

## 應用遺傳演算法進行砷化鎵半導體後端製程排程之研究

梁鈺雯

財團法人中國生產力中心

22101 台北縣汐止市新台五路 1 段 79 號 2 樓

### 摘 要

本研究是探討砷化鎵半導體三階段單機流程型工廠之後端製程的生產排程問題；主要是以啓發式求解中最常用的遺傳演算法來進行砷化鎵半導體後端製程的生產排程應用，以工廠實際進行目前後端製程的三個工作站之最佳排程計劃，建構一個最佳化模式，以求得單目標總完工時間（maximum completion time,  $C_{max}$ ）最小為績效標準，並與目前工廠內所用的先到先服務（first-come-first-serve, FCFS）及加工時間最短優先派工法則（shortest processing time, SPT）等傳統派工進行比較，希望能藉此實際運用及改善工廠後端製程之生產排程作業；經證實發現遺傳演算法的求解效率及效果確實優於目前的派工法則，藉此可以幫助管理者進行改善實際排程作業之參考。

**關鍵詞：**排程，遺傳演算法，總完工時間，流程型工廠

## Application of Genetic Algorithms (GAs) to the Backside Processing of Semiconductors for Scheduling Research

YU-WEN LIANG

*China Productivity Center*

*2F, No. 79, Sec. 1, Hsintaiwu Rd., Hsichih, Taipei, Taiwan 22101, R.O.C.*

### ABSTRACT

In this research concerning the problem of scheduling a three-step single-flowshop machine, the Genetic Algorithm (GA) method, the most widely used heuristic approach, is applied to improve timetables for the backside processing of semiconductors. Related data on backside processing in my own factory is offered; then, a scheduling rule for research is set. The aim is to minimize the Makespan and demonstrate that the GA method is superior to a first-come-first-serve system. The results of this study can help ameliorate scheduling problems and enhance total performance. The ultimate goal is expected to be a continuous increase in the competitive advantage of a business.

**Key Words:** scheduling, genetic algorithm (GA), makespan, flowshop

## 一、緒論

在生產的過程中，工廠必須投入規劃的人力、物料、時間、金錢、設備、資訊、能源等生產資源，再經由適當的轉換過程以獲得能滿足客戶需求之有形的物品及無形的服務。因此在有限的資源下，為了使生產過程中的所有作業能順利地進行，迅速地將產品運交於客戶，就必須要有周詳的生產計劃及應變能力，把必要的所有資源組織起來，即時地做出最適切的因應及回饋以進行最順暢及最佳的排程作業，使產品的生產流程時間最短、在製品最少及儘速滿足客戶的需求為最大的目標。

同樣是半導體晶圓代工，砷化鎵晶圓與矽晶圓有著相似的生產流程作業，一樣要經由薄膜→黃光→蝕刻來完成生產的製造流程，但兩者最大的不同點在於砷化鎵代工廠多了後端製程作業，因此更增添了生產流程的複雜性；若是小規模的排程問題是可以使用傳統派工法則，但若是大規模且複雜性的排程問題時，根據 Garey 與 Johnson [14] 可知則即是一個 NP-Complete 的排程問題，此時就需應用謝日章 [11]、Liaw [19] 等柔性計算以最短時間求得近似最佳解，此外，Goldberg [15] 更提到遺傳演算法 (genetic algorithms, GA) 是以自然選擇及遺傳技術為基礎之最佳求解過程。

砷化鎵產品的驗證期長且需求量不易預測也不穩定，再加上市場需求量目前並不大，所以為了要針對不同客戶滿足不同之需要以求得訂單，常會有許多不同產品及批量來進行代工及後端製程的加工作業；由於客製化產品的需求，因此在後端製程的生產流程中，為了針對不同客戶滿足不同之需求，故會有許多不同的產品及批量進行不同的加工、量測位置/量測參數及出貨檢驗，但基於整體的效益及購置成本的考量，並無法任意購置新機台，所以若能有效進行後端製程的排程作業，將會使產品總完工時間  $C_{max}$  (maximum completion time)，又稱最大完工時間，使其縮短並使機台及人員發揮最大的效益，因此，後端製程的排程作業將會是影響產品總完工時間的重要關鍵。

後端製程作業會因為訂單之需要，做彈性的生產作業安排，以滿足客戶的需求。工廠內部目前是使用先到先服務 (first-come-first-serve, FCFS) 來進行後端製程的排程作業，但常會發生部份工作站會有堆貨或閒置的狀況發生，生產線並不平衡，尤其在各生產因素、時間關係及許多的問題同時發生時，而顯得更加的錯綜複雜。在目前的後端製程作業中，主要是藉由廠內的生產系統以先到先服務的派工方式

來進行每批 (lot) 產品的加工作業。但在實際的狀況中，目前的排程方式並非最佳派工方式，容易造成後端製造流程的循環時間 (cycle time) 及總完工時間過長。而根據 Garey 與 Johnson [14] 可知大規模且複雜的排程問題是一個 NP-Complete 的排程問題，因此，應用啟發式求解求得近似最佳解的方法近來廣泛的應用於排程問題中。砷化鎵半導體後端製程主要是由三個工作站—電性量測、切割擴張及出貨檢驗所構成，在進入電性量測第一個工作站作業時，要進行加工生產的每批產品已準備就緒，所有工件在開始加工前就已到達了電性量測機台，系統內各加工及作業時間是已知及確定的，因此研究方向為加工時間確定的靜態單機流程型排程問題。

再根據 Lenstra 等人 [18]、Pinedo [22] 大部份的排程都是屬於 NP-Complete 的問題。所謂 NP-Complete 的問題是以滿足當工作站依不同客戶需求訂單之負荷決定下一個批次的優先順序；本論文研究所要探討的是三階段單機流程型工廠的排程問題，就是依序生產的三個工作站每站都只有一台機台，每批都一定只能在此機台進行加工作業，所以已有許多文獻針對單機排程模式進行探討，陳振男 [4] 利用分枝界限法探討不同時間到達工件之單機排程以求總加權完工時間最小為目標，證實了將優勢部份排序應用在分枝界限法中確實能有效地刪除不必要的節點而減少解題所需的時間；張子筠 [6] 針對動態單機排程問題分別提出啟發式排程演算法及建構個別之數學規劃模式，以總加權延遲時間最小化為目標，證實可在短時間內提供管理者一個具效率之滿意解；何仁祥 [1] 應用案例式推理為基礎的基因演算法動態單機排程的問題，以總加權完工時間最小化為目標，實驗證明不僅可以得到一組很好的起始母體，而且可以很快達到收斂的效果並得到很好的最終解；Liu 與 MacCarthy [20] 提出改良式的遺傳演算法解決動態單機排程問題，經實驗證明利用此一改良式的遺傳演算法可以有效的在短時間內得到近似最佳解，其績效比其它學者所提出啟發式解法還好。運用遺傳演算法於生產排程領域進行探討，相關的參考文獻如下有，Murata 等人 [21] 研究結果顯示使用遺傳演算法在流程型工廠的排程求總完工時間最小為目標時所得到之解皆比局部搜尋、模擬分析及塔布搜尋的效果好；Tamaki 等人 [25] 利用遺傳演算法求等效平行機台雙目標排程求提前及延遲時間最小化，結果發現此法能獲得可行及有效的產生柏拉圖之最佳化排程變化；Sivirkaya-Şerifoğlu 與 Ulusoy [24]

應用遺傳演算法進行平行機台以求得總提前與總延遲時間最小化，發現所得之效果很好；Kumar 與 Srinivasan [17] 提出應用遺傳演算法於流程式生產線可降低總完工時間及流程時間等目標，若能結合其它派工法則應用相同的問題，發現總完工時間與其它研究比較可減少約 30% 的時間。鄭价廷 [10] 應用遺傳演算法改善生產程序的排程規劃的問題中的零工式工廠生產排程問題，可確實將生產排程的總工作時間作大幅度縮短，成功的將遺傳演算法應用於零工式工廠的生產流程規劃上；蘇伍磊 [12] 探討遺傳演算法的各個控制參數，發現三種遺傳演算法對於零工式生產排程問題之總完工時間，在特定的突變率與交配率之下可以獲得不錯的搜尋結果；蕭陳鴻 [9] 應用遺傳演算法於非等效平行機台求以廢料成本和總完工時間總和最小為目標，並導入訂單最早完工優先派工法則（order early finish first rule, OEFF）的觀念，發現在少訂單時以 Lingo 6.0 搜尋可獲得最佳解，在多訂單時發展出一菁英政策的遺傳演算法證實此法求解之效果良好，平均約有 8% 的改善率，可協助管理者實際應用於排程相關之作業。遺傳演算法主要應用於半導體排程的參考文獻也非常的多，如黃聖智 [5] 探討半導體針測區之現場排程問題，應用遺傳演算法搜尋計算現有排程與排程標的間之差距，透過遺傳運算子來改變派工參數設定值，而得到數個滿足排程標的之備選排程。張益壽 [7] 提出以遺傳演算法為規劃晶圓訂單與工件之投料，派工的方法，以求得各訂單、工件與交期指定之排程的派工方法，結果顯示遺傳演算法所得之解較佳也較穩定。

根據以往的參考文獻可知，啟發式演算法的可成功的應用於排程問題，而針對砷化鎵半導體後端製程的排程研究並未曾被探討。因此，本論文研究擬藉由遺傳演算法以總完工時間最小為績效函數，進行砷化鎵半導體後端製程的排程佳化，研究結果將與現行派工方式先到先服務及加工時間最短優先派工法則（shortest processing time, SPT）進行比較，此外，將針對遺傳演算法的相關參數進行差異化比較及分析，以作為後續應用的參考。

## 二、問題描述

### （一）製程簡介

本論文研究所主要是探討生產砷化鎵晶圓代工服務的公司，主要是提供客戶 HBT（heterojunction bipolar transistor）、PHEMT（pseudomorphic high-electron-mobility

transistor）離散元件/微波積體電路與後端製程的晶圓代工服務。由於砷化鎵市場的需求量不穩定、產品的驗證期較長及產品種類多，故訂單量不易預測且產品種類繁雜。砷化鎵晶圓與矽晶圓的製造流程其實非常相似，大約的生產流程如圖 1 所示。

### （二）後端製程概述

當產品依每一個設計（layout）進行前端製造生產後，接下來就是要進行後端製程（backside process）的流程作業。後端流程主要是依客戶之不同需求來進行相關的製程及加工作業；本論文研究主要是要探討電性量測、切割擴張、出貨檢驗這三個工作站的排程問題，如圖 2，故將每個工作站的作業概述如下。

#### 1. 電性量測作業概述

電性量測主要是進行晶片（wafer）的 PCM&RF（pulse-code modulation & radio frequency）電性測試。依產品別及 PCM&RF 電性測試需求之不同而會有不同之抽測方式，主要是因為若產品要進行切割，就會依客戶產品別進行不同的電性測試位置，也因此所測試的時間不一樣。

#### 2. 切割擴張作業概述

切割擴張主要是依客戶之需求來進行作業，舉凡所有要出貨的產品都要進行切割作業，由於產品設計及晶粒尺寸（chip size）大小會影響切割的速度外，切割的型式不同也會有不同的切割時間。切割的型式可分為 1/4 晶圓（1/4 wafer）、1/2 晶圓（1/2 wafer）及全圓（whole wafer）三種型式。

#### 3. 出貨檢驗作業概述

當產品完成切割後，即依檢驗規範及標準進行最後的出貨檢驗以確保產品的品質良率符合客戶的需求。

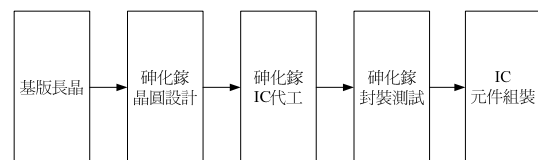


圖 1. 砷化鎵晶圓上下游生產流程圖

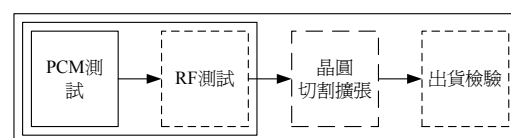


圖 2. 電性量測/切割擴張/出貨檢驗流程圖

4. 小結

本論文研究主要探討的是後端製程的瓶頸問題，故將要探討的重點放在 RF 測試→切割擴張→出貨檢驗這三個工作站上如圖 3。

(三) 現況及背景說明

目前公司依先到先服務系統方式進行生產作業，每批產品會依客戶之不同需求而有不同的加工時間。目前 PCM 電性共有三台機台可供量測，RF 測試目前僅有一台可量測，且 RF 測試又較 PCM 電性的量測時間久且速度慢，再加上每批的數量不同，所以整備時間不一樣，因此常造成 RF 電性量測機台有堆貨的情況，而成爲後端製程的瓶頸機台，故本論文研究將一起探討 RF 測試後的工作站之總完工時間如圖 4。

(四) 問題定義

本論文研究主要是隨機選取目前廠內代工及加工生產的產品，如附錄一爲 50 批 RF 測試/切割擴張/出貨檢驗時間資訊表，其中除了針對 50 批產品進行先到先服務及加工時間最短優先派工法則等派工法則進行比較外，再從此 50 批工件中隨機抽取 20 批、30 批、40 批各五次進行比較，主要是爲了降低因隨機選取所產生的誤差，所以針對每種批量分別各進行五次，再取得平均值，以求得總完工時間爲近似最

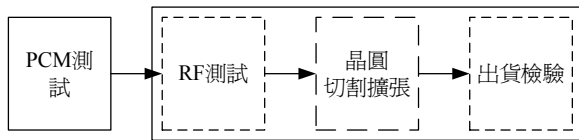


圖 3. RF 測試/切割擴張/出貨檢驗概略流程圖

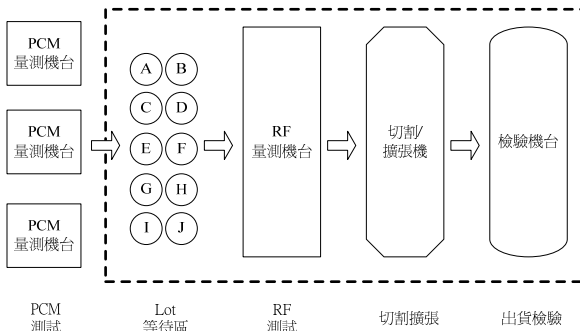


圖 4. RF 測試/切割擴張/出貨檢驗細部流程圖

佳解的結果。所有產品的加工時間/整備時間是由廠內的生產系統記錄得知，藉此以求得總完工時間最小爲目標以改善實際排程問題，期許能改善後端製程的整體效率。

1. 問題架構模型

排程符號說明：如表 1。

圖例說明：以先到先服務的派工原則下，第一批進入 RF 測試機台的爲 Lot-1，測試及與加工時間分別爲 98、63 及 92 分鐘；若 Lot-1 爲例，其總完工時間爲 253 分鐘，甘特圖表示如圖 5 Lot-1 總完工時間示意圖。

以到達 RF 機台的先後順序之前 5 批資料爲例，在先到先服務的派工原則下，求得總完工時間爲 629 分鐘，加工順序分別爲 Lot-1→Lot-2→Lot-3→Lot-4→Lot-5，其甘特圖如圖 6 前 5 批產品總完工時間示意圖所示。

目標式的模型建構，本論文研究主要是探討後端製程的三階段單機流程型排程問題，以求總完工時間最小爲目標，則依據：

表 1. 排程符號說明表

符號	符號說明
$N$	所有批 (Lot) 之總數集合
$M$	所有機台之總數集合
$i$	批代碼 ( $i=1, 2, \dots, n$ )
$j$	機台代碼 ( $j=1, 2, \dots, m$ )
$M_j$	機台 $j$ 目前完工的時間
$k$	批在排程中的加工順序 ( $k=1, 2, \dots, n$ )
$f_{0j}$	機台 $j$ 在排程中最初的加工起始時間點
$f_{kj}$	第 $k$ 順位批在機台 $j$ 加工結束後的時間點
$P_{ij}$	批 $i$ 在機台 $j$ 上的加工時間
$C_{max}$	流程型機台的總完工時間
$X_{ij}$	二位元變數，爲 1 時表示批 $i$ 在機台 $j$ 上加工，否定則爲 0
$Z_{ik}$	二位元變數，爲 1 時表示批 $i$ 在排程加工的順位爲 $k$ ，否定則爲 0

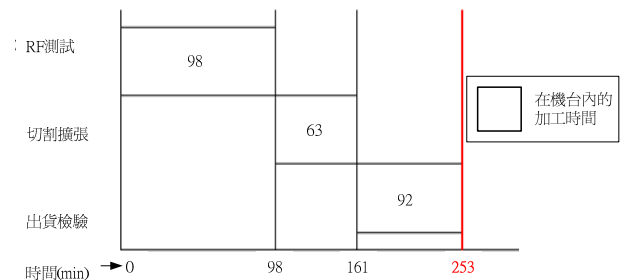


圖 5. Lot1 總完工時間示意圖

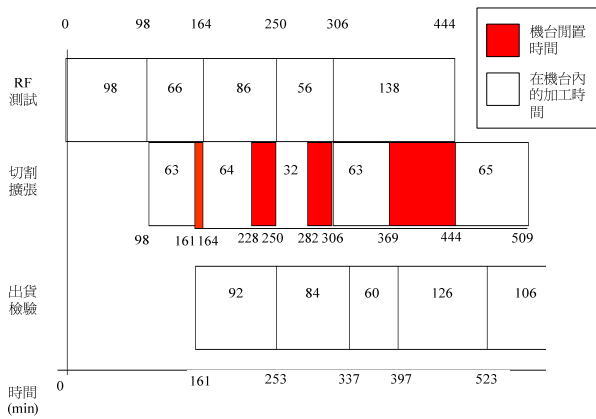


圖 6. 前 5 批產品總完工時間示意圖

$$\text{Performance} = \text{Min}(C \text{ max}) \quad (1)$$

三階段單機流程型的總完工時間，取決於最後一個順位的 Lot 於最後一個機台的完工時間，則為  $Cmax$ 。

$$Cmax = \max\{f_{km}\}, \forall k \in N, j \in M \quad (2)$$

Lot  $i$  於機台  $j$  的完工時間是由加工的起始時間加上  $i$  Lot 的加工時間，而 Lot  $i$  在機台  $j$  的加工起始時間為機台  $j$  前一批 Lot 加工後的時間。

$$f_{kj} = f_{(k-1)j} + \sum_{i=1}^n Z_{ik} X_{ij} P_{ij}, \forall k \in N, \forall j \in M \quad (3)$$

瞭解  $i$  Lot 是否為  $k$  順位，若沒設順位即會產生某排序的最佳解，因為順位的排序不會改變。

$$\sum_{i=1}^n Z_{ik} X_{ij} P_{ij}, \forall k \in N, \forall j \in M \quad (4)$$

$P_{ij}$  = Lot  $i$  在機台  $j$  上的已知加工時間，

$$\forall k \in N, \forall j \in M \quad (5)$$

任何一批 Lot 只能在一機台上加工，不可分割。

$$\sum_{j=1}^m X_{ij} = 1, \forall i \in N \quad (6)$$

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \forall i \in N, \forall j \in M \quad (7)$$

任何一個排程中的加工順位只會有一批 Lot。

$$\sum_{i=1}^n Z_{ik} = 1, \forall k \in N \quad (8)$$

任何一批 Lot 只能有一個加工順位。

$$\sum_{k=1}^n Z_{ik} = 1, \forall i \in N \quad (9)$$

$$Z_{ik} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}, \forall i \in N, \forall j \in M \quad (10)$$

## 2. 本論文研究之限制條件

由於半導體的製造流程非常複雜，為了能使本論文研究將重點放在總完工時間最小上，因而希望能避免許多的外來及不確定因素，故本論文研究研究有以下之限制條件：

- 每個機台每次只能處理一個 Lot。
- 每個 Lot 只能被一台機台所處理且順序不可調換。
- 依每一個 Lot 為作業的批量單位，不可分批進行處理。
- 所有的產品是連續地依流程進行作業，機器 24 小時運作不間斷。
- 機器及設備正常運作，沒有故障、維修及保養的問題。
- 不考慮人員休息等因素，所有人員均正常的工作。
- 無系統出現等原因產生，系統均屬於正常的運作狀況。
- 不考慮機台間的人員走動時間問題。
- 不考慮機台換探針/切割刀等問題。
- 不考慮產品等級等問題。
- 無臨時及緊急插單的產品。
- 每批 Lot 的資訊為已知且固定。
- RF 測試整備時間不同但在計算時會包含在加工時間內。
- 切割擴張及出貨檢驗的機台整備時間已含在加工時間內。
- 假設所有的 Lot 在進入 RF 測試機台前，都已準備就緒，各作業時間已知及確定。
- 所有產品在 RF 測試/切割擴張/出貨檢驗的加工順序相同。
- 整備時間不同不會影響進入機台的加工順序。

## 三、遺傳演算法

本論文研究主要是應用遺傳演算法來進行三階段單機流程型排程以求總完工時間最小為目標，故進行遺傳演算法之相關流程步驟說明並建構本論文研究所應用之模式架構。

(一) 遺傳演算法概述

所謂遺傳演算法乃源於達爾文 (Charles Darwin, 1809-1882) 的進化論，即是所謂適者生存，不適者淘汰之自然淘汰說 (theory of natural selection)，並由賀蘭 (John Holland) 於 1975 年時運用進化論的推演提出遺傳演算法。

遺傳演算法根據 Baker [13] 是一功能強大的搜尋演算技術及啟發式的最佳化求解法 (heuristic optimization method)，通過了既定的隨機搜索來進行操作，藉以搜尋出符合適應函數的基因排列及不斷產生不同的物種並且相互競爭演化，嚴謹地架構出自然生物系統的進化過程，以期望激起自然系統和人工系統兩大領域發展上的突破，主要是藉由生物物種的基本運算子，在每代間進行演化，終而尋得適當問題的近似最佳解。

故可知，一般遺傳演算法的主要目的為：

1. 以嚴密而具象徵的科學方法解釋自然界「物競天擇、適者生存」的演化過程。
2. 將生物界中遺傳演化重要機制以資訊科學軟體實作模擬，藉由達爾文進化論的觀點，靠不斷的演化而產生最適合生存的下一代。因此，依 Baker [13] 運用遺傳演算法以最佳化求解的基本精神及流程概念如下，圖 7 為遺傳演算法之演化流程圖。

- 對於問題搜尋自然參數解的自然集合。
- 將所要的參數編碼成一字串，隨機重複 N 個原始物種 (字串)，然後依據求解來得到適應函數 (fitness function)。
- 適應高的函數會優先被挑選，再經過複製、交配及突變過程，而產生最佳解。
- 遺傳演算法的運算，主要是在將參數在經過編碼的位元字串上，而非參數本身，所以在搜尋分析上不會受到參數連續性上的限制條件。
- 遺傳演算法多採用隨機多點同時搜尋的方式，而非傳統的單點依序搜尋方式，因此可以避免侷限在區域的最佳解上，而可得到問題的最佳解。
- 遺傳演算法在運算時只需訂定問題要求的目標函數 (objective function)，並不需其他的輔助資訊 (如函數的微分性、連續性)，所以適合各類問題的目標函數。

(二) 本論文研究應用遺傳演算法模式架構

依據遺傳演算法，本論文研究是針對後端製程的 RF 測

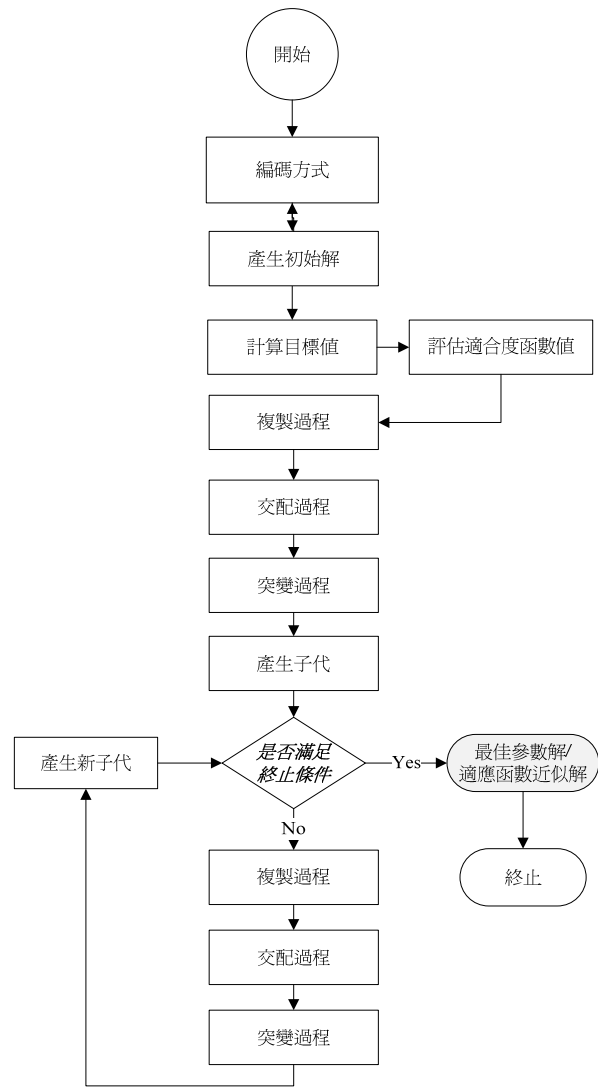


圖 7. 遺傳演算法之演化流程圖

試/切割擴張/出貨檢驗進行三階段單機流程型排程問題以求得總完工時間最小為目標，其遺傳演算法排程模式架構如圖 8 所示。

各步驟參數說明如下：

1. 母體數 (population size)：在遺傳演算法的演算過程中，所謂母體數是指在系統內的母體數目，根據 Grefenstette [16] 母體數的範圍是在 10-160 之間並且以 10 為增加的基本單位。主要是因為母體的多寡會影響演化的速度及求解的效益，母體數太大會花費太多的時間求解而沒有實質的意義；而母體數太小則可能會提早進行收斂而無法則到求得近似最佳解的目的，本論文研究先將母體數設為 100 個擴大搜尋範圍，再進行觀察求解的收斂情況，以決定最適當之母體數。

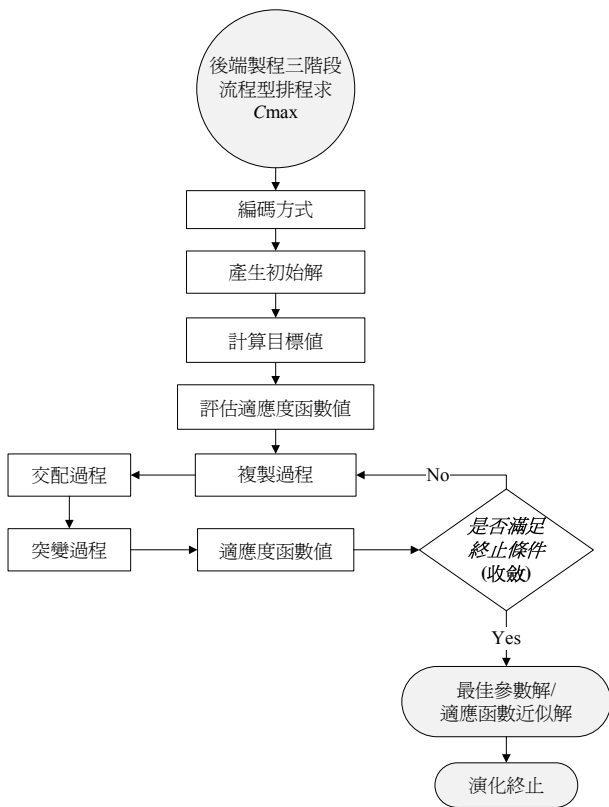


圖 8. 本論文研究之遺傳演算法求解架構圖

2. 基因編碼方式 (encoding)：由於順序編碼法較適用於排程的問題方面，故本研究採用此法來進行基因編碼。
3. 產生初始解：本論文研究所產生之初始解並無任何的特殊限制，而是以電腦隨機變數的方式所產生之解作為初始解。
4. 定義適應度函數 (fitness function)：本論文研究是以後端製程的三個工作中心：RF 測試/切割擴張/出貨檢驗進行三階段單機流程型工廠的排程問題以求得總完工時間最小為績效指標，也就是指全部工件全部的完成時間為最短，則表示愈有效率；即所有染色體的目標函數值要與目前最佳解做比較，若該母體的某一染色體目標函數優於目前最佳時，基因會判定基因優劣而進行取代。以本論文研究的績效指標為總完工時間，所要求的為最短時間，因此適應函數值為  $1/C_{max}(i)$ 。
5. 複製過程 (reproduction)：本研究是以設定輪盤法來進行複製，因為此法具有較高適應度函數 (fitness) 值將會優先地被選出來，所以可以控制選取的物種個數來決定競爭的速度。適應度函數值是以相對整體比例分配面積來進行切割，故適應度函數值較大的其所佔的面積也相

對較多，所以被選擇的機會也就較高。故當以輪盤法進行分割完畢後，則以隨機選取轉動輪盤的方式來進行基因交配，即指在族群內挑出兩個染色體複製成子代，再決定是否進行遺傳演算法的交配條件。

6. 交配過程 (crossover)：所謂基因交配是指從整個群體之中，隨機選取兩個字串來進行相互交換，以組成兩個新的字基因，藉此基因的交換而產生更優良、更佳子代。本論文研究使用單點交配 (single-point crossover)，即隨機選取一個切點於父代及母代兩親代基因間之同一位置，自此切點後的基因作兩親代間基因字串交換；此外，根據 Suhaffer 等人 [23] 提出交配率可介於 0.75-0.95 之間；主要是因為若交配率設定的太小會縮短收斂時間而脫離近似最佳解，若太高則會將較佳的染色體快速的摒棄掉，因此本研究將交配率設定在 0.85 來進行相關參數設定比較分析後，再進行本論文研究設定最佳之交配率參數。
7. 突變過程 (mutation)：所謂突變是指染色體被選擇的突變的機率，以增加搜尋的空間，若純粹靠基因複製 (reproduction) 與交配 (crossover) 並不能夠使得演化出一個具有新特性的個體；主要因為這些個體只能繼承混合親代的種種特性，的確很難發展出具有新特性個體或子代，所以會使得演化的速度過於緩慢，同時會使得演化的結果侷限在特定的少數點上，因此藉著生物突變來創造出新的物種。故遺傳演算法中，隨機選取幾個字串，再將一個或數個基因進行更換其它值，如此可使演化儘可能的朝多個新方向進行，以避免太早的收斂而陷入局部最佳的狀態中。其主要的作法是將突變運算子用來改變群體間的變異度，將已交配完成的子代藉由事先設好的突變率來進行基因突變產生最佳解，也因此可知，在遺傳演算法中，若只有交配程序而沒有突變程序，則將容易掉區域最佳解的迷思中；而若只有突變程序而沒有交配程序，則該整個系統演化速度會相當緩慢。本論文研究使用位置突變 (position-based mutation)，以選取父代的兩個基因進行交換，其餘的基因則不變動。根據 Suhaffer 等人 [23] 提出突變率為 0.005-0.01 之間，而 Grefenstette [16] 則認為突變率為 0.01 所得到的解較佳；其主要的原因為突變太高會產生本質上的隨機搜尋，而突變率太低會產生快速進行收斂而脫離近似最佳解。因此本研究將突變率設定在 0.1 之間來進行相關參數

設定比較分析後，再進行本論文研究設定最佳之突變率參數。

8. 結束原則：本研究先將演代世代數設定在 10,000 代，當發生演化代數進行收斂時，為了避免因演代世代數太大而使效率降低，因此，配合收斂情況，以設定本論文研究最適當之演代世代數。

#### 四、實例驗證

本論文研究主要是運用遺傳演算法的觀念及相關的流程步驟，來解決目前廠內三階段單機流程型工廠之後端製程的生產排程問題。而本章節主要的利用本論文研究所提出的遺傳演算法，透過 Borland C++ Builder 6.0 的電腦程式來進行各項實驗並將各項實驗結果進行比較分析。

##### (一) 遺傳演算法的參數分析

本節主要是運用遺傳演算法的各項參數先進行差異化比較分析，配合近以最佳解及收斂情況的求解，再決定較最適當之參數組合，包含演化世代數、母體數、交配率及突變率等；再以遺傳演算法所求得之近似最佳解，按不同之工件批數與現況派工法則先到先服務及加工時間最短優先派工法則進行相關分析比較。

##### 1. 參數驗證分析

- (1) 演化世代數：為了得到最佳演算的求解效率及結果，故先將演化世代數設定 10,000 世代數終止結束，此外，因母體數與演化世代數為成相對的關係，所以為了增大搜尋的範圍，以得到較佳的目標值，故將母體數固定設於 100 個，連續試行 5 次，依所得到的 5 次總完工時間演化結果求最平均值，觀察其收斂狀況，再設定最佳的演化世代數。表 2 為演化世代數基本參數設定值。參數結果分析：從表 3 演化世代數表可知，連續試行 5 次平均求解過程從 4,278 分鐘演化到 4,229 分鐘之近似最佳解；此外，圖 9 演化世代數收斂圖可知，大約在 5,850 代時，總完工時間為 4,229 分鐘，已得到不錯的解，之後則幾乎呈現收斂狀態，演化的過程逐漸趨緩，變動相當地有限，因此為了增加求解的效率，所以將演化世代數設定 6,000 世代數。

- (2) 母體數：母體數大小會影響每一世代的搜尋範圍，決定母體數初始解的數量，較大的母體數太大較容易搜尋較佳的目標值，但相對的則會花費太多的時間求解；而母體數太小則可能會提早進行收斂而陷入局部

表 2. 演化世代數基本參數設定值

參數項目	參數值
工件批數	50 批
演化世代數 (generation)	10000 代
母體數 (population)	100 個
交配率 (crossover)	0.85
突變率 (mutation)	0.01

表 3. 演化世代數表

試行次數	初始解	Cmax
1	4,308	4,208
2	4,288	4,257
3	4,274	4,216
4	4,264	4,236
5	4,258	4,226
Average	4,278	4,229

時間單位：分鐘

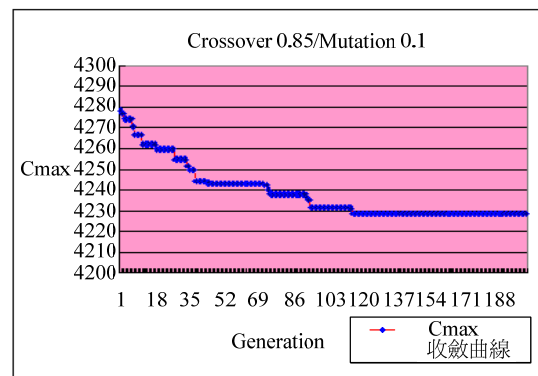


圖 9. 演化世代數收斂圖

最佳解，故本研究母體數設為 3 個水準以觀察進行近似最佳解的收斂情況，再選取本研究較適合的母體數。表 4 為母體數基本參數設定值。參數結果分析：每一個母體數求解均試行 5 次，再求其平均值，觀察結果如表 5 母體數平均近似解數據比較表及圖 10 不同母體數求解時間差異圖，可知，當母體數愈大，因搜尋的範圍愈廣，所以求解的時間也相對的愈久。根據圖 11 不同母體數演化過程比較圖發現，雖然母體數愈大，可搜尋的範圍愈廣，但並非一定能得到最好的結果，由圖表顯示，母體數 50 演化所得到之結果最差，很早就陷入局部最佳解，而母體數 80 約在 4,000 代時，就已不再進行演化；相對而言，母體數 30 的演化速率相當的快，所呈獻的近似解結果最好，約在 5,000



表 4. 母體數基本參數設定值

參數項目	參數值
工件批數	50 批
演化世代數 (Generation)	6,000 代
母體數 (Population)	30 個/50 個/80 個
交配率 (Crossover)	0.85
突變率 (Mutation)	0.1

表 5. 母體數平均近似解數據比較表

項目	總完工時間	求解時間	求解時間 差異百分比
母體數 30	4,231 分鐘	3.053 秒	100%
母體數 50	4,241 分鐘	5.040 秒	165%
母體數 80	4,236 分鐘	7.938 秒	260%

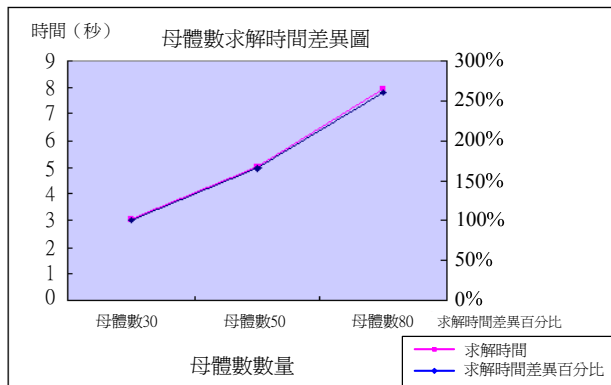


圖 10. 不同母體數求解時間差異圖

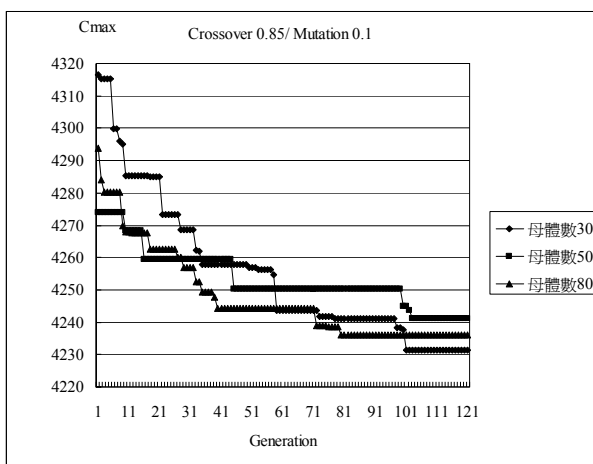


圖 11. 不同母體數演化過程比較圖

世代時，總完工時間收斂到 4,231 分鐘之近似最佳解。故針對本研究的需求，故將母體數設為 30 個。

(3) 交配率與突變率：交配率與突變率的大小會影響求解的品質及目標值的結果；本研究主要的目的是要驗證遺傳演算法的強大搜尋功能，能比目前工廠內的先進先出法所得到的總完工時間更小，以期能改善目前排程作業。故本研究進行交配率與突變率之差異化分析，藉由演化的求解結果，以設定最適合之交配率與突變率，如表 6 交配率與突變率基本參數設定值，以期許能得到快速及更好的值。參數結果分析：為了得到最適合之交配率與突變率，根據交配率與突變率的基本參數設定值進行每個參數試行 3 次，以取得平均值，所得之總完工時間最小為最佳之交配率與突變率參數，而結果發現，針對表 7 交配率與突變率差異分析表，可以明顯的發現，當交配率為 0.7 及突變率為 0.5 時，所得到總完工時間 4203 分鐘為最佳的結果。

以圖 12 不同交配率之世代演化過程比較圖來說明，交配率 0.1 的演化效果品質最差，約在 4700 代即陷入局部最佳解，交配率 0.7 的演化求解品質效果最好，很快的搜尋到最佳總完工時間為 4,203 分鐘。

以圖 13 不同突變率之世代演化過程比較圖來說明，突變率 0.1 的演化效果品質最差，很早即陷入局部最佳解已呈現收斂狀態，演化的很慢，突變率 0.5 的演化求解品質效果

表 6. 交配率與突變率基本參數設定值

參數項目	參數值
工件批數	50 批
演化世代數(generation)	6,000 代
母體數(population)	30 個
交配率(crossover)	0.1/0.3/0.5/0.7/0.9
突變率(mutation)	0.1/0.3/0.5/0.7/0.9

表 7. 交配率與突變率差異化分析表

交配率 突變率	交配率				
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9
突變率 0.1	4,236	4,236	4,237	4,236	4,239
突變率 0.3	4,215	4,236	4,213	4,228	4,222
突變率 0.5	4,235	4,218	4,223	<b>4,203</b>	4,224
突變率 0.7	4,217	4,215	4,208	4,222	4,222
突變率 0.9	4,217	4,205	4,208	4,211	4,217

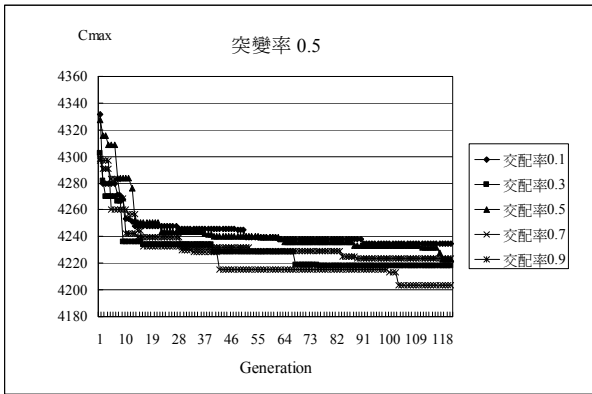


圖 12. 不同交配率之世代演化過程比較

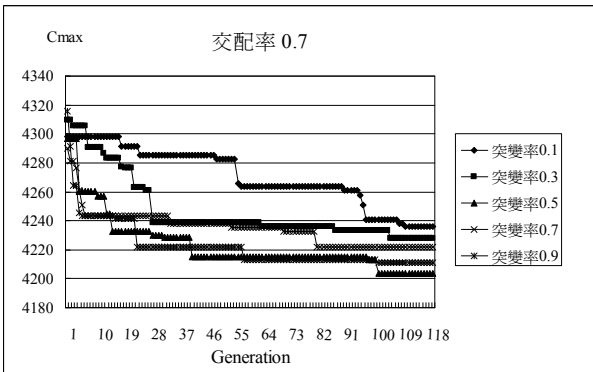


圖 13. 不同突變率之世代演化過程比較圖

最好，最佳的總完工時間 4,203 分鐘。

因此，本研究為了能快速地搜尋及得到較佳的結果，故將交配率設定為 0.7 及突變率設定為 0.5。

2. 本研究運用遺傳演算法之演化結果

根據參數分析所得到之結果，整理如表 8 本研究遺傳演算法之參數資料表所示；將運用此表設定之參數進行不同工件批數以求得最佳之總完工時間並與其它派工法則進行比較分析。

依據本研究所設定的 50 工件批數，得到遺傳演算法所設定之相關最佳參數如表 9 所示。本研究主要是要證明遺傳演算法是否優於 FCFS 及 SPT 等傳統派工法則，所以除了對本論文研究的 50 批工件批數進行比較外，並隨機抽取 50 批工件中的 20 批、30 批、40 批各五次進行比較，主要是為了降低因隨機選取所產生的誤差，所以針對每種批數分別各進行五次，再取得平均值，以求得之總完工時間為近似最佳解的結果，其相關比較分析如下。

表 8. 本研究遺傳演算法之參數資料表

參數項目	參數設定
基因編碼方式	順序編碼法
產生初始解	隨機搜尋
母體數	30 個
定義適應度函數	Min(Cmax)
演化世代數	6,000 代
複製方式	輪盤法
交配方式	單點交配
交配率	0.7
突變方式	位置突變
突變率	0.5

表 9. 20 批工件 GA 演化結果

GA 演化結果	
GA 初始解	1,926 分鐘
GA 近似最佳解	1,843 分鐘
演化比率	4.310%
求解時間	1.026 秒

- (1) 工件批數 20 批的求解結果：根據遺傳演算法驗證求解，從 50 批工件批數中隨機抽取 20 批五次以求取總完工時間平均值，所得之結果如表 9 及圖 14 所示，GA 解的總完工時間為 1,926 分鐘，近似最佳解 1,843 分鐘，演化比率為 4.310%，而求解時間只需 1.026 秒。
- (2) 工件批數 30 批的求解結果：根據遺傳演算法驗證求解，從 50 批工件批數中隨機抽取 30 批五次以取總完工時間平均值，所得結果如表 10 及圖 15 所示，GA 初始解的總完工時間為 2,737 分鐘，近似最佳解為

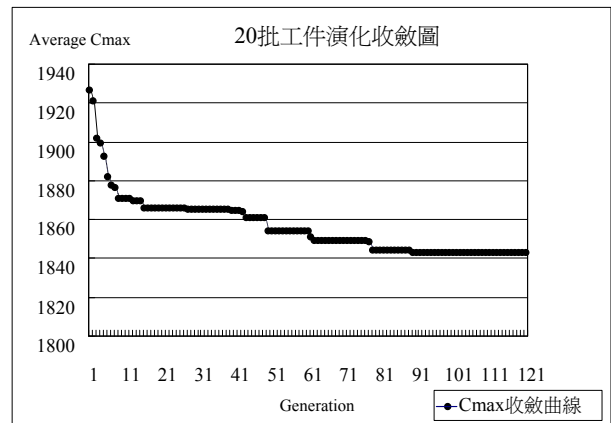


圖 14. 20 批工件演化收斂圖

表 10.30 批 GA 演化結果

GA 演化結果	
GA 初始解	2,737 分鐘
GA 近似最佳解	2,623 分鐘
演化效率	4.165%
求解時間	1.516 秒

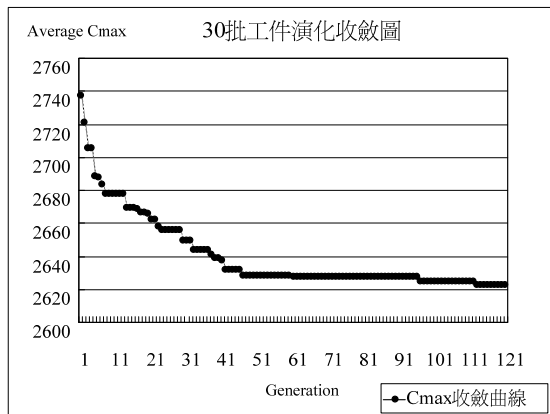


圖 15.30 批工件演化收斂圖

2,623 分鐘，演化比率為 4.165%，而求解時間只需 1.516 秒。

- (3) 工件批數 40 批：根據遺傳演算法驗證求解，從 50 批工件批數中隨機抽取 40 批五次以取總完工時間平均值，所得之結果如表 11 及圖 16 所示，GA 初始解的總完工時間為 3,497 分鐘，近似最佳解為 3,386 分鐘，演化比率為 3.174%，而求解時間只需 2.097 秒。
- (4) 工件批數 50 批：根據遺傳演算法驗證求解，從 50 批工件批數中，所得之總完工時間結果如表 12 及圖 17 所示，GA 初始解的總完工時間為 4277 分鐘，近似最佳解為 4185 分鐘，演化比率為 2.151%，而求解時間只需 2.765 秒。

### 3. 遺傳演算法與其它派工法則之比較分析

為了驗證遺傳演算法所建立的模組程式及分析所得之最佳 GA 參數以求得總完工時間優於目前工廠內使用之派工法則—先到先服務及加工時間最短先優先派工，如表 13

表 11.40 批 GA 演化結果

GA 演化結果	
GA 初始解	3,497 分鐘
GA 近似最佳解	3,386 分鐘
演化效率	3.174%
求解時間	2.097 秒

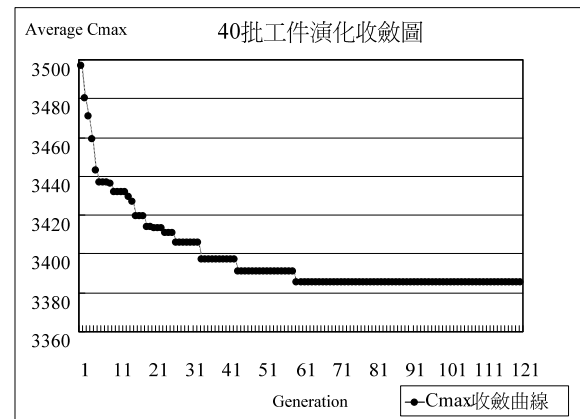


圖 16.40 批工件演化收斂圖

表 12.50 批 GA 演化結果

GA 演化結果	
GA 初始解	4,277 分鐘
GA 近似最佳解	4,185 分鐘
演化效率	2.151%
求解時間	2.765 秒

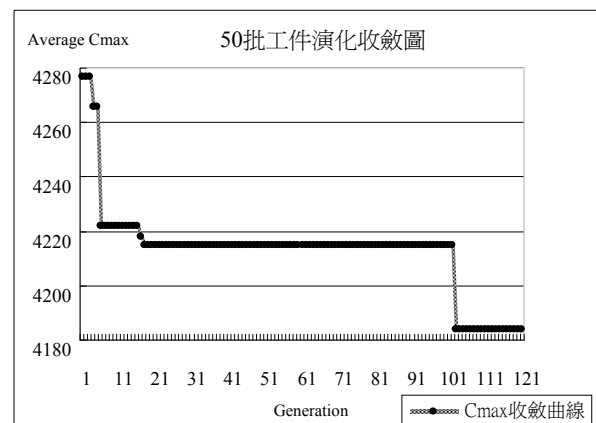


圖 17.50 批工件演化收斂圖

表 13. 派工法則分類表

派工法則	派工原則
FCFS	依工件到達機台先後順序，先到先優先進行派工
SPT	依在機台內之總加工時間最短者，先優先進行派工

所示，故分別針對四種不同的工件批數 20 批、30 批、40 批、50 批進行比較。此外，為了進行比較不同派工法則之差異性，本研究以遺傳演算法 (GA) 所求得之解為基準，來計算改善率，當改善率愈大時則表示求解的品質愈好，愈接近最佳解。改善率的計算公式如下：

$$\text{改善率} = \frac{\text{Heuristic}}{\text{Heuristic} - \text{GA}} \times 100\% \quad (11)$$

4. 遺傳演算法與其它派工法則的實證分析

- (1) 工件批數 20 批：演算結果如表 14 及圖 18 所示，遺傳演算法所得到的總完工時間為 1,843 分鐘，均較其它派工法則所得到的結果佳；若依目前工廠內所使用的先到先服務則是降低了 198 分鐘，與 SPT 比較則減少時間為 223 分鐘。如圖 19 所示與 FCFS 改善比率為 9.701%，而對於 SPT 的改善比率則更高為 10.794%。
- (2) 工件批數 30 批：演算結果如表 15 及圖 20，遺傳演算法所得到的總完工時間為 2,623 分鐘，均較其它派工法則所得到的結果佳；若依目前工廠內所用的先到先服務則是降低了 213 分鐘，與 SPT 比較則減少時間為 316 分鐘。如圖 21 所示與 FCFS 改善比率為 7.511%，對於 SPT 的改善比率則更高為 10.752%。
- (3) 工件批數 40 批：演算結果如表 16 及圖 22，遺傳演算法所得到的總完工時間為 3,386 分鐘，均較其它派工法則所得到的結果佳；若依目前工廠內所使用的先到先服務則是減少了 246 分鐘，與 SPT 比較則減少時間為 349 分鐘。如圖 23 所示與 FCFS 改善比率為 6.773%，而與 SPT 的改善比率則更高為 9.344%。

表 14. 20 批工件總完工時間比較表

Item	GA	FCFS	SPT
總完工時間	1,843	2,041	2,066
GA 對其它派工法則改善比率	---	9.701%	10.794%

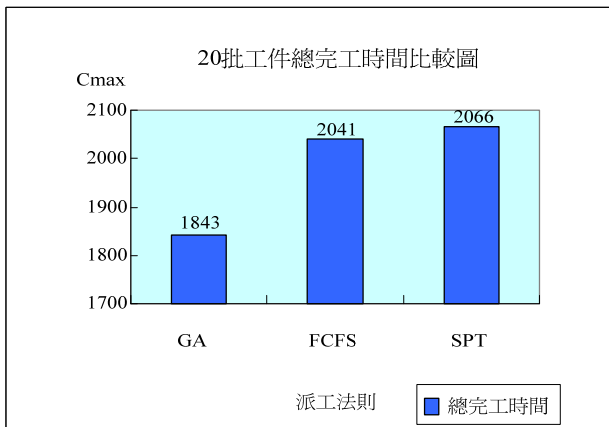


圖 18. 20 批工件總完工時間比較圖

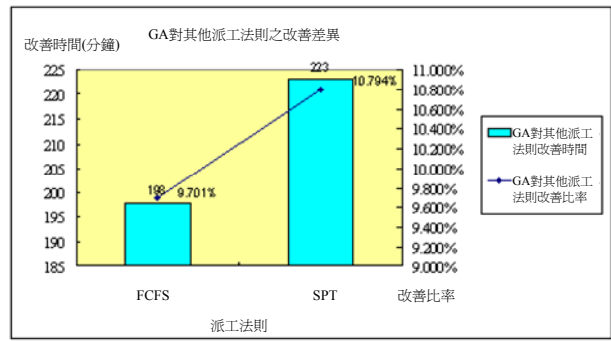


圖 19. 20 批工件之 GA 對其它派工法則改善比率圖

表 15. 30 批工件總完工時間比較表

Item	GA	FCFS	SPT
總完工時間	2,623	2,836	2,939
GA 對其它派工法則改善比率	---	7.511%	10.752%

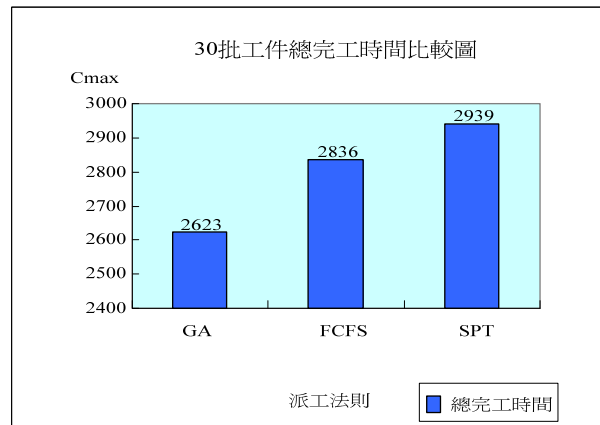


圖 20. 30 批工件總完工時間比較圖

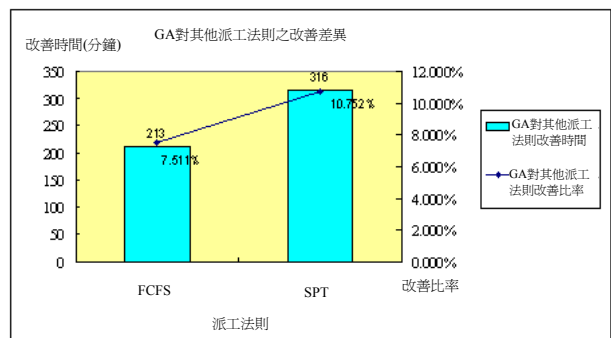


圖 21. 30 批工件之 GA 對其它派工法則改善比率圖

表 16.40 批工件總完工時間比較表

Item	GA	FCFS	SPT
總完工時間	3,386	3,632	3,735
GA 對其它派工法則改善比率	----	6.773%	9.344%

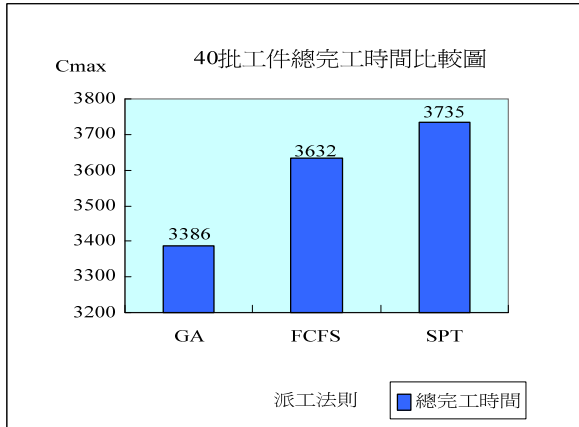


圖 22.40 批工件總完工時間比較圖

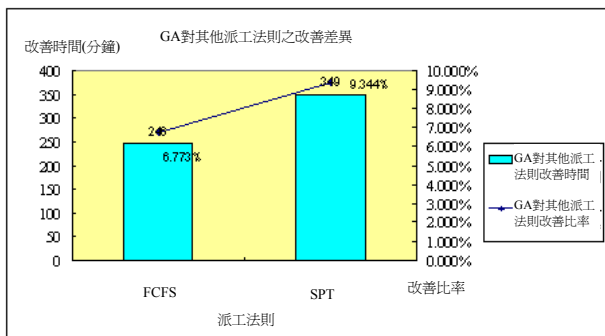


圖 23.40 批工件之 GA 對其它派工法則改善比率圖

(4) 工件批數 50 批：演算結果如表 17 及圖 24，遺傳演算法所得到的總完工時間為 4,184 分鐘，均較其它派工法則所得到的結果佳；若依目前工廠內所使用的先先到先服務則是減少了 258 分鐘，與 SPT 比較則減少時間為 404 分鐘。如圖 25 所示與 FCFS 改善比率為 5.808%，而與 SPT 的改善比率則更高為 8.806%。

表 17.50 批工件總完工時間比較表

Item	GA	FCFS	SPT
總完工時間	4,184	4,442	4,588
GA 對其它派工法則改善比率	----	5.808%	8.806%

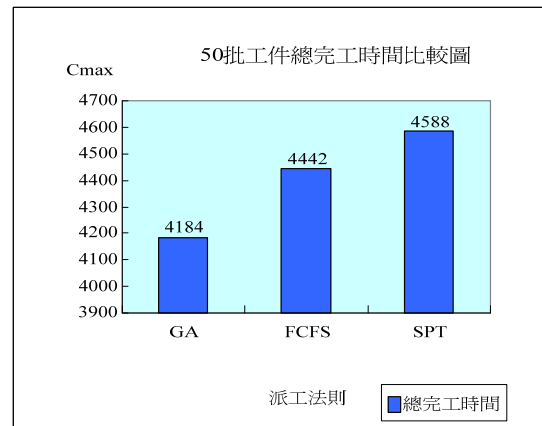


圖 24.50 批工件總完工時間比較圖

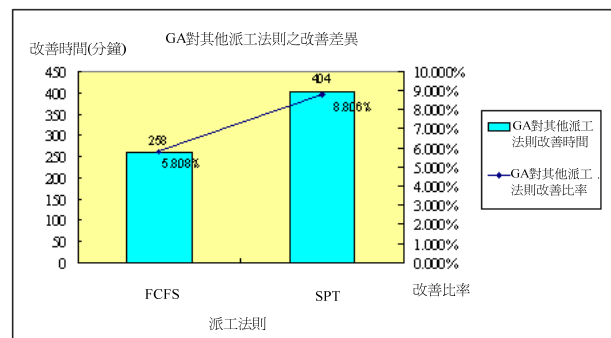


圖 25.50 批工件之 GA 對其它派工法則改善比率圖

5. 小結

根據本研究實證所得之結果如圖 26 所示，證實遺傳演算法（GA）確實優於目前廠內所使用之先先到先服務派工法則，最高有 9.701% 的改善率，平均有 7.448% 的改善率；若與加工時間最短優先派工法則進行比較，所得到之改善率更佳，平均則有 9.924% 的改善率，這對於講求效率的半導體產業而言，目前公司在排程作業上仍有改善的空間。

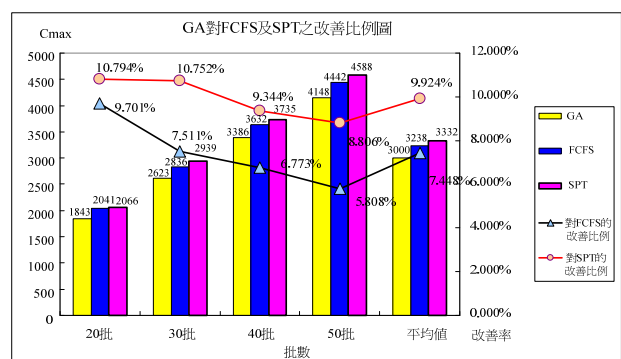


圖 26. GA 對 FCFS 及 SPT 之改善比例圖

## 五、結論及未來方向

本研究主要是探討遺傳演算法於三階段單機流程型工廠排程的應用，藉由砷化鎵半導體後端製程為例，以求得總完工時間最小為目標，以下是針對本論文研究所得之結果進行總結整理，並說明未來的研究方向及提出相關建議之參考。

### (一) 結論

本論文主要是運用啟發式求解中的遺傳演算法來進行生產排程求解，配合軟體的運用，發現所得到的結果雖然不是最佳解，但卻可在短時間內得到近似最佳解，而且此解是可接受的結果；雖然本論文研究所設定的產品批數不多，但遺傳演算法對先進先出法的改善率最大仍約有 9.701%，平均約有 8% 的改善率；若對 SPT 的改善率則更大，平均約有 10% 的改善率，結果證實遺傳演算法所得到的總完工時間較小，而這樣的結果顯示出遺傳演算法的求解效率很好其結果也是目前所需要的。此外，根據遺傳演算法的求解模型，求解速度快且不需受到問題及規模大小的限制，就可以得到合理的解，因為本研究只單純以砷化鎵半導體的後端製程作為研究方向，且產品批量不多，若能擴大研究的製程及訂單的數量，一定可以獲得更好的績效。

本論文研究所選用的三種運算子分別為輪盤法/單點交配/位置突變並利用不同的參數變化進行比較分析，來進行三階段單機流程型工廠的生產排程總完工時間最小的求解問題，結果證明遺傳演算法確實優於先進先出法及加工時間最短優先派工法則，遺傳演算法所得到的總完工時間更小，求解效率快，排程效果佳，因此可以證明遺傳演算法是可以兼顧求解效率及求解品質之排程工具。

### (二) 後續研究與建議

生產排程一直是一個重要且複雜的課題，而遺傳演算法則是解決生產排程問題相當好的工具之一，只要能將遺傳演算法善加於運用以符合實際的排程問題，就可以廣泛的運用在各種不同的領域上。本論文研究主要是運用啟發式求解中的遺傳演算法來進行流程型工廠排程問題的研究，繼本論文研究之後，尚有更多的研究方向可供探討：

1. 求解工具的選擇：本論文研究主是運用一般的遺傳演算法，後續的研究方向建議可發展其它的遺傳演算法來進行研究，如林永耕 [2] 應用混合式基因演算法求解流程型工廠之多目標排程問題。建議可利用其它的啟發式求解工具，如螞蟻演算法、禁忌搜尋法、模擬退火法、塔

布搜尋法等求解方法，如柯惠雯 [3] 結合模擬退火法與禁忌搜尋法於流程式生產排程進行求解，或許也可得到更佳的結果。

2. 績效指標的選擇：本論文研究的目標函數是求總完工時間最小，尚還有其它績效指標如求總流程時間、總延遲時間、延遲工作件數或是結合兩種目標函數等可供研究，如葉麗芬 [8] 進行雙目標非等效平行機台排程問題之績效指標。
3. 群組數變化的選擇：本論文所使用的群組數為 30 個，建議可研究較大的群組數，以實驗是否會有不同的結果出現，或能得到更佳的近似最佳解。
4. 複製運算子的選擇：本論文研究是採用輪盤法進行複製，建議亦可以運用競爭式選擇法進行研究。
5. 交配運算子的選擇：本論文研究所使用是單點交配且交配率設定為 0.7，建議可以運用其它的交配方式，如雙點交配或多點交配等，此外，交配率亦可再進行變動或許也得到更佳的結果。
6. 突變運算子的選擇：本論文研究所使用的是位置突變且突變機率設為 0.5，建議可以運用其它的突變方式，如移動突變，此外，交配率亦可再進行變動，其所得之結果也許會不同。
7. 演化世代數：本論文所使用 10,000 代與母體數 100 個先進行搜尋，依其演化過程再決定為最佳演化世代數設為 6,000 代，建議可以設定其它演化世代數再進行相關的研究分析。
8. 本論文研究將產品批量設為 50 批，除了進行 50 批比較外，再分別隨機抽取 20 批、30 批、40 批進行總完工時間的比較，由於本研究選取的批量不多，建議可以增加更多批量進行比較，批量的差異可以再擴大，這樣可能改善的效果會因批量增加而排程的複雜度增加，其所產生的效率及求解效果也許會更加的明顯。
9. 本論文研究主要是將問題放在探討砷化鎵後端製程的排程問題上，但在實際的生產狀況中，可能是動態排程，後續方向可探討如張子筠 [6] 動態單機排程研究，或工廠內尚有很多的製程，因此，建議後續的研究可再放大製程中心進行多階段生產排程進行評估，則所得到的結果將會對實務上更加有實質上的效益。

### 參考文獻

1. 何仁祥 (民 92)，以案例式推理為基礎的基因演算法解決生產排程問題，元智大學工業工程與管理學系碩士班碩士論文。
2. 林水耕 (民 90)，應用混合式基因演算法求解流程型工廠之多目標排程問題，元智大學工業工程研究所碩士論文。
3. 柯惠雯 (民 90)，結合模擬退火法與禁忌搜尋法在流程式生產排程的應用，大葉大學工業工程研究所碩士論文。
4. 陳振男 (民 83)，非同時到達工件之單機排程一以總加權完工時間最小為目標，元智大學工業工程研究所碩士論文。
5. 黃聖智 (民 88)，半導體針測區之互動式排程研究，清華大學工業工程與工程管理學系博士班博士論文。
6. 張子筠 (民 93)，動態單機排程之研究，交通大學工業工程與管理學系博士班博士論文。
7. 張益壽 (民 87)，應用遺傳演算法解決晶圓製造廠之交期指定問題，成功大學工業管理學系碩士班碩士論文。
8. 葉麗芬 (民 91)，雙目標非等效平行機台排程問題之探討，元智大學工業工程與管理學系碩士班碩士論文。
9. 蕭陳鴻 (民 90)，基因演算法於非等效平行機台排程之應用，元智大學工業工程研究所碩士論文。
10. 鄭价廷 (民 91)，應用基因遺傳演算法於零工式工場生產排程，高雄第一科技大學機械與自動化工程研究所碩士論文。
11. 謝日章 (民 91)，柔性計算於生產管理之運用，元智大學工業工程與管理學系博士班博士論文。
12. 蘇恆磊 (民 91)，遺傳演算法於零工式生產排程系統之應用，海洋大學系統工程暨造船學系碩士班碩士論文。
13. Baker, K. R. (1974) *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley & Sons, New York, NY.
14. Garey, M. R. and D. S. Johnson (1978) "Strong" NP-completeness results motivation, examples and implications. *Journal of Association for Computing Machinery*, 25(3), 499-508.
15. Goldberg, D. E. (1989) *Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*, Addison-Wesley, Reading, MA.
16. Grefenstette, J. (1986) Optimization of control parameter for genetic algorithms. *IEEE Transactions on Systems, Man & Cybernetics*, 16(1), 122-128.
17. Kumar, N. S. H. and G. Srinivasan (1996) A genetic algorithms for job shop scheduling- A case study. *Computer in Industry*, 31(2), 155-160.
18. Lenstra, J. K., A. H. G. Rinnooy Kan and P. Brucker (1977) Complexity of machine scheduling problems. *Annals of Discrete Mathematics*, 1, 343-362.
19. Liaw, C. F. (1999) A branch-and-bound algorithm for the single machine earliness and tardiness scheduling problem. *Computers and Operations Research*, 26(7), 679-693.
20. Liu, J. and B. L. MacCarthy (1991) Effective heuristics for the single machine sequencing problem with ready times. *International Journal of Production Research*, 29(8), 1521-1533.
21. Murata, T., H. Ishibuchi and H. Tanaka (1996) Genetic algorithms for flowshop scheduling problems. *Computers and Industrial Engineering*, 30(4), 1061-1071.
22. Pinedo, M. L. (2008) *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems 3/E*, Prentice Hall, New York, NY.
23. Schaffer, J. D., R. A. Caruana, L. J. Eshelman and R. Das (1989) A study of control parameters affecting online performance of genetic algorithms for function optimization. Proceedings of the 3rd International Conference on Genetic Algorithms Table of Contents, George Mason University, Fairfax, VA.
24. Sivirkaya-Şerifoğlu, F. and G. Ulusoy (1999) Parallel machine scheduling with earliness and tardiness penalties. *Computers and Industrial Engineering*, 26(8), 773-787.
25. Tamaki, H., E. Nishino and S. Abe (1999) A genetic algorithm approach to multi-objective scheduling problems with earliness and tardiness penalties. Proceedings of the 1999 Congress on Evolutionary Computation (CEC99), Washington, D.C.

收件：98.01.10 修正：98.04.06 接受：98.05.24

## 附錄一

50 批 RF 測試/切割擴張/出貨檢驗時間資訊表 (單位：分鐘)

Lot No.	數量	RF 整備時間	RF 測試時間	RF 測試總加工時間	切割/擴張加工時間	出貨檢驗時間
Lot-01	6	8	90	98	63	92
Lot-02	4	6	60	66	64	84
Lot-03	4	6	80	86	32	60
Lot-04	6	8	48	56	63	126
Lot-05	10	12	126	138	65	106
Lot-06	6	8	60	68	51	54
Lot-07	6	8	72	80	51	66
Lot-08	5	7	100	107	53	72
Lot-09	6	8	90	98	51	78
Lot-10	6	8	90	98	51	126
Lot-11	3	5	24	29	62	33
Lot-12	3	5	45	50	38	45
Lot-13	8	10	96	106	164	128
Lot-14	4	6	48	54	34	64
Lot-15	4	6	80	86	62	44
Lot-16	6	8	36	44	40	66
Lot-17	5	7	75	82	33	45
Lot-18	6	8	48	56	51	66
Lot-19	6	8	72	80	93	66
Lot-20	6	8	120	128	75	96
Lot-21	3	5	45	50	32	39
Lot-22	5	7	75	82	63	105
Lot-23	6	8	72	80	63	90
Lot-24	6	8	72	80	63	92
Lot-25	10	12	100	112	155	150
Lot-26	6	8	84	92	93	66
Lot-27	10	12	150	162	85	130
Lot-28	6	8	66	74	39	36
Lot-29	4	6	65	71	82	52
Lot-30	4	6	65	71	82	52
Lot-31	6	8	96	104	123	156
Lot-32	6	8	87	95	153	54
Lot-33	6	8	68	76	63	156
Lot-34	6	8	55	63	93	36
Lot-35	4	6	32	38	26	24
Lot-36	6	8	88	96	51	126
Lot-37	6	8	60	68	75	156
Lot-38	5	7	75	82	63	55
Lot-39	6	8	76	84	123	66
Lot-40	11	13	165	178	226	72
Lot-41	6	8	48	56	39	186
Lot-42	11	13	110	123	72	116
Lot-43	4	6	20	26	22	28
Lot-44	6	8	80	88	123	186
Lot-45	6	8	48	56	33	42
Lot-46	6	8	58	66	99	36
Lot-47	6	8	72	80	93	36
Lot-48	5	7	80	87	38	55
Lot-49	5	7	60	67	38	55
Lot-50	6	8	84	92	123	36