策組合不同，並不會影響到總固定成本的改變，所以可將其視為一常數項，亦即要求得產品總利潤最大化，只須考量 (Total Revenue - Total Variable Cost) 最大化即可，這也是本研究所設定的目標函式。

本模組利用 Array/CF 製程運算模組以及 Cell 製程運算模組運算中的一些數據資料，求得產品的生產總成本；利用面板分級運算模組所求得的最終各等級面板的期望產出個數，求得產品的總收益；如此即可求得在某一檢測站重工決策組合下的產品總利潤，圖 3.8 描述目標函式模組的 Input 及 Output 資訊。

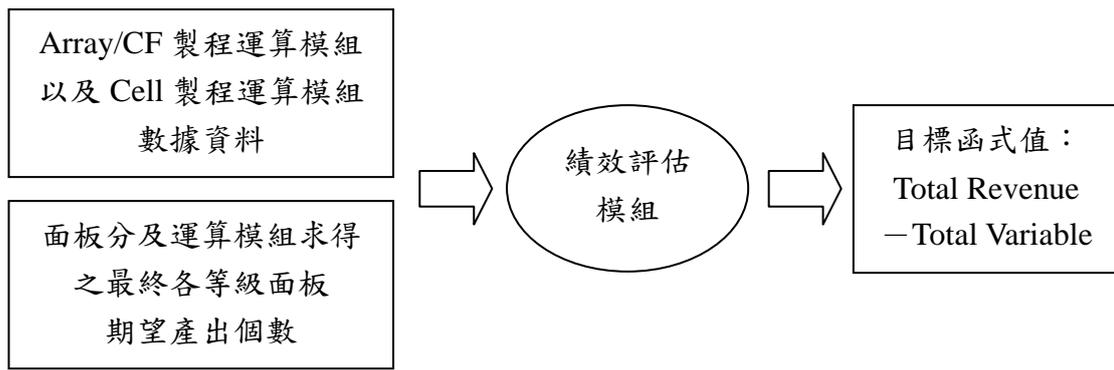


圖 3.8 績效評估模組

### 3.6.2 運算模組分析

#### A. 定義參數及變數

$C_a$ ：一片 TFT 基板的裸基板成本，意即 Array 製程投入一片基板的投料成本。

$C_f$ ：一片 CF 基板的裸基板成本，意即 CF 製程投入一片基板的投料成本。

$C_m^1$ ：Array 製程中，第  $m$  個 stage 加工每片 TFT 基板所需的製造成本。

$C_k^2$ ：CF 製程中，第  $k$  個 stage 加工每片 CF 基板所需的製造成本。

$C_l$ ：Cell 製程中，組立一個 TFT 基板與一個 CF 基板成為 TFT-LCD 基板所需的製造成本。

$C_r$ ：每一片基板進行重工所需之成本。

$P_w$ ：品質等級為  $w$  的面板市場售價， $w \in W$ 。

## B. 運算說明

產品的總收益來源為最終面板各等級的產出數量乘以各等級面板的市場售價，以下列式子表示：

$$\text{總收益} = \sum_{w \in W} P_w \times l_w$$

產品的總變動成本，主要為 Array 及 CF 製程的投料成本，以及每個 stage 的加工成本，以及 Cell 製程組立作業的成本總合而成，以下列式子表示：

$$\text{Array 製程及 CF 製程的投料成本總和} = C_a \times Ea_0 + C_f \times Ef_0$$

$$\text{Array 製程的總加工成本} = \sum_{v=0}^V \sum_{m=0}^{M_1} T(A_{v,m}) \times C_{m+1}^1$$

$$\text{CF 製程的總加工成本} = \sum_{v=0}^V \sum_{m=0}^{M_1} T(F_{v,m}) \times C_{k+1}^2$$

$$\text{Cell 製程的總加工成本} = \text{Min}[T(A_{final}), T(F_{final})] \times Cl$$

$$\text{基板磨平作業總成本} = \sum_{v=0}^V (a_{v,M_1}^0 + f_{v,M_2}^0) \times Cr$$

綜合以上，可求得本研究的目標函式＝

$$\sum_{w \in W} P_w \times l_w - C_a \times Ea_0 + C_f \times Ef_0 - \sum_{v=0}^V \sum_{m=0}^{M_1} T(A_{v,m}) \times C_{m+1}^1 - \sum_{v=0}^V \sum_{m=0}^{M_1} T(F_{v,m}) \times C_{k+1}^2 - \text{Min}[T(A_{final}), T(F_{final})] \times Cl - \sum_{v=0}^V (a_{v,M_1}^0 + f_{v,M_2}^0) \times Cr$$

### 3.7 最佳重工決策搜尋模組

經由上述的運算模組的運算，可求得某一產品在一檢測站重工決策組合下的目標函式值，但若要找出使產品目標函式值最大的檢測站重工決策組合，則必須考量所有可能情形並加以比較，所以以下將先分析本研究問題的求解空間。

基本上若每個基板可包含  $N$  個面板時，一個檢測站的重工決策的門檻值 ( $h$  值) 訂定就有  $N$  種選擇 (1.2.3.... $N$ )，但對於每個檢測站  $h$  值的訂定，還須滿足一條件，那就是一檢測站的  $h$  值必須大於或等於其後檢測站的  $h$  值，因為若今假設某一檢測站的  $h$  值是 2，下一檢測站的  $h$  值是 5，那麼在前一站包含 3 片良好面板的基板會通過，可是該基板到下一站又一定會被重工，既然如此，為了省加工成本，應該當站就重工，所以考量各檢測站的重工決策組合時，必須加入此條件。

由於一檢測站的  $h$  值必須大於或等於其後檢測站的  $h$  值，所以其實可將此問題視為排列組合問題中的重複組合問題，重複組合問題的定義為：從  $n$  種不同物件中，取  $m$  個為一組，每種物件可以重複選取 2 次、3 次、...、至  $m$  次時，稱為  $n$  中取  $m$  的重複組合問題，其組合數公式為  $H_m^n = C_m^{n+m-1}$ ，以下先簡單的舉例描述此公式的由來。

若要從 1、2，2 個數字(即  $n=2$ )中，一次取 4 個可重複數字(即  $m=4$ )，則此問題相當為排列 aaaab 五個字母，4 個 a 視為抽取的數目總數，b 用來區隔數字，b 的左邊為 1 抽取到的次數，b 的右邊為 2 抽取到的次數，若排列出來為 abaaa，表示抽到的數目組合包含 1 個 1、3 個 2，意即(1,2,2,2)；若排列出來為 aabaa，則表示抽到的數目組合包含 2 個 1、2 個 2，意即(1,1,2,2)；以此類推，所以欲求得此重複組合問題可能組合總數，便可由求出 aaaab 五個字母的排列組合情況總

數得知，即為  $\frac{5!}{4 \times 1!}$ ，相當於  $C_4^5$ ，也相當於  $C_4^{2+4-1}$ ，所以我們可以推得重複組合

問題的公式  $H_m^n = C_m^{n+m-1}$ ；接者便舉例說明本研究的問題為何符合重複組合問題。

今假定有  $M$  個檢測站，且依順序為  $1、2、\dots、M$ ， $h_i$  為其門檻值， $1 \leq i \leq M$ ，可得知其門檻值限制為  $N \geq h_1 \geq h_2 \geq \dots \geq h_M \geq 1$ ，而此問題即可視為從  $1$  到  $N$  中取  $M$  個可重複的數字，且不限制重複次數，而取出來的數字組合，會與一組合理解唯一對應，例如：若  $N=4$ ， $M=3$ ，門檻值組合為  $(h_1, h_2, h_3)$ ，若抽取的數字組合為  $1、2、4$ ，則與一組合理解  $(4,2,1)$  唯一對應；若抽取的數字組合為  $2、4、2$ ，則與一組合理解  $(4,2,2)$  唯一對應；以此類推，可得知此問題即為排列組合中的重複組合問題，所以本問題的合理解空間便可利用重複組合的公式求得  $= H_M^N = C_M^{N+M-1}$ 。

所以當 Array 製程有  $M_1$  個檢測站時，其可能決策組合就有  $H_{M_1}^N = C_{M_1}^{N+M_1-1}$  個；當 CF 製程有  $M_2$  個檢測站時，其可能決策組合就有  $H_{M_2}^N = C_{M_2}^{N+M_2-1}$  個，所以本研究的求解空間數為  $H_{M_1}^N \times H_{M_2}^N = C_{M_1}^{N+M_1-1} \times C_{M_2}^{N+M_2-1}$ ，可發現求解空間會隨著  $N、M_1、M_2$  的增加而遞增，為避免求解空間過大時，造成求解速度的緩慢，所以本研究採用基因演算法求解，以加速求解速度。

## 第四章 建構基因演算法之重工決策搜尋模組

### 4.1 模組建構基本概念

利用全數搜尋法，雖然可找到使產品利潤最大化的最佳檢測站重工決策組合，但隨著問題的擴大，求解時間相對的會花費相當長的時間，所以本研究擬以基因演算法[18]建構一個重工決策搜尋模組，從數個檢測站重工決策組合中，選取一組經由演算法運算過後所求得的近似最佳解，以加速求解時間。

### 4.2 模組建構說明

#### 4.2.1 參數編碼(representation)

使用基因演算法必須先將所求解的參數編成碼，以染色體的基因來表示，染色體的基因可為二元(binary)、整數(integer)、實數或是混合整數與實數。在本研究中，染色體的基因即為各檢測站所能選取的重工決策門檻值( $h$  值， $1 \leq h \leq N$ )，也就是採用整數形式的編碼，而染色體的長度為所有檢測站的個數。舉例說明編碼方式，假定 Array 製程有 2 個檢測站(以 A1、A2 表示)，CF 製程有 5 個檢測站(以 F1~F5 表示)，則染色體的編碼如圖 4.1：

A1的 $h$ 值	A2的 $h$ 值	F1的 $h$ 值	F2的 $h$ 值	F3的 $h$ 值	F4的 $h$ 值	F5的 $h$ 值
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

圖 4.1 染色體編碼釋例

由於必須滿足一檢測站的  $h$  值必須大於或等於其後檢測站的  $h$  值這個條件，所以就 Array 製程而言，A1 的  $h$  值須大於等於 A2 的  $h$  值，CF 製程以此類推。

所以染色體上基因的編碼皆必須滿足此條件，才視為一合理之染色體。

若 A1 所設定的  $h$  值為 8、A2 所設定的  $h$  值為 7、F1 所設定的  $h$  值為 6、F2 所設定的  $h$  值為 5、F3 所設定的  $h$  值為 4、F4 所設定的  $h$  值為 3、F4 所設定的  $h$  值為 2，則染色體的表示如下：

8	7	6	5	4	3	2
---	---	---	---	---	---	---

圖 4.2 舉例說明染色體編碼

#### 4.2.2 初始化母體(initialization)

本研究採用隨機方式產生一初始母體，母體大小設定為 100 個染色體，每個染色體的編碼方式如 4.2.1 的說明方式。

#### 4.2.3 適應函數(fitness function)

每個染色體可經由適應函數計算出一個適應值，以適應值的優劣來判斷染色體的好壞，所以本研究將適應函數設定為產品的總利潤，使適應函數越大的染色體，即為較佳的檢測站重工決策組合。

#### 4.2.4 複製(reproduction)

利用取出放回的隨機抽樣，從母體中一次選取兩個染色體，比較其對應適應函數值的優劣，較佳者即複製一染色體至交配池中，以進行下一步驟的交配及突變[19]，進行完比較後的兩個染色體，再放回母體中，重複上述取出放回的隨機抽樣動作。由於本研究所設定的母體大小為 100，所以在複製階段，必須重複進行 100 次的取出放回隨機抽樣，產生 100 組經由比較過後的較佳染色體，複製並

放置交配池中。

#### 4.2.5 交配(crossover)

利用取出放回的隨機抽樣，從交配池中選取兩個染色體進行交配動作，交配完的染色體再放回交配池中，重複上述的隨機抽樣動作，經交配完的新染色體組合即為子代的染色體，之後再進行突變動作。而本研究所採取的交配方式為單點交配，亦即隨機選取一交配點，兩個染色體在交配點之後的基因皆對調，圖 4.3 舉例說明，染色體 A 與染色體 B 進行交配，若隨機選取的交配點第 4 個基因，假定交配後的染色體為 A' 及 B'，則交配過程若如下：

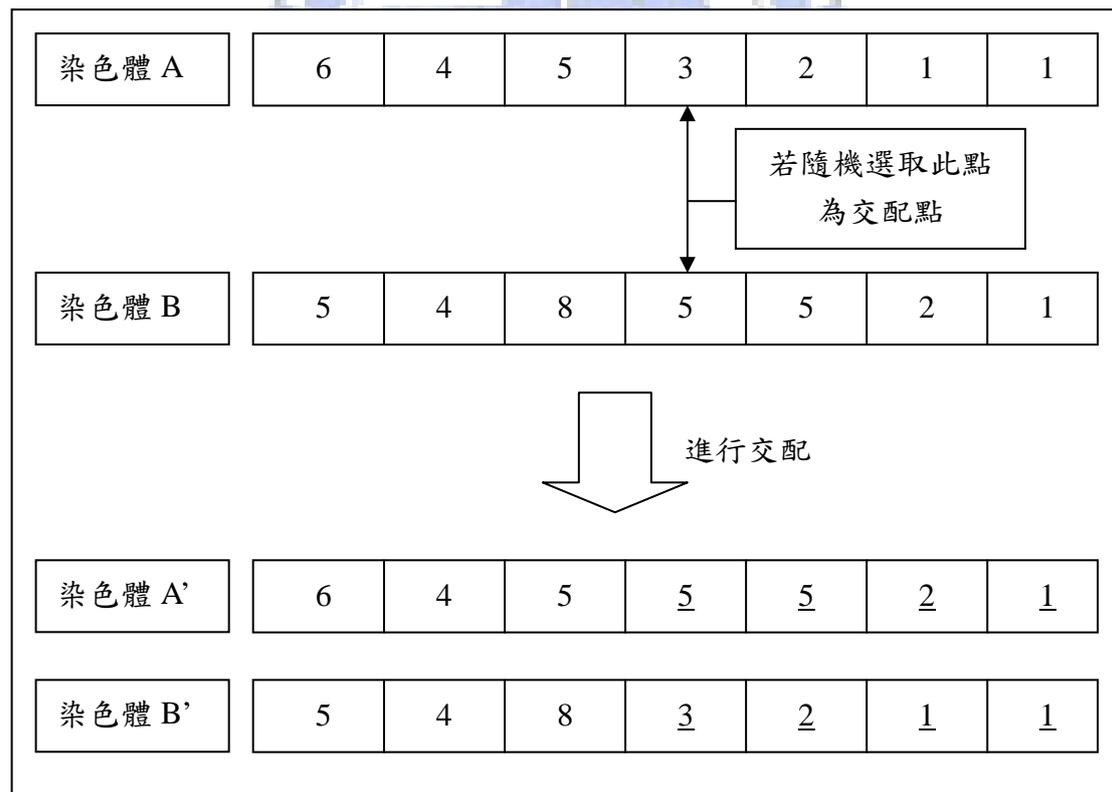


圖 4.3 舉例說明單點交配

交配並不是每次皆會成功，需依據交配率的設定來決定期望成功次數，交配次數乘以交配率，才是成功交配的期望次數，舉例說明，今欲交配 100 次，若交

配率設定為 0.7，則成功交配的期望次數為  $100 \times 0.7 = 70$  次。通常交配率的設定大致在 0.5~1.0 之間，本研究設定為 0.7。若染色體經由交配後，產生不合理之染色體，則視為交配不成功。

#### 4.2.6 突變(mutation)

突變過程為隨機抽取子代中任一染色體，並且隨機選取其中一基因作為突變點，針對該基因進行突變，將該基因原本的值隨機轉變為其他值，圖 4.4 舉例說明，假定基因的編碼只有 1、2、3 三種可能情形，若染色體 C 進行突變，隨機選取的突變點為第 4 個基因，突變後的染色體 C'，則突變過程如下：

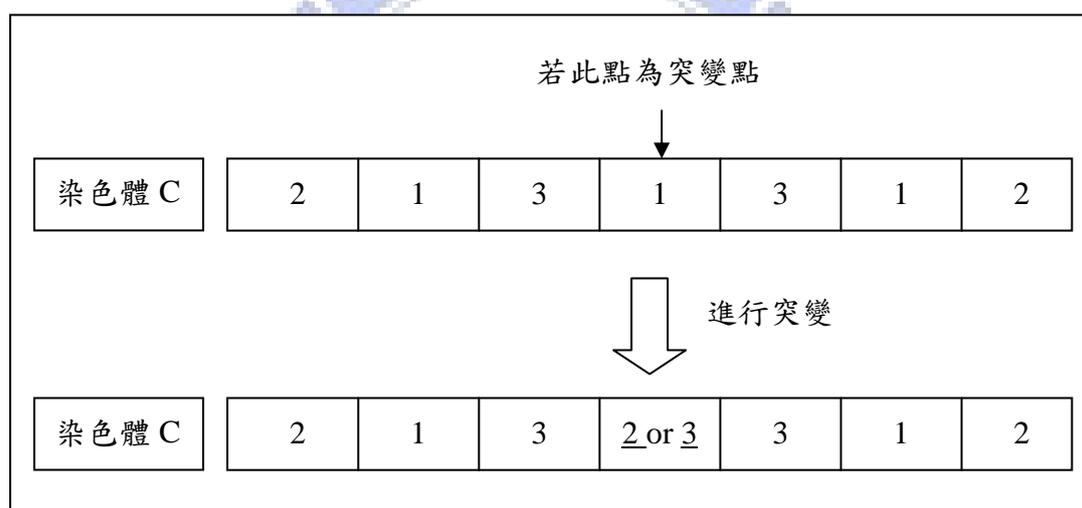


圖 4.4 舉例說明突變過程

突變的過程受突變率的設定所控制，突變的基因期望個數為子代中所有的基因總數乘以突變率，舉例說明，假定子代有 100 個染色體，每個染色體有 6 個基因，突變率為 0.1，則突變的基因期望個數為  $100 \times 6 \times 0.1 = 60$  個，也就是將有 60 個基因會發生突變。若染色體經由突變後，產生不合理之染色體，則視為突變不成功。

#### 4.2.7 終止條件

母代經由複製、交配、突變的過程後，稱為完成一個世代(generation)，而最後一個突變步驟完成所產生的新子代，即為下一個世代開始的母代，在進行複製、交配、突變的動作。每一個世代適應函數值最佳的染色體(本研究中為檢測站重工決策組合)，為該世代的最佳解，通常會設定一終止條件，以決定基因演算法的停止時點，終止條件的設定並沒有固定的規則，可依據問題特性，自行訂定合理的終止條件，而最常見的終止條件為：若某一世代的最佳解所對應的適應函數值，在連續數個世代皆無法產生比該世代更佳的最佳適應函數值，也就是接下來的數個世代皆無法繼續改進(一般稱為收斂)，則運算停止。

#### 4.2.8 種子(seed)

完成上述所有過程，產生一組經由數個世代運算收斂而得的一最佳解後，即完成一個 seed 的運算，也就是一次基因演算法的運算，但由於基因演算法未必能求得整體最佳解，所以必須利用多次 seed 的運算，比較各個 seed 運算所求得的最佳解，取出一最佳者，才是整個演算流程的最終解。

#### 4.2.9 控制參數設定

在整個演算流程中，許多過程都會受到控制參數的設定影響，控制參數的設定也是影響運算收斂速度的一項因素，而經由本研究試誤的結果，最終設定控制參數如下：

- ◆ 母代大小：100
- ◆ 交配率：0.7

- ◆ 突變率：0.1
- ◆ 終止條件：若一世代的最佳解，連續 300 個世代未被改進，即終止運算。
- ◆ Seed 數：30

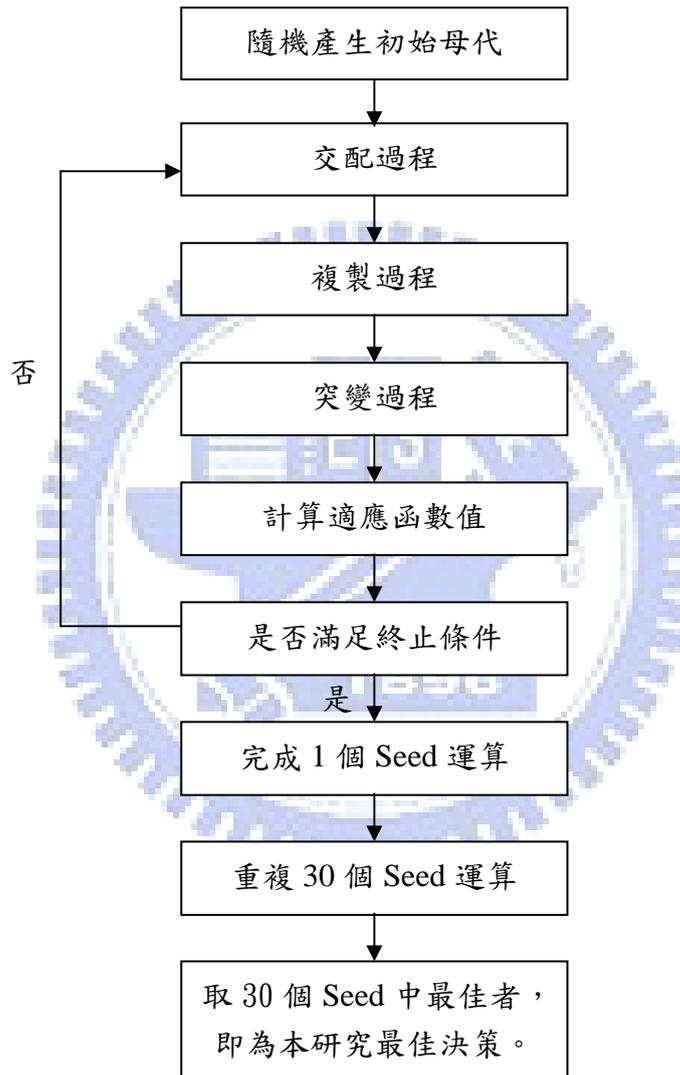


圖 4.5 本研究基因演算法流程

## 第五章 實例驗證

### 5.1 實例驗證說明

本研究將利用模擬一 TFT-LCD 廠的生產環境，來驗證本研究所提出的方法是否可行，並與無採用重工決策以及目前工業界大多數直覺性思考所訂定的 1/2 重工決策(包含良好面板個數大於總數一半以上的基板，即可投至下一 stage 繼續進行加工)進行比較，驗證本研究是否可確實提升 TFT-LCD 廠產品的獲利。同時也將比較本研究所採用的基因演算法與採用全數搜尋法，兩者運算後所求得的最佳解之目標函式值以及求解時間之比較。最後並針對製程良率高低，探討重工決策的貢獻度影響。在此章節中，將依據基板上包含面板個數的不同，分別考量三種不同的產品案例，針對每個產品，求得使產品的獲利最佳化的檢測站重工決策組合。

### 5.2 環境設定

本研究所模擬的 TFT-LCD 廠的一些環境假設以及參數設定敘述如下：

(1) Array 製程及 CF 製程中，製程總良率(各個 stage 的平均製程良率總乘積)皆為 0.8，同個製程中，設定各 stage 的平均製程良率皆相同，則將 Array 製程的檢測站數目設定為 2 個(2 個 stage)，所以每個 stage 的平均製程良率分別為 0.895；CF 製程的檢測站數目為 5 個，所以每個 stage 的平均製程良率分別為 0.956。

(2) Array 及 CF 製程的瓶頸機台皆位於 stage 2，且產能上限皆設定為 10000 片基板。

(3) 面板最終可依品質好壞分為 Z(zero)、P(perfect)、N(normal)、V、S 五種等級，其中只有 Z、P、N 等級的面板可出售，市場售價依品質高低而有所差異。

(4) 基因演算法所使用的參數設定為：母代大小(100)、交配率(0.7)、突變率(0.1)、終止條件(若一世代的最佳解，連續 300 個世代未被改進，即終止運算。)、seed 數(30)。

(5) 重工次數上限為 2 次，磨平作業良率為 0.8。

(6) 其餘參數如投料成本、加工成本、磨平作業成本、市場售價、面板分級比率等參數，依據產品不同而有所不同，將在之後各個案例分析中加以說明。

(7) 利用 Microsoft Visual C++ 6.0 為運算工具，計算設備如下：CPU 為 AMD Athlon(TM) XP 3000+2.17GHz，記憶體為 512MB。

### 5.3 案例分析

#### 5.3.1 案例一

案例一針對大尺寸的面板作驗證分析，由於面板尺寸大的關係，所以基板上包含面板的個數較少，參數設定如下：

(1) 一個基板可切割成 6 個面板。

(2) Array 及 CF 製程的裸基板成本皆為 15,000 元。

(3) 每個基板經過 Array 製程 2 個 stage 的單位加工成本分別為 2,000、3,000 元；經過 CF 製程 5 個 Stage 的單位加工成本分別為 2,000、2,500、1,500、2,000、

3,000 元；每個基板進行在 Cell 製程進行組立作業時，單位組立成本為 5,000 元；單位磨平作業成本為 4,000 元。

(4) 此產品最終面板等級為 Z、P、N 時，其市場售價分別為 22,000、20,000、18,000 元。

(5) 此產品的面板分級矩陣為：

$$G = \begin{matrix} & \begin{matrix} Z & P & N & V & S \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.82 & 0.07 & 0.05 & 0.03 & 0.03 \\ 0.85 & 0.07 & 0.05 & 0.03 & 0 \\ 0.87 & 0.07 & 0.05 & 0.01 & 0 \\ 0.9 & 0.05 & 0.03 & 0.02 & 0 \\ 0.9 & 0.05 & 0.05 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

經由本研究所提出的方法運算後，可得各檢測站的最佳重工決策、起始投料量以及最終面板期望產出情形如表 5.1、表 5.2。

表 5.1 案例一的最佳檢測站重工決策組合

	Array	Array	CF	CF	CF	CF	CF
	檢測站 1	檢測站 2	檢測站 1	檢測站 2	檢測站 3	檢測站 4	檢測站 5
最佳重工 決策門檻值	5	4	6	5	4	4	3

表 5.2 案例一的起始投料量以及最終面板期望產出情形

起始投料量 (Array, CF)	等級 Z 的面板 期望個數	等級 P 的面板 期望個數	等級 N 的面板 期望個數	目標函式值= 總收益-總變動成本
(9,928, 10,340)	37,062	2,491	1,467	351,466,288

### 5.3.2 案例二

案例二針對中尺寸的面板作驗證分析，參數設定如下：

(1) 一個基板可切割成 10 個面板。

(2) Array 及 CF 製程的裸基板成本皆為 20,000 元。

(3) 每個基板經過 Array 製程 2 個 stage 的單位加工成本分別為 3,000、4,000 元；經過 CF 製程 5 個 stage 的單位加工成本分別為 3,000、3,500、2,500、3,000、4,000 元；每個基板進行在 Cell 製程進行組立作業時，單位組立成本為 6,000 元；單位磨平作業成本為 5,000 元。

(4) 此產品最終面板等級為 Z、P、N 時，其市場售價分別為 15,000、13,000、11,000 元。

(5) 此產品的面板分級矩陣為：

$$G = \begin{matrix} & \begin{matrix} Z & P & N & V & S \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.65 & 0.1 & 0.08 & 0.1 & 0.07 \\ 0.7 & 0.08 & 0.08 & 0.08 & 0.06 \\ 0.75 & 0.08 & 0.07 & 0.05 & 0.05 \\ 0.8 & 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.82 & 0.07 & 0.05 & 0.03 & 0.03 \\ 0.85 & 0.07 & 0.05 & 0.03 & 0 \\ 0.87 & 0.07 & 0.05 & 0.01 & 0 \\ 0.9 & 0.05 & 0.03 & 0.02 & 0 \\ 0.9 & 0.05 & 0.05 & 0 & 0 \\ 0.9 & 0.1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

經由本研究所提出的方法運算後，可得各檢測站的最佳重工決策、起始投料量以及最終面板期望產出情形如表 5.3、表 5.4。

表 5.3 案例二的最佳檢測站重工決策組合

	Array	Array	CF	CF	CF	CF	CF
	檢測站 1	檢測站 2	檢測站 1	檢測站 2	檢測站 3	檢測站 4	檢測站 5
最佳重工 決策門檻值	8	6	9	7	6	6	5

表 5.4 案例二的起始投料量以及最終面板期望產出情形

起始投料量 (Array, CF)	等級 Z 的面板 期望個數	等級 P 的面板 期望個數	等級 N 的面板 期望個數	目標函式值= 總收益-總變動成本
(10,060, 10,056)	57,251	4,178	2,929	240,335,878

### 5.3.2 案例三

案例二針對小尺寸的面板作驗證分析，參數設定如下：

(1) 一個基板可切割成 15 個面板。

(2) Array 及 CF 製程的裸基板成本皆為 25,000 元

(3) 每個基板經過 Array 製程 2 個 stage 的單位加工成本分別為 5,000、6,000 元；經過 CF 製程 5 個 stage 的單位加工成本分別為 5,000、5,500、4,500、5,000、6,000 元；每個基板進行在 Cell 製程進行組立作業時，單位組立成本為 8,000 元；單位磨平作業成本為 6,000 元。

(4) 此產品最終面板等級為 Z、P、N 時，其市場售價分別為 13,000、11,000、9,000 元。

(5) 此產品的面板分級矩陣為：

$$G = \begin{matrix} & \begin{matrix} Z & P & N & V & S \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \\ 7 \\ 8 \\ 9 \\ 10 \\ 11 \\ 12 \\ 13 \\ 14 \\ 15 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0.6 & 0.1 & 0.08 & 0.12 & 0.1 \\ 0.65 & 0.1 & 0.08 & 0.1 & 0.07 \\ 0.7 & 0.08 & 0.08 & 0.08 & 0.06 \\ 0.75 & 0.08 & 0.07 & 0.05 & 0.05 \\ 0.8 & 0.05 & 0.05 & 0.05 & 0.05 \\ 0.82 & 0.07 & 0.05 & 0.03 & 0.03 \\ 0.85 & 0.07 & 0.05 & 0.03 & 0 \\ 0.87 & 0.07 & 0.05 & 0.01 & 0 \\ 0.88 & 0.05 & 0.05 & 0.02 & 0 \\ 0.9 & 0.04 & 0.04 & 0.02 & 0 \\ 0.91 & 0.05 & 0.04 & 0 & 0 \\ 0.93 & 0.05 & 0.02 & 0 & 0 \\ 0.95 & 0.05 & 0 & 0 & 0 \\ 0.98 & 0.02 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

經由本研究所提出的方法運算後，可得各檢測站的最佳重工決策、起始投料量以及最終面板期望產出情形如表 5.5、表 5.6。

表 5.5 案例三的最佳檢測站重工決策組合

	Array	Array	CF	CF	CF	CF	CF
	檢測站 1	檢測站 2	檢測站 1	檢測站 2	檢測站 3	檢測站 4	檢測站 5
最佳重工 決策門檻值	12	9	13	10	10	9	6

表 5.6 案例三的起始投料量以及最終面板期望產出情形

起始投料量 (Array, CF)	等級 Z 的面板 期望個數	等級 P 的面板 期望個數	等級 N 的面板 期望個數	目標函式值= 總收益-總變動成本
(10,079, 9,996)	87,769	4,919	3,671	266,128,646

## 5.4 綜合比較

在此小節中，將上述三個案例利用本研究所提出的基因演算法所求出的結果，與無採用重工決策以及工業界常用的 1/2 的重工決策進行績效的比較；接著再比較採用全數搜尋法所得的結果與兩者所需的求解時間。

### 5.4.1 無重工決策以及業界做法與本研究所提方法之比較

#### A. 案例一

此案例的每片基板中所包含的面板數為 6 片，所以若採用 1/2 重工決策，即為經由一 stage 加工後，若一基板包含 3 個以上的好面板，則該基板可投入下一 stage 繼續加工。比較結果如表 5.7：

表 5.7 案例一之無重工決策以及業界做法與本研究所提方法比較

	Z(片)	P(片)	N(片)	目標函數值(元)
(1)無重工決策	34,200	2,317	1,452	\$314,915,442
(2) 1/2 重工決策( $h=3$ )	34,336	2,319	1,452	\$321,556,164
(3) 本研究所求得之最佳重工決策	37,062	2,491	1,467	\$351,466,288
(4) 本研究改善無重工決策的比率 $=((3)-(1))/(1)$	8.37%	7.51%	1.03%	11.61%
(5)本研究改善 1/2 重工決策的比率 $=((3)-(2))/(2)$	7.94%	7.42%	1.03%	9.30%

#### B. 案例二

此案例的每片基板中所包含的面板數為 10 片，所以若採用 1/2 重工決策，即為經由一 stage 加工後，若一基板包含 5 個以上的好面板，則該基板可投入下一 Stage 繼續加工。比較結果如表 5.8：

表 5.8 案例二之無重工決策以及業界做法與本研究所提方法比較

	Z(片)	P(片)	N(片)	目標函數值(元)
(1)無重工決策	55,225	4,080	2,897	\$223,299,419
(2) 1/2 重工決策( $h=5$ )	55,266	4,080	2,891	\$225,701,499
(3) 本研究所求得之最佳重工決策	57,251	4,178	2,929	\$240,335,878
(4) 本研究改善無重工決策的比率 = $((3)-(1))/(1)$	3.67%	2.40%	1.10%	7.63%
(5)本研究改善 1/2 重工決策的比率 = $((3)-(2))/(2)$	3.59%	2.40%	1.31%	6.48%

### C. 案例三

此案例的每片基板中所包含的面板數為 15 片，所以若採用 1/2 重工決策，即為經由一 stage 加工後，若一基板包含 8 個以上的好面板，則該基板可投入下一 Stage 繼續加工。比較結果如表 5.9：

表 5.9 案例三之無重工決策以及業界做法與本研究所提方法比較

	Z(片)	P(片)	N(片)	目標函數值(元)
(1)無重工決策	86,071	4,922	3,698	\$256,348,671
(2) 1/2 重工決策( $h=8$ )	86,049	4,911	3,689	\$257,472,097
(3) 本研究所求得之最佳重工決策	87,769	4,919	3,671	\$266,128,646
(4) 本研究改善無重工決策的比率 = $((3)-(1))/(1)$	1.97%	-0.06%	-0.73%	3.82%
(5)本研究改善 1/2 重工決策的比率 = $((3)-(2))/(2)$	2.00%	0.16%	-0.49%	3.36%

### D. 結論

經由以上分析比較，可發現本研究所提出的最佳重工決策方法，與無採用重工決策以及目前大部分工業界所採用的 1/2 重工決策比較，無論在各等級面板的期望產出，以及目標函式值的比較，皆有相當明顯的改善，證明本研究以系統觀

的角度所求得的最佳重工決策，相較於以往採直覺性思考所訂定的重工決策，本研究確實有其價值性。

#### 5.4.2 基因演算法與全數搜尋法之比較

由於基因演算法所求得的最佳重工決策組合，可能未必為整體最佳解，但可節省大量的運算時間，所以此小節將比較採用基因演算法與採用全數搜尋法所得的一些數據以及求解時間，結果如表 5.10、5.11、5.12 所示：

表 5.10 案例一之基因演算法與全數搜尋法比較

	檢測站最佳重工決策組合	Z(片)	P(片)	N(片)	目標函數值(元)	求解時間(sec)
(1)基因演算法	(5,4,6,5,4,4,3)	37,062	2,491	1,467	351,466,288	43
(2)全數搜尋法	(5,4,6,5,4,4,3)	37,062	2,491	1,467	351,466,288	209
(3) 兩者差異=(2)-(1)	-	0	0	0	0	166
(4)相差比率=(3)/(1)	-	0%	0%	0%	0%	-
(5)節省時間比率=(3)/(2)	-	-	-	-	-	79.43%

表 5.11 案例二之基因演算法與全數搜尋法比較

	檢測站最佳重工決策組合	Z(片)	P(片)	N(片)	目標函數值(元)	求解時間(sec)
(1)基因演算法	(8,6,9,7,6,6,5)	57,251	4,178	2,929	240,335,878	243
(2)全數搜尋法	(8,6,9,7,6,6,5)	57,251	4,178	2,929	240,335,878	1994
(3) 兩者差異=(2)-(1)	-	0	0	0	0	1751
(4)相差比率=(3)/(1)	-	0%	0%	0%	0%	-
(5)節省時間比率=(3)/(2)	-	-	-	-	-	87.81%

表 5.12 案例三之基因演算法與全數搜尋法比較

	檢測站最佳重工 決策組合	Z(片)	P(片)	N(片)	目標函數值 (元)	求解時間 (sec)
(1)基因演算法	(12,9,13,10,10,9,6)	87,769	4,919	3,617	266,128,646	617
(2)全數搜尋法	(12,9,13,10,10,9,7)	87,774	4,920	3,617	266,226,249	33173
(3) 兩者差異=(2)-(1)	-	5	1	0	97,603	32,556
(4)相差比率=(3)/(1)	-	0.01%	0.02%	0%	0.04%	-
(5)節省時間比率=(3)/(2)	-	-	-	-	-	98.14%

由以上結果可發現，本研究所建構的基因演算法重工決策模式，與採用全數搜尋法所得的結果，無論在面板期望產出或是目標函式值方面，兩者皆相當接近甚至完全相等，而在求解時間方面，更可節省大量的運算時間，尤其當求解空間越大時，越能加速運算效率。

### 5.4.3 製程良率高低之影響比較

此小節將探討 Array 及 CF 製程總良率的高低對於本研究所改善績效的影響，而所謂的製程總良率，即為製程中各個 stage 的平均製程良率總乘積，此小節便是給定幾組 Array 及 CF 製程總良率，推得各 stage 的平均製程良率，再利用案例二一些成本參數資料為例，探討本研究改善程度的分析比較(為了避免良率過低導致利潤為負的情形造成比較的不便，此處將案例二的各等級面板市場售價皆提高為原先的 2 倍)，比較結果如表 5.13：

表 5.13 製程良率高低之影響比較

TFT/CF 基板 良率	Array 每站 良率	CF 每站 良率	本研究 最佳決策	本研究 最佳利潤	1/2 重工決策 所得利潤	無重工決策 所得利潤	本研究改善 1/2 重工決策 的比率 = $((1)-(2))/(2)$	本研究改善 無重工決策 的比率 = $((1)-(3))/(3)$
0.95	0.975	0.99	(10,6,10,7,5,5,2)	\$2,020,924,446	\$1,966,555,263	\$1,966,552,886	2.76%	2.76%
0.9	0.95	0.98	(10,5,10,5,5,4,4)	\$1,763,256,245	\$1,689,286,902	\$1,689,194,566	4.38%	4.38%
0.8	0.895	0.956	(9,5,10,6,5,5,4)	\$1,225,854,953	\$1,139,531,551	\$1,136,598,809	7.58%	7.85%
0.7	0.837	0.931	(8,5,9,5,5,5,4)	\$749,816,160	\$682,892,067	\$668,573,795	9.80%	12.15%
0.6	0.775	0.903	(8,5,9,5,5,5,4)	\$343,881,439	\$308,877,708	\$277,729,393	11.33%	23.82%

由此結果可得知，當 Array 及 CF 製程總良率(TFT/CF 基板良率)越低時，本研究所提的方法改善其他兩者的比率越高，特別是針對無重工決策而言，當製程總良率越低時，本研究所求得的最佳重工決策改善程度遞增的更為明顯，這也說明了，當製程的總良率不高時，一個良好的重工決策便顯得相當的重要，因為良率越低，如不採用一良好的重工決策，將會導致 TFT 及 CF 基板良率分佈過於分散，在進行組立作業時，容易有高良率配上低良率的情形發生，導致最終組立後配對良率過低，也影響到最後各等級面板的產出數量。

## 第六章 結論與未來研究方向

### 6.1 研究所得結論

有鑑於過去研究的不足，以及目前工業界多採用直覺性的思考來訂定各檢測站的重工決策，並未考量到整體績效，且並非站在整個生產系統的觀點來訂定，所以本研究建構一數學模式，考量範圍包含整個 TFT-LCD 廠生產流程中 Array 製程、CF 製程及 Cell 製程的特性，以產品的獲利(profit)最大化為目標，針對不同的產品，訂定個別產品在 Array 製程及 CF 製程階段中，各檢測站的最佳重工決策。

經由驗證過後，可發現本研究利用基因演算法所求得的檢測站最佳重工決策，不僅求解速度快，而且所求得的面板期望產出以及目標函數值等數據，皆相當接近甚至同等於考量所有檢測站重工決策組合情形的全數搜尋法，並在產品獲利程度上，也可明顯的改善目前工業界採用直覺性思考所得結果；且當製程總良率越低時，本研究的貢獻程度更大，所以當新製程導入而導致製程良率偏低時，本研究能更顯其價值。

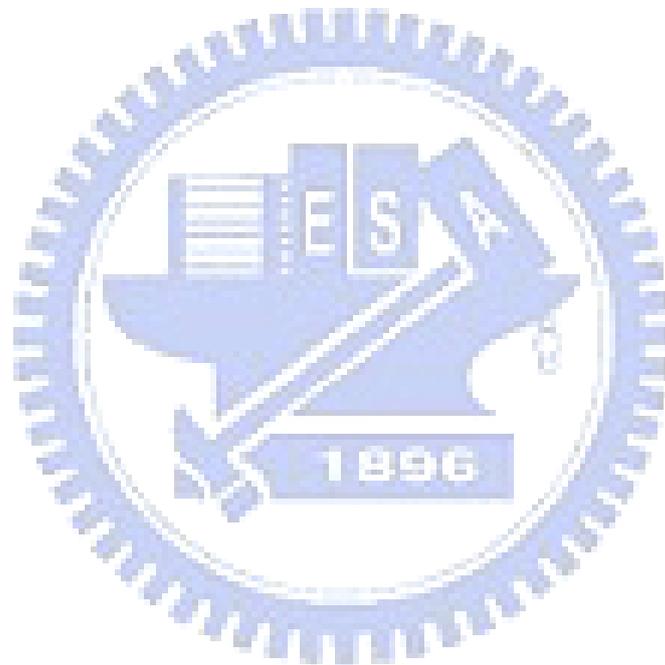
### 6.2 未來研究方向

未來研究方向可整理為以下數項：

(1) 本研究假設在 Cell 製程進行組立作業，是隨機自 Array 製程階段的最終產出中取一片 TFT 基板，同時也隨機自 CF 製程階段的最終產出中取一片 CF 基板進行組立作業，並無事先將 Array 製程與 CF 製程的基板最終產出進行排序或是篩選配對的過程，未來可針對此點進行事前的基板篩選或排序，使組立後的基

板配對良率更高。

(2) 未來可加入更多生產條件，如綁機等特性，使生產系統更真實化。



## 參考文獻

- [1] B. Jeong, S. W. Kim, and Y. J. Lee, "An assembly scheduler for TFT LCD manufacturing," *Computers & Industrial Engineering*, 41(1), 37-58, 2004.
- [2] H. J. Shin, and V. J. Leon, "Scheduling with product family set-up time: an application in TFT LCD manufacturing," *International Journal of Production Research*, 42(20), 4235-4248, 2004.
- [3] H. Toba, "A tight flow control for job-shop fabrication lines with finite buffer," *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2(1), 78-83, 2005.
- [4] T. Toshihisa, "TFT/LCD: liquid-crystal displays addressed by thin-film transistors," 1996 (Gordon and Breach Publishers: Australia).
- [5] N. Geren and E. K. Lo, "Equipment selection, integration and interfacing of a robotic PCBA component rework cell," *Comput. Integr. Manufact. Syst.*, vol 11, no. 1-2, pp. 77-89, 1998.
- [6] N. Geren and A. Redford, "Automated rework of printed circuit board assemblies: Methods and procedures," *Int. J. Comput. Integr. Manufact.*, vol. 9, no. 1, pp. 48-60, 1996.
- [7] N. Geren and A. Redford, "Cost and performance analysis of a robotic rework cell," *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 58, pp. 159-172, 1999.
- [8] N. Geren, "Determination and Comparison of Surface Mount Component Rework Cycle Times of Manual and Fully Automated Robotic Rework Stations for Rework Technology Selection," *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, vol. 26, No.2, April, 2003.
- [9] M. R. Driels and J. S. Klegka., "Analysis of alternative rework strategies for printed wiring assembly manufacturing systems," *IEEE Trans. Comp., Hybrids, Manufact. Technol.*, vol. 14, pp. 637-644, Sept, 1991.

- [10] C.-C. Chern, P. Yang, "Determining a threshold control policy for an imperfect production system with rework jobs," *Naval Research Logistics* 46, pp. 273–301, 1999.
- [11] J. J. Liu, P. Yang, "Optimal lot sizing in an imperfect production system with homogeneous reworkable jobs," *European Journal Operational Research* 91 (3), pp. 517–527, 1996
- [12] S.D.P. Flapper, R. H. Teunter, "Logistic planning of rework with deteriorating work-in-process," *Int. J. Economics* 88 pp. 51-59, 2004.
- [13] S.D.P Flapper, J.C. Fransoo, R.A.C.M. Broekmeulen, K. Inderfurth, "Planning and control of rework in the process industries: A review," *Production Planning and Control* 13 (1), pp. 26–34, 2002.
- [14] A. M. Zargar, "Effect of rework strategies on cycle times," *Computers and Industrial Engineering* 29, pp. 239-243, 1995.
- [15] M. E. Kuhl, G. R. Laubisch, "A Simulation Study of Dispatching Rules and Rework Strategies in Semiconductor Manufacturing," *IEEE/SEMI Advanced Manufacturing Conf.*, pp.325-329, 2004.
- [16] G. K. Tay, D. P. Ballou, "An integerated production-inventory model with reprocessing and inspection," *International Journal of Production Research* 26 (8), pp. 1299-1315, 1988.
- [17] K.C. So, C. S. Tang, "Optimal batch sizing and repair strategies for operations with repairable jobs," *Management Science* 41 (5), pp. 894-908, 1995.
- [18] J. H. Holland, "Adaptation in natural and artificial systems: an introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence," 1989 (University of Michigan Press: Michigan)
- [19] D. E. Goldberg, B. Korb, and K. Deb, "Messy genetic algorithms: motivation, analysis, and first results," *Complex Systems*, 3(4), pp. 493-530, 1989.

- [20] Daigle, P. Powell, "Manufacturing scrap reduction team," *IEEE/SEMI Advanced Manufacturing Conf.*, pp.230-231, 1996.
- [21] D. N. Maynard, D. S. Kerr, and C. Whiteside, "Determining cost of yield to monitor fab manufacturing processes" (in <http://www.micromagazine.com/archive/03/06/maynard.html>), *Micromagazine.com*, pp.63-69, June 2003.
- [22] M. C. Wu, C. W. Chiou, and H. M. Hsu, "Scrap rules for small lots in wafer fabrication," *2002 Semiconductor Manufacturing Technology Workshop*, Hsin-Chu, Taiwan, R.O.C., pp. 181-184, 2002.
- [23] M. C. Wu, C. W. Chiou, and H. M. Hsu, "Scrapping small lots in a low-yield and high-price scenario," *IEEE Transactions on semiconductor manufacturing*, vol. 17, no. 1, Feb, pp. 55-67, 2004.

