

新產品/製程導入情境下 TFT-LCD 產業的製造管理

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 96-2221-E-009-034-MY3

執行期間：2007 年 8 月 1 日至 2010 年 7 月 31 日

計畫主持人：巫木誠

共同主持人：

計畫參與人員：王君豪、陳德珊、盧威豪、張東華

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：得立即公開查詢

執行單位：國立交通大學工業工程與工程管理學系

中華民國 2008 年 05 月 29 日

# 可供推廣之研發成果資料表

■ 可申請專利

■ 可技術移轉

日期：97年05月29日

<p><b>國科會補助計畫</b></p>	<p>計畫名稱：新產品/製程導入情境下TFT-LCD 產業的製造管理 計畫主持人：巫木誠 計畫編號：NSC 96-2221-E-009-034-MY3 學門領域：工業工程與管理</p>
<p><b>技術/創作名稱</b></p>	<p>以動態規劃法進行 TFT-LCD 排序機派工之研究 大韓民國公開專利編號：520060268803</p>
<p><b>發明人/創作人</b></p>	<p>巫木誠、陳德珊</p>
<p><b>技術說明</b></p>	<p>中文： 本發明將排序機的派工決策模組化成動態規劃問題進行求解，在實例驗證後得到的結果指出，本發明所發展的動態規劃演算法顯著優於過去發明的啟發式解法。</p>
	<p>英文： This patent uniquely models and solves the sorter-dispatching problem as a dynamic program. Numerical experiments indicate that the DP model significantly outperform the prior heuristic method.</p>
<p><b>可利用之產業 及 可開發之產品</b></p>	<p>TFT-LCD 製造產業</p>
<p><b>技術特點</b></p>	<p>提高配對良率、降低加工時間</p>
<p><b>推廣及運用的價值</b></p>	<p>有效降低成本</p>

- ※ 1. 每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。
- ※ 2. 本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。
- ※ 3. 本表若不敷使用，請自行影印使用。

## 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

## 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

## 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;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 架構安排

本研究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。

## 2.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。

### 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。

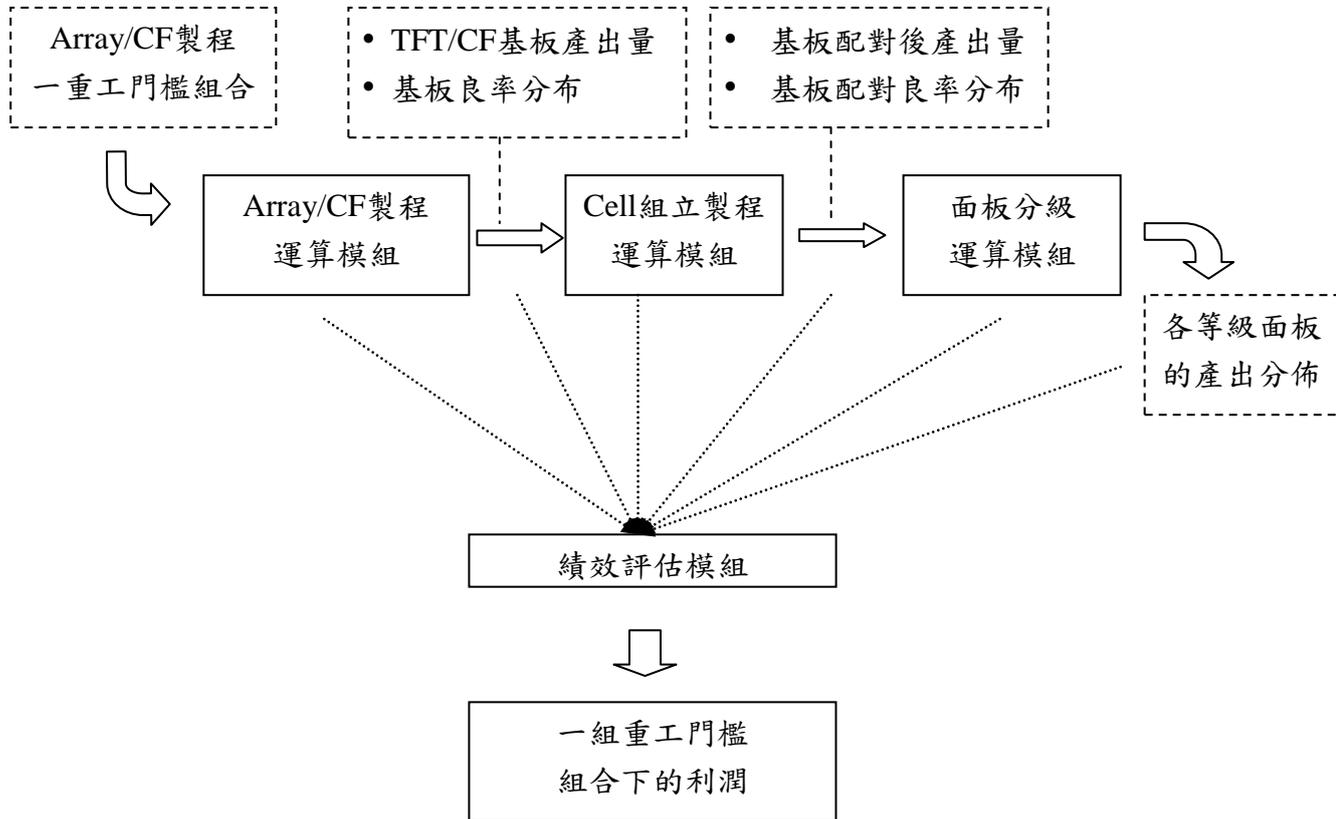


圖 3.1 模組一運算流程說明

### 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。

#### 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 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。

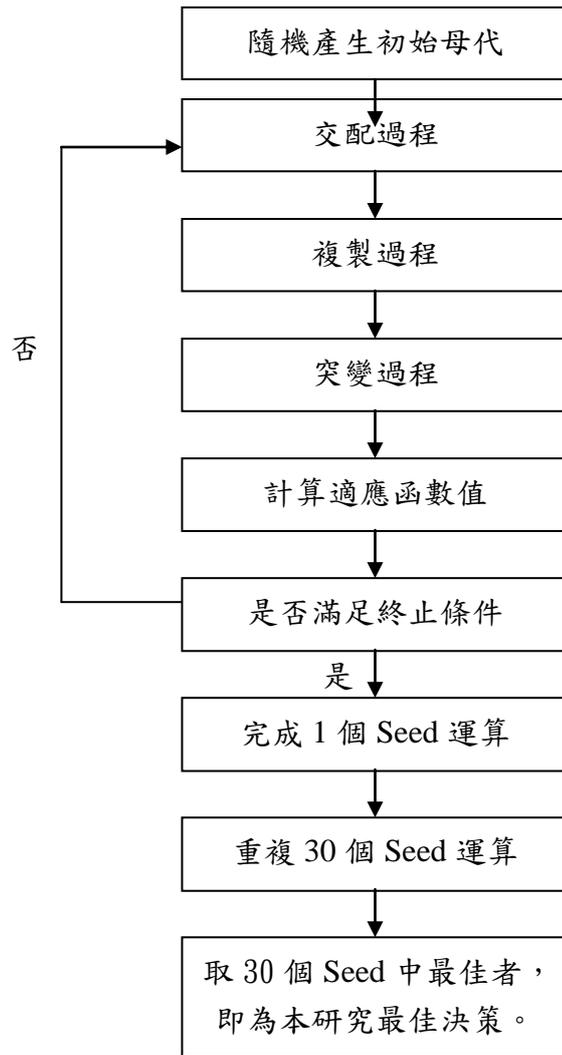


圖 4.5 本研究基因演算法流程

### 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 檢測站 1	Array 檢測站 2	CF 檢測站 1	CF 檢測站 2	CF 檢測站 3	CF 檢測站 4	CF 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 檢測站 1	Array 檢測站 2	CF 檢測站 1	CF 檢測站 2	CF 檢測站 3	CF 檢測站 4	CF 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：

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

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 檢測站 1	Array 檢測站 2	CF 檢測站 1	CF 檢測站 2	CF 檢測站 3	CF 檢測站 4	CF 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。

## 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，皆相當接近甚至等同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 integrated 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.

NCTU - 06002 - KR2

[Translation]

Mailing no.: 9-5-2008-010866038

Mailing date: February 28, 2008

**Korean Intellectual Property Office  
Notification of Patent Grant**

Applicant Name: NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY  
Address: No.1001 Ta Hsueh Rd., Hsinchu City, Taiwan, R.O.C.

Attorney Name: HWANG, Ilseok  
Address: 2F, Yale Bldg., 898-16, Daechi-dong, Gangnam-gu  
Seoul, Korea (WELL Int'l Patent Office)

Inventor Name: WU, Muh-Cherng  
Address: 12F.-2, No.98, Jianjhong Rd., Hsinchu City 300, Taiwan, R.O.C.

Inventor Name: CHEN, Te-Shan  
Address: No.39, Lane 152, Jhongshan E. Rd., Fongshan City,  
Kaohsiung County 830, Taiwan, R.O.C.

Application no. 10-2006-0101297

Title of invention: METHOD FOR SUBSTRATE SORTING AND DISPATCHING

Claims 5

This application has been granted pursuant to Article 66 of the Patent Law. (A patent right will be established by a registration with payment of annuities pursuant to Article 87.)

[Priority Claimed]

Country: TW Application No.: 095125953 (Filing Date: July 14, 2006)

February 28, 2008

발송번호: 9-5-2008-010866038  
발송일자: 2008.02.28

수신 서울 강남구 대치동 898-16 에일빌딩 2층  
(웰국제특허법률사무소)  
황일석

135-280

YOUR INVENTION PARTNER

특 허 청  
특허결정서

출 원 인 명 칭 네이셔널 차오 텡 유니버시티 (출원인코드: 520060268803)  
주 소 중화민국 대만 신츄 시티 타 슈에 로드 1001호

대 리 인 명 칭 황일석  
주 소 서울 강남구 대치동 898-16 에일빌딩  
2층(웰국제특허법률사무소)

발 명 자 성 명 우, 무-청  
주 소 중화민국 대만 신츄 시티 300 지안중 로드 넘버 98 12층-2

발 명 자 성 명 첸, 테-산  
주 소 중화민국 대만 카오흐시웅 카운티 830 풍산 시티 종산 이,  
로드레인 152 넘버 39

출 원 번 호 10-2006-0101297

발 명 의 명 칭 회로 기관의 분류 과정 및 디스패칭 방법

청 구 항 5

이 출원은 특허법 제66조의 규정에 의하여 특허결정합니다.  
(특허법 제87조의 규정에 따라 특허권은 특허료를 납부하여 설정등록함으로써 발생하게 됩니다.) 끝.

[우선권주장]

우선권주장국가: TW 우선권주장번호: 095125953 (우선권주장일자: 2006.07.14)

[ 참고문헌 ]

1. 공개특허 제2000-0031175호
2. 공개특허 제2002-0052563호
3. 공개특허 제2002-0054392호
4. 공개특허 제2005-0069109호



2008.02.28

특허청

정보통신심사본부  
디스플레이심사팀

심사관

김지강



<<특허등록료, 실용신안등록료 납부, FD(플로피디스크제출 및 특허기술상신청안내)>>

※ 등록료 납부안내

1. 특허료 납부예정금액(1~3년차분) : 291,000 원(1~3년차분을 정상납부기간내에 납부하는 경우), 145,500 원(50% 감면대상자인 경우), 87,300 원(70% 감면대상자인 경우)

\* 특허료의 정상납부기간을 경과하여 추가납부하거나, 특허료납부기간 중 특허료의 변경요인이 있을 때에는 위 납부금액이 달라질 수 있습니다.

2. 납부기간 : 이 특허결정서를 받은 날로부터 3월 이내에 최초 3년분의 특허료를 일시에 납부하여야 하며, 이 납부기간이 경과한 후에는 6월이내(추가납부기간)에 한하여 2배의 금액을 납부하여야 합니다. 이 추가납부기간도 경과하면 출원포기로 간주되어 등록받을 수 없습니다.

3. 납부방법 :

① 「납입고지서 및 영수증」을 이용하는 방법 : 특허결정서와 함께 송달받은 「납입고지서 및 영수증」상의 정상납부일까지 은행, 우체국 등 국고수납기관 또는 인터넷지로사이트(<http://giro.or.kr>)에서 특허료를 납부합니다.

② 특허료납부서를 이용하는 방법 : 특허료납부서를 특허청(서울사무소)에 먼저 제출한 후 부여받은 접수번호를 납부자번호로 하여 제출일의 다음날까지 은행, 우체국 등 국고수납기관 또는 인터넷지로사이트(<http://giro.or.kr>)에서 특허료를 납부합니다. 다만, 특허료납부서를 우편으로 제출하려는 경우에는 특허료에 해당하는 통상환증서를 함께 보내셔야 합니다.

\* 보내실 곳 : 우)302-701 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 특허청 등록서비스팀

4. 국민기초생활보장법상 수급자, 학생, 소기업, 중기업 등이 특허료를 감면받고자 하는 경우에는 특허료납부서와 함께 감면 또는 면제 대상임을 입증하는 서류를 제출한 후 특허료를 납부하여야 하고, 일부청구항을 포기하려는 자는 특허료납부서와 함께 일부청구항포기서를 제출한 후 특허료를 납부하여야 합니다.

※ FD출원

- FD출원 후 특허결정의 등본을 받기 전에 보정을 한 자는 특허료납부서 제출시까지 보정내용의 전부가 반영된 최종본의 FD 1통을 첨부하여 민원실에 제출하여야 합니다.

※ 특허기술상은 내국인의 경우, 이의신청기간만료일로부터 설정등록 후 2년 이내에 해당 심사팀에 추천의뢰신청을 할 수 있습니다.

※ 서식 또는 절차에 대하여는 특허고객 콜센터(☎1544-8080)로 문의하시기 바라며, 기타 문의사항이 있으시면 ☎ 042)481-8533(담당심사관 김지강)로 문의하시기 바랍니다.

※ 우 302-701 대전광역시 서구 선사로 139, 정부대전청사 특허청