

國立交通大學

管理學院(工業工程與管理學程)碩士班

碩士論文

顯影液濃度控制系統的不變量分析

Invariant Analysis of a Developing Chemical
Density Control System



研究生：黃騰慶

指導教授：梁高榮 博士

中華民國九十五年一月

顯影液濃度控制系統的不變量分析
Invariant Analysis of a Developing Chemical Density Control System

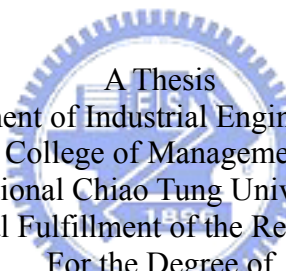
研究生：黃騰慶

Student：Teng-Ching Huang

指導教授：梁高榮

Advisor：Gau-Rong Liang

國立交通大學
工業工程與管理系
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 Business Administration
in
Industrial Engineering

February 2006

Hsinchu, Taiwan, Republic of China

中華民國九十五年二月

顯影液濃度控制系統的不變量分析

研究生：黃騰慶

指導教授：梁高榮 博士

國立交通大學工業工程與管理學系

摘要

彩色濾光片的製造程序裡，顯影液濃度是影響產品品質的關鍵因素。通常這濃度是透過可程式邏輯控制器來進行控制。預期中的智慧型可程式邏輯控制器必須能即時的偵測出製程中的任何異常。本論文使用裴氏圖建構系統的模型，並運用其不變量分析來實作智慧型可程式邏輯控制器。換言之，正常的製造程序裡不變量不應該改變；反之，任何違反不變量法則的狀態即表示系統出現異常。在彩色濾光片工廠實作此一智慧型可程式邏輯控制器後，當故障發生時，則系統就可立即偵測出其異常狀況。此外，本可程式邏輯控制器實作也可避免危害的擴散。



關鍵詞：顯影液、彩色濾光片、可程式控制器、裴氏圖、不變量。

Invariant Analysis of a Developing Chemical Density Control System

Student : Teng-Ching Huang

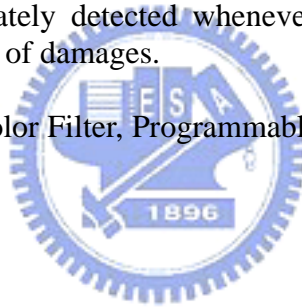
Advisor : Dr. Gau-Rong Liang

Department of Industrial Engineering & Management
National Chiao Tung University

Abstract

Developing chemical density is a key factor to affect the quality of color filters in their manufacturing process. Usually the density is controlled through a Programmable Logic Controller (PLC). Also an intelligent PLC is expected of detecting any malfunction in a real time way from the manufacturing process. In this thesis, such a PLC has been implemented using invariant analysis of Petri nets which is used for modeling the underlying manufacturing process. In other words, the invariants are conserved in a normal manufacturing process; however, any violated invariant means something wrong. After the implementation of this intelligent PLC in a color filter factory, the abnormal condition can be immediately detected whenever a malfunction occurs. Besides, this implementation avoids the expansion of damages.

Keywords: Developing Chemical, Color Filter, Programmable Logic Controller, Petri Net, Invariant Analysis ◦



致謝

本研究特別感謝梁高榮老師的指導。對於一個專班的學生而言，除了工作經驗之外，在課業上並不如一般生，當平日的時間大多花在工作上，再扣除與家人及處理家庭瑣事的時間，其實可以做研究、寫論文的時間並不多，加上本身也給自己許多怠惰與懶散的藉口，因此浪費了很多寶貴的時間，延緩了論文的進度。而梁高榮老師讓我看到了一位老師對一個邊緣學生所能有的最大包容及耐心，指導我在眾多生活瑣事中有機會慢慢完成論文的撰寫。

此外感謝宗沂、舜正、啟宗所提供的協助，讓論文的撰寫得以順利的進行。對我而言，論文就像是心上一塊石頭，除了壓迫心臟還讓人有些呼吸困難，不論行、住、坐、臥都會感到它的存在。如今論文完成，心上的石頭也落了地。感謝老婆不斷的提醒、叮嚀及父親經常的詢問，家人的持續關心與鼓勵是完成論文的最大動力。



目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
致謝.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 內容架構.....	3
第二章 文獻回顧.....	4
2.1 彩色濾光片.....	4
2.1.1 彩色濾光片原理及特性.....	4
2.1.2 材料及特性.....	6
2.1.3 彩色濾光片外觀.....	9
2.2 可程式邏輯控制器.....	11
2.3 裴氏圖表達法.....	13
2.3.1 裴氏圖簡介.....	13
2.3.2 裴氏圖的定義.....	13
2.3.3 裴氏圖與可程式邏輯控制器的關係.....	14
第三章 彩色濾光片製程及顯影設備.....	17
3.1 彩色濾光片製程.....	17
3.1.1 受入洗淨製程.....	18
3.1.2 鉻濺鍍薄膜製程.....	18
3.1.3 黑色陣列製程.....	19
3.1.4 紅、綠、藍製程.....	22
3.1.5 氧化銻錫濺鍍薄膜製程.....	23
3.1.6 間隔層製程.....	24
3.1.7 玻璃切割製程.....	25
3.2 顯影製程.....	27
3.3 顯影設備.....	29
3.3.1 水簾式灑水裝置.....	29
3.3.2 搖動搖動噴灑裝置.....	30
3.3.3 顯影液桶槽.....	31
3.3.4 毛刷洗淨.....	33
3.3.5 類真空噴射洗.....	34
3.3.6 風刀.....	36
第四章 IDEF0 系統架構實例說明.....	38
4.1 系統架構.....	38
4.2 IDEF0 實例說明.....	40
第五章 裴氏圖及不變量求解.....	47
5.1 顯影液濃度控制子系統不變量求解.....	47
5.2 暫存槽子系統不變量求解.....	50

第六章 顯影液濃度穩定系統建構與實作.....	54
6.1 觸控式螢幕程式撰寫及說明.....	54
6.2 可程式控制器程式撰寫及說明.....	62
第七章 結論.....	71
7.1 顯影液濃度控制系統的成果.....	71
7.2 未來研究方向.....	71
參考文獻.....	72



圖目錄

圖 2.1 液晶顯示器顏色產生原理.....	4
圖 2.2 薄膜電晶體液晶顯示器立體結構圖.....	5
圖 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器 作動示意圖.....	5
圖 2.4 薄膜電晶體液晶顯示器畫素斷面圖.....	6
圖 2.5 背光與彩色濾光片產生紅、綠、藍顏色示意圖.....	8
圖 2.6 紅、綠、藍色度圖.....	9
圖 2.7 彩色濾光片畫素及排列示意圖.....	10
圖 2.8 彩色濾光片各製程膜層圖示.....	10
圖 2.9 轉移點激發法則說明.....	14
圖 2.10 二位元決策樹.....	15
圖 2.11 非主宰保持函數階梯圖表示法.....	15
圖 3.1 彩色濾光片製程流程圖.....	17
圖 3.2 清洗機刷洗洗淨示意.....	18
圖 3.3 鉻濺鍍薄膜製程示意圖.....	19
圖 3.4 三層鉻橫切面示意圖.....	19
圖 3.5 黑色陣列曝光原理及成品圖.....	20
圖 3.6 黑色陣列製程示意圖.....	21
圖 3.7 紅色膜曝光原理及成品圖.....	22
圖 3.8 紅、綠、藍製程示意圖.....	23
圖 3.9 氧化銻錫濺鍍薄膜製程示意圖.....	24
圖 3.10 間隔層製程示意圖.....	25
圖 3.11 間隔層分佈圖.....	25
圖 3.12 玻璃切割製程示意圖.....	26
圖 3.13 玻璃切割型式圖.....	26
圖 3.14 顯影機關聯性.....	27
圖 3.15 顯影不足.....	27
圖 3.16 顯像過度.....	27
圖 3.17 生產片數與顯影液濃度變化趨勢圖.....	28
圖 3.18 顯影時間與線寬變化趨勢圖.....	28
圖 3.19 顯影機各槽功能圖.....	29
圖 3.20 水簾式灑水裝置作動示意圖.....	29
圖 3.21 水簾式灑水裝置實體圖.....	30
圖 3.22 噴灑頭作動示意圖.....	30
圖 3.23 Spray Shower 實體圖.....	31
圖 3.24 顯影液桶槽管路圖.....	32
圖 3.25 顯影液桶槽實體圖.....	32
圖 3.26 刷洗槽毛刷作動示意圖.....	33
圖 3.27 Brush 實體圖.....	33
圖 3.28 類真空噴射洗淨管路圖.....	34
圖 3.29 類真空噴射洗淨作動示意圖.....	35
圖 3.30 類真空噴射洗淨洗淨作用示意圖.....	35
圖 3.31 類真空噴射洗淨實體圖.....	36
圖 3.32 風刀作動示意圖.....	36

圖 3.33 風刀實體圖.....	37
圖 4.1 系統架構示意圖.....	39
圖 4.2 濃度區間定義圖.....	41
圖 4.3 顯影機濃度控制系統.....	41
圖 4.4 濃度控制系統.....	42
圖 4.5 可程式控制器.....	43
圖 4.6 顯影液暫存槽.....	45
圖 4.7 顯影液桶槽.....	46
圖 5.1 顯影液濃度控制子系統的斐氏圖.....	47
圖 5.2 暫存槽顯影液濃度控制子系統的斐氏圖.....	50
圖 6.1 Tank Process Setting 設定頁面 (一).....	54
圖 6.2 Tank Process Setting 設定頁面 (二).....	55
圖 6.3 Tank Process Setting 設定頁面 (三).....	56
圖 6.4 Tank Process Setting 設定頁面 (四).....	56
圖 6.5 Alarm History 設定頁面 (一).....	57
圖 6.6 Comment List 設定頁面 (一).....	58
圖 6.7 Comment List 設定頁面 (二).....	59
圖 6.8 Alarm History 設定頁面 (二).....	59
圖 6.9 Comment List 設定頁面 (三).....	60
圖 6.10 Comment List 設定頁面 (四).....	61
圖 6.11 顯影液濃度上限設定.....	62
圖 6.12 顯影液濃度超出上限延遲.....	62
圖 6.13 顯影液濃度超出上限警報 (一).....	63
圖 6.14 顯影液濃度超出上限警報 (二).....	64
圖 6.15 濃度控制界限設定.....	65
圖 6.16 濃度區間定義.....	66
圖 6.17 職務週期設定.....	66
圖 6.18 濃度控制程式.....	67
圖 6.19 顯影液濃度超規停機功能.....	68
圖 6.20 暫存槽階梯圖.....	68
圖 6.21 偵查法則可程式控制器程式.....	69

表目錄

表 2.1 透過率規格表.....	7
表 2.2 紅、綠、藍色度表.....	7
表 2.3 IEC 1131-3 五種程式語言.....	11
表 2.4 裴氏圖及階梯圖表示法.....	16
表 4.1 顯影液濃度區間定義表.....	40
表 5.1 顯影液濃度控制系統元件說明.....	47
表 5.2 裴氏圖的暫存點及轉移點說明.....	48
表 5.3 顯影液濃度控制子系統產率矩陣 R.....	48
表 5.4 裴氏圖的暫存點及轉移點說明.....	50
表 5.5 暫存槽子系統產率矩陣 R.....	51
表 5.6 偵查法則及監控元件屬性狀態表.....	53
表 6.1 可程式控制器資料暫存器說明.....	65



第一章 緒論

本章目的在說明論文的出發點，其內容共分為四個部份，分別是 1.1 節『研究背景與動機』說明本論文研究題目的動機。1.2 節『研究目的』對研究題目希望在產業應用上達到的成效作說明。1.3 節『內容架構』概略說明本論文的架構及各章的內容。1.4 節『論文進度』就論文的撰寫提出時程安排。

1.1 研究背景與動機

顯影機一般都會有兩個顯影液的桶槽，一槽使用中；一槽待命。當使用中桶槽的顯影液達到切換條件時，顯影機會切到待命的桶槽，繼續製程，而原先使用中桶槽在經過舊顯影液排放，並做槽內自動清洗後，會從廠務系統補充新的顯影液，而變成待命桶槽。

本文所提及的顯影機對顯影液桶槽切換的設定有三個條件：處理片數(Sheet Count)、顯影液桶槽使用時間(Time)及顯影液濃度(Density)。當顯影液在處理一定片數的玻璃後其濃度會隨著處理片數而下降，因此必須設定一安全的濃度下限值，即當顯影液濃度下降到設定值時做顯影液桶槽的切換，濃度下限值的設定必須是能生產符合黑色陣列線寬規格的最低顯影液濃度，此即為處理片數。顯影液桶槽主要的切換依據是處理片數，但當顯影液桶槽開始使用後在某些情況下像是設備維修或處理品質問題等會使設備停止，顯影液即使不使用也會和空氣中的氧氣起化學反應而使濃度降低，為了確保顯影液的濃度，設定顯影液桶槽的使用時間是確保製程品質的必要動作。顯影液的濃度為影響線寬的重要參數，也是最直接的品質指標，因此顯影液桶槽的顯影液濃度亦為顯影液桶槽的切換指標，然而這三個顯影液桶槽切換的條件並無法達到顯影液濃度的控制功能。

在彩色濾光片中，黑色陣列(Black Matrix, BM)的用途是改善色彩的對比，減少光線的反射，增加視認性，並避免薄膜電晶體之光電子流干擾。本文以鉻系的黑色陣列為例，一般在黑色陣列製程的工程規格量測上會有以下幾個項目：1).線寬:即在不同顏色光阻間及相同顏色光阻上、下開口間的黑色陣列寬度。2).開口部:所謂開口部即是在黑色陣列的膜層上切出一個一個上、下、左、右對齊的缺口，稱之為開口部。開口部與線寬有直接的關係而且是負相關的關係，亦即，開口部大則線寬相對就小；反之開口部小則線寬相對就大。而線寬即為本論文所關注的品質要項，也可以說是黑色陣列的關鍵尺寸。

通常廠務端在進行顯影液濃度的調配時會盡量接近可以接受的製程濃度上限，因為顯影液的濃度會隨著製程生產的片數而逐漸降低，較高的製程顯影液濃度，代表一個顯影液桶槽可以生產較多的片數，也就是較少的顯影液桶槽切換，較低的生產成本。但是在實際的使用上，曾發生因廠務系統與顯影機顯影液濃度計之間存在機差，而使廠務端所調配出的顯影液濃度太高，造成產品品質異常的問題。此外新的顯影液濃度較高，雖然可以生產較多的片數，但卻會造成新的顯影液濃度與設定的製程顯影液濃度下限有較大的差異，此一較大的濃度差異反應在產品上就是較大的品質變異。本文顯影液製程濃度上、下限的差異約在 140 ppm，如果將廠務端所調配出新顯影液的濃度值降低，可以縮小製程中顯影液濃度的差異，當然就可以減少產品品質的變異，但是每一顯影液槽所能處理的產品片數也相對的減少，也就是顯影桶槽的切換頻率將增加，此外因為每一顯影液桶槽所能處理的產品片數減少，顯影液桶槽切換的頻率增加，代表顯影桶槽的容許整備時間相對縮短，因此如果顯影液桶槽從排放廢液開始到清潔到補充完新的顯影液的時間較容許的整備時間長，便會因為來不及完成顯影液補充的動作而在顯影桶槽切換時造成設備異常。因此，加裝一套具有顯影液上限濃度設定及濃度控制的系統，將顯影液濃度在整個製程過程中，控制在一個較小的變動範圍，可以穩定產品品質並有效解決原有的顯影設備在實際使用時所碰到的問題。

1.2 研究目的

本研究的目的有二。

1. 建構一顯影液濃度控制系統以有效維持製程中顯影液濃度在較小的範圍，進而改善產品品質的變異。顯影液濃度對黑色陣列製程中的線寬規格有直接的影響，而顯影製程中顯影液濃度的變化即意味著黑色陣列製程中的線寬變異。在原有設備上顯影液桶槽切換的條件有三個：即是處理片數、顯影液桶槽的使用時間、顯影液的濃度，顯影液的濃度為影響線寬的重要參數，也是最直接的品質指標。雖說影響黑色陣列線寬的製程不只有顯影液的濃度一項，但在一般的狀況下顯影液濃度卻是變動最頻繁的製程參數，因此若能將顯影液濃度做一有效的控制，將能有效改善黑色陣列線寬的變異。此為本論文的第一個目的。

2. 試著以裴氏圖找出系統的不變量，並將不變量寫入可程式控制器做為系統運作時的偵查員，當系統異常時發出警報。在可程式控制器的程式中，警報的發報通常被設定成某些條件的滿足，例如當設備運轉中液位感知器偵測到液位低下時即發出液位低下警報，當位置感知器感應不到工件時發出位置異常警報等，即對系統內諸多的單一功能逐一做反應。裴氏圖是一個圖形化且具有嚴格數學計算架構的技術，具有描述同步系統的能力，並且可以對系統作定性與定量的分析，可藉由模擬系統的執行預測可能出現的鎖死與超載的危險狀況[1]，對系統加以修正，從而進行系統的最佳化。利用裴氏圖找出系統在運作中不會改變的關係即不變量，並將此不變量寫回原可程式控制器做為系統運作時的偵查員，當系統異常時發出警報，以替代一般的可程式控制器警報程式，此為本論文的第二個目的。



1.3 內容架構

本論文共分七章. 各章內容大致如下：

第一章：『緒論』說明本論文之背景、動機、目的及內容架構。

第二章：『文獻回顧』探討及回顧本論文相關的文獻及研究。包含裴氏圖、可程式控制器的應用及彩色濾光片等。

第三章：『彩色濾光片製程及顯影設備』介紹彩色濾光片製程及與本研究關係密切的顯影設備，顯影液濃度與製程規格的关系介紹。

第四章：『IDEF0 系統架構實例說明』以 IDEF0 做系統的實例說明。

第五章：『裴氏圖及不變量求解』畫出系統的裴氏圖，並試著導出不變量。

第六章：『顯影液濃度穩定系統建構與實作』系統建構以彩色濾光片廠的顯影設備實際進行，主要說明觸控螢幕頁面規劃及相關參數設定，可程式控制器階梯圖程式撰寫。

第七章：『結論』



第二章 文獻回顧

本章主要是回顧裴氏圖的表達、可程式邏輯控制器以及彩色濾光片的原理及製程等相關文獻。內容共分為三小節，2.1 節『彩色濾光片』說明彩色濾光片的原理、材料及特性等。2.2 節『可程式邏輯控制器』敘述可程式邏輯控制器的歷史及內部的構成。2.3 節『裴氏圖表達法』利用裴氏圖表達動態作業、工作流程的技術方法以及與階梯圖的關係。

2.1 彩色濾光片

液晶顯示器 (Liquid Crystal Display, LCD) 具備輕薄、省電、無輻射、可全彩化等特色，已經成為平面顯示器的主流，應用領域涵蓋攜帶型個人電腦、電視、電子遊樂器、電子辭典、計算器等及汽車衛星導航系統與行動電話之螢幕顯示。彩色濾光片 (Color Filter, CF) 是使液晶呈現亮麗、逼真、鮮豔的畫面而提高其附加價值之關鍵元件[2]。

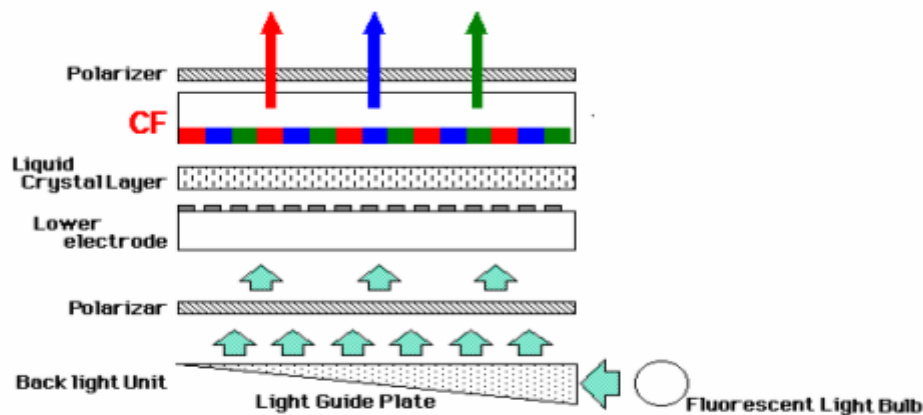


圖 2.1 液晶顯示器顏色產生原理[8]

彩色濾光片是液晶顯示器的關鍵零組件之一，由於液晶顯示器本身並不會發光，如圖 2.1 所示，其光源是由背光板所提供，而背光板為白光並不產生色彩。因此必須在液晶顯示器上加一片具有紅、綠、藍三原色色彩的罩子，使液晶顯示器由黑白變彩色。因此彩色濾光片是讓液晶顯示器彩色化的關鍵，而彩色濾光片品質的好壞對液晶顯示器的色彩的表現有決定性的影響。

2.1.1 彩色濾光片原理及特性

液晶顯示器乃利用液晶分子具有受電場影響而改變排列方向的特性，進而控制光通過顯示區之強弱以達顯示不同亮、暗訊號之目的。圖 2.2 為薄膜電晶體液晶顯示器的立體結構圖，最上面是偏光片，偏光片下即為彩色濾光片，其組成有玻璃基板、黑色陣列、紅、綠、藍的彩色濾光膜層、保護膜及其上的氧化銦錫 (Indium Tin Oxide, ITO) 膜，在氧化銦錫膜上還有一層間隔層，讓彩色濾光片以及液晶顯示器貼合後，藉由間隔層維持一定的空間使液晶能自由的旋轉。由於製程技術的進步，保護膜的製程已被省略，即在紅、綠、藍濾光層製程結束後就進行氧化銦錫鍍膜製程。

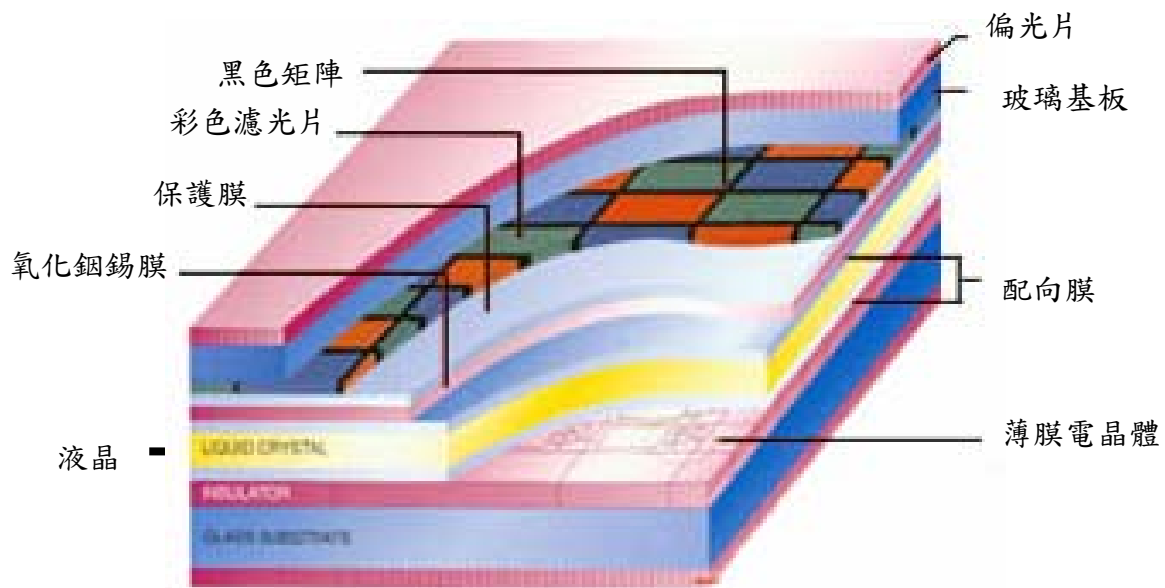


圖 2.2 薄膜電晶體液晶顯示器立體結構圖[11]

彩色濾光片功能解說可以用圖 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器作動示意為例，圖中上層為彩色濾光片玻璃，下層為薄膜電晶體玻璃，當下層薄膜電晶體打開時，液晶直立背光的光線無法穿透，所以沒有任何顏色及亮度，如圖左側示意。當薄膜電晶體關閉時液晶轉動偏折，背光光線延液晶分子間隙穿透而出，再經過彩色濾光片便可顯現出色彩，如圖右側示意。

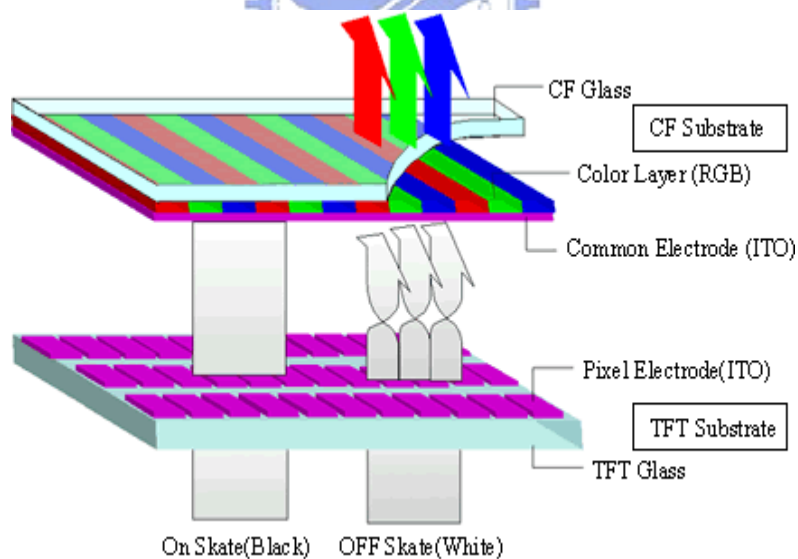


圖 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器作動示意[7]

彩色濾光片是在玻璃基板上製作出許多紅、綠、藍的圖素，如圖 2.4 薄膜電晶體液晶顯示器畫素斷面圖所示，每個圖素對應液晶顯示器上的一個畫素。當白色背光通過這些圖素後，變成紅、綠、藍光，而構成三原色光。其結構由外到內分別為玻璃基板，製作在玻璃基板上，防反射之遮光層，即為黑色陣列層，再依序製作上具有透光性紅、綠、藍三原色之彩色濾光膜層（濾光層之形狀、尺寸、色澤配列，依不同用途之液晶顯示器而異），然後濺鍍上氧化銦錫膜，最後完成間隔層。

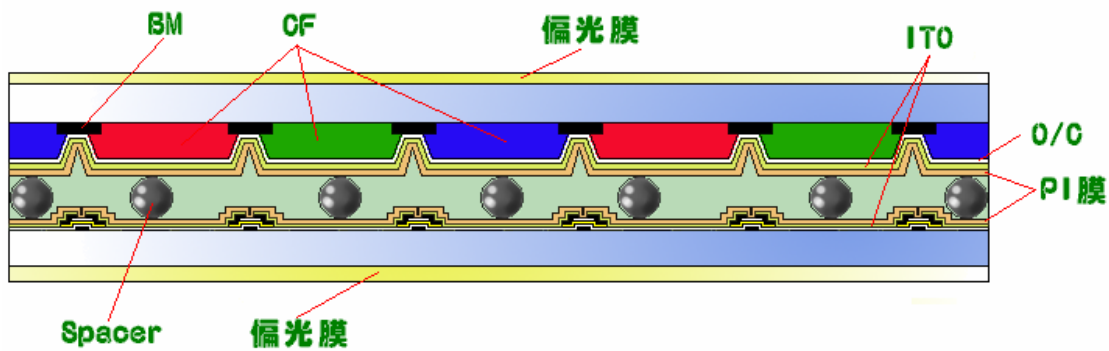


圖 2.4 薄膜電晶體液晶顯示器畫素斷面圖[10]

2.1.2 材料及特性

以下就各層材料及特性簡要說明如下：

1. 玻璃基板:在薄膜電晶體液晶顯示器所用之彩色濾光片，其使用之玻璃為無鹼性、低膨脹之玻璃，如此才可以符合製作過程高精度，及尺寸安定性佳的需求。

2. 黑色陣列層:為了提升液晶顯示器對比、防止薄膜電晶體元件產生光漏電流與遮掩液晶顯示器顯示時有一些漏光不良，彩色濾光片需要在各色層間做上一條一條的黑色條紋，以達到上訴目的，此黑色條紋即為黑色陣列，也是遮光層。茲就特性說明如下：

材料:黑色陣列材料主要的要求是遮光性強、低反射率與玻璃的附著性佳，例如 鉻、黑色樹脂等材料。

結構:目前彩色濾光片的黑色陣列普遍使用鉻此一金屬材料，而其結構有兩層(Cr/氧化鉻膜)與3層(Cr/氧化鉻膜/CrNy)兩種，氧化鉻膜層主要是為了降低金屬鉻的反射率。

反射率：一般是以 450~650 nm 範圍的波長做測試，反射率要小於 7%。

光學密度：即 OD 值，此數值表示黑色陣列遮光的能力，OD 值愈大表示其愈接近黑色，遮光的能力愈強，一般要求要大於 4，其計算公式如下：

$$OD = \log \left[\frac{100}{Y} \right], \text{ 其中 } Y \text{ 是指以透過式量測黑色陣列時所得的亮度值。}$$

3. 紅、綠、藍光阻層：液晶顯示器之所以會有顏色是因為背光之白色光通過彩色濾光片上紅、綠、藍三個色層時，分別會產生紅、綠、藍三種顏色，透過此三原色的組合而構成各種色彩。彩色濾光層光阻最主要有二大材料：結合劑(Binder)以及顏料(Pigment)。結合劑必須具備高透明性及耐熱性的高分子樹脂，且針對不同製程方法設計不同功能性樹脂。而顏料是使透明之高分子樹脂具有顏色，而顏料僅分散於高分子樹脂間。彩色濾光層光阻與黑色陣列最大的不同特性在於其彩色光阻必須具高透過率以及高色純度。以高透過率來說一般薄膜液晶顯示器模組所使用的背光板燈管，其頻譜會在短、中、長波長處出現三個明顯的尖峰(Peak)，根據這三個尖峰所對應之波長來訂定紅、綠、藍三種顏色的透過率。舉例說明如表 2.1 所列：

表 2.1 透過率規格表[8]

peak C F 色層	B / L	435 nm (短)	545 nm (中)	610 nm (長)
	R		< 5 %	< 5 %
G		< 5 %	> 85 %	< 20 %
B		> 80 %	< 5 %	< 5 %

以高色純度來說，以 CIE 1931 (X, Y, Z) 為參考之色度座標分別量測出紅、綠、藍三顏色之 (x, y) 之色度值，根據 NTSC (National Television System Committee)、EBU (European Broadcast Union) 所定義的紅、綠、藍三顏色之 (x, y) 色度值，以及陰極射線管 薄膜電晶體液晶顯示器(NB)、薄膜電晶體液晶顯示器的紅、綠、藍三顏色之(x, y) 一般色度值，將其整理如表 2.2 紅、綠、藍色度表所示：

表 2.2 紅、綠、藍色度表[8]

	紅		綠		藍	
	x	y	x	y	x	y
NTSC	0.67	0.33	0.21	0.71	0.14	0.08
EBU	0.64	0.33	0.29	0.60	0.15	0.06
CRT	0.57	0.32	0.24	0.67	0.15	0.12
薄膜電晶體液晶顯示器	0.60	0.34	0.30	0.54	0.13	0.15

薄膜電晶體液晶顯示器本身並不發光，不像電漿顯示器或陰極射線管是用螢光粉來產生光，屬於非自發光的平面顯示器。因此必須借助外來的光源使其產生光亮。以現行薄膜電晶體液晶顯示器的技術都使用背光做為薄膜電晶體液晶顯示器的光源，但背光源只產生白光並無法使薄膜電晶體液晶顯示器產生色彩，要讓薄膜電晶體液晶顯示器產生色彩就必須要靠彩色濾光片。因此背光光源與彩色濾光片特性的搭配效果會決定顯示器的色彩表現。圖 2.5 背光光源的頻譜分佈可以明顯看出有三個尖峰，分別出現在波長 440 nm、540nm 及 610nm 左右的位置。再以彩色濾光片穿透度的頻譜分佈來看一樣也有三個尖峰，分別屬於紅、藍、綠三原色。左邊的“B”，尖峰落在 400nm~460nm 之間，但在波長 550nm 以上其穿透度幾乎等於“0”；中間的“G”，尖峰落在 490nm~550nm 之間，但在波長 450nm 以下及波長 600nm 以上其穿透度幾乎等於“0”；右邊的“R”尖峰則落在波長 600nm 到 700nm 之間，但在波長 550nm 以下其穿透度幾乎等於“0”。

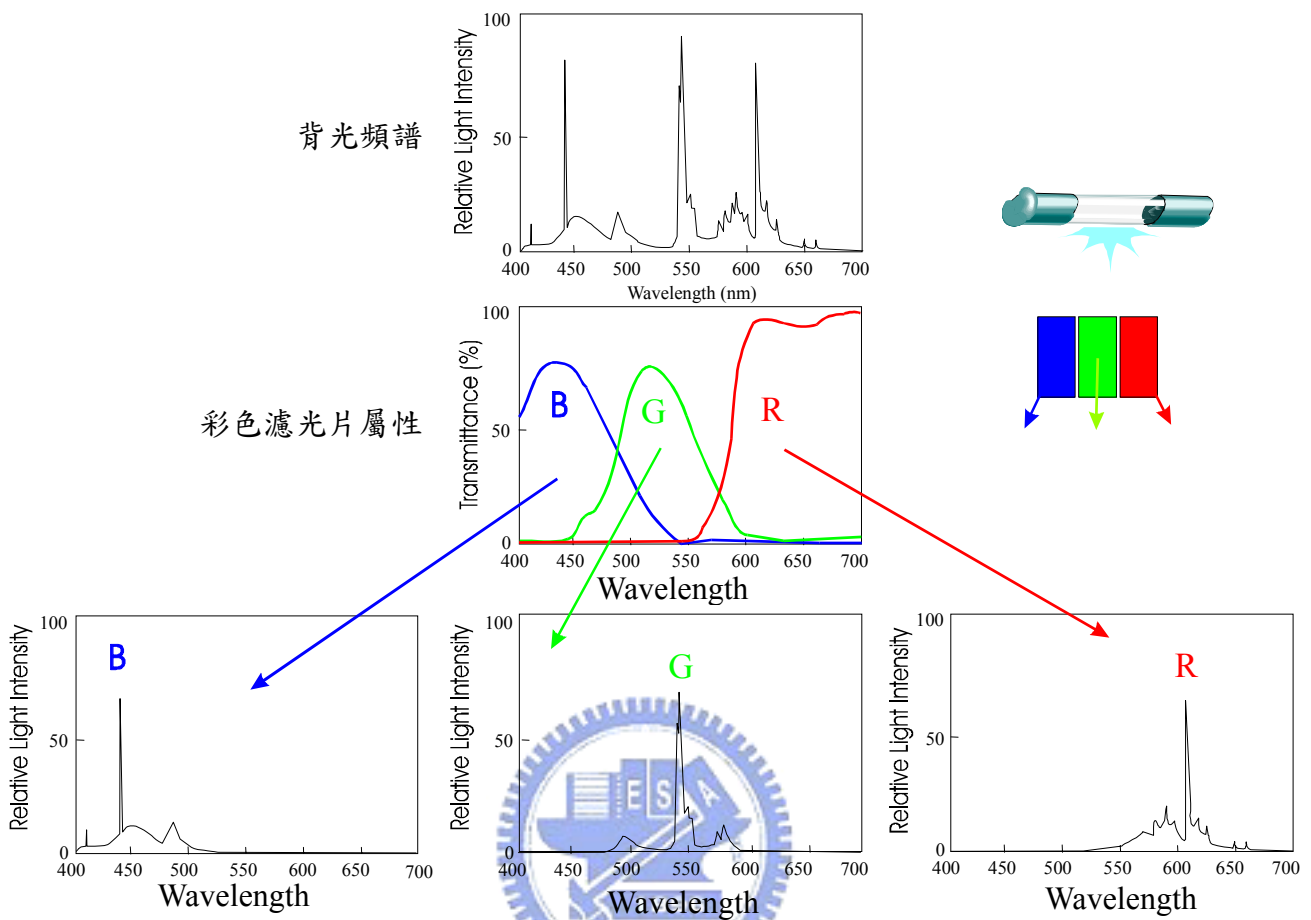


圖 2.5 背光與彩色濾光片產生紅、綠、藍顏色示意圖[8]

換言之，在圖 2.5 中，“B”的光阻穿透度有助於低頻波的通過但會抑制中頻波及高頻波的通過，功能特性為低通濾波器。“G”的光阻穿透度有助於中間頻波的通過但會抑制低頻波及高頻波的通過，功能特性為帶通濾波器。“R”的光阻穿透度有助於高頻波的通過但會抑制中頻波及低頻波的通過，功能特性為高通濾波器。在背光頻譜與彩色濾光片特性的搭配下，便能有較佳的色度表現。

再以顏色的表現來看，同樣是白色，但以肉眼觀看的感覺來說，有的白看起來另人感覺較冷，有的白看起來另人感覺較溫暖。原因就在於組成的三原色的色座標所在的位置。由圖 2.6 左側的圖來說中間部位有一個三角型，三角型的三個頂點即是紅、藍、綠三原色的位置。其所對應的色座標 x, y 位置如右側表格所示。而紅、藍、綠三原色的三個頂點所形成的三角型內的所有顏色即為此顯示器所能呈現的所有色彩，因此三角型所包含的範圍越大所能呈現的色彩也越豐富。而紅、藍、綠三原色的位置也決定了白光的座標。以圖 2.6 的例子白光的色座標 $x = 0.3094$ ； $y = 0.3364$ 。在色座標的顏色分佈上， x 軸的值越高越偏黃、紅、紫的顏色，反應在白色上看起來另人感覺較溫暖；反之， x 軸的值越低越偏藍、綠的顏色，反應在白色上看起來另人感覺較冷。

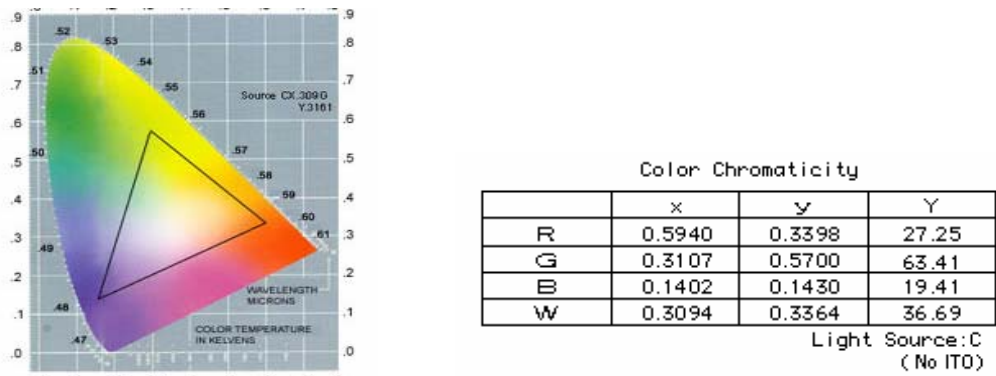


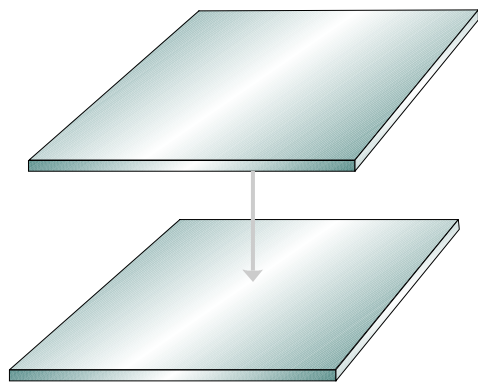
圖 2.6 紅、綠、藍色度圖[8]

2.1.3 彩色濾光片外觀

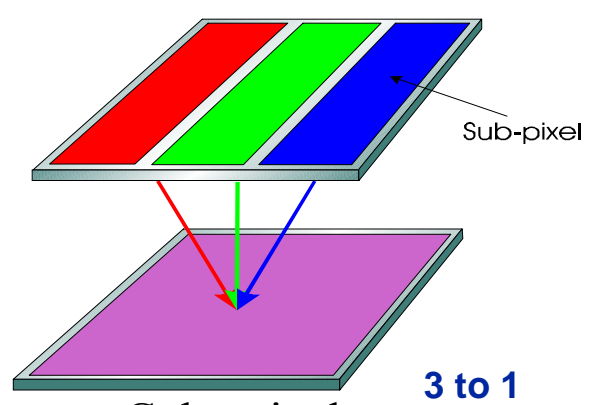
以單一一個畫素而言，黑白顯示器其畫素是由單一一個畫素所組成，而彩色顯示器其畫素則是由三個紅、綠、藍的小畫素組成一個彩色的畫素。雖說彩色的畫素最常見的是條狀陣列(Strip Array)式的結構，除此之外依不同的應用會有其他的設計如三角陣列(Delta Array)及馬賽克陣列(Mosaic Array)等，如圖 2.7 所示。

條狀陣列及三角陣列在顏色的排列上雖有不同，但在每一顏色方格上，其上、下、左、右的邊緣均切齊，適合以黑色陣列做為各顏畫素間的區隔。但在馬賽克陣列各顏色畫素只在橫向上切齊在縱向上並不切齊，因此馬賽克陣列只能在橫向上做黑色陣列而無法在縱向上也做出黑色陣列。因為馬賽克陣列在橫向上無法做出黑色陣列因此在紅、綠、藍顏色畫素的設計上必須讓各顏色在橫向上重疊來代替黑色陣列。也因為馬賽克陣列各顏色在橫向上重疊的關係讓馬賽克陣列的畫素可以做得比條狀陣列及三角陣列還要小。因此在小尺寸的顯示器上有很多是使用馬賽克陣列的顏色排列方式。雖說馬賽克陣列的畫素可以做到很小，相對的製程所需的曝光對位精度要求及難度都較高。一般非小尺寸的彩色濾光片多使用條狀陣列式的結構。

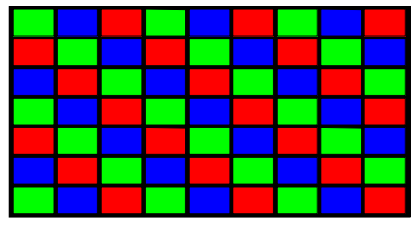
以條狀陣列式的紅、綠、藍結構來看，黑色陣列的結構如圖 2.8 所示，是在一層黑色陣列膜層上配合條狀的紅、綠、藍結構做成一個一個上、下、左、右整齊排列的開口。而另一個重要的膜層就是氧化銦錫，氧化銦錫膜層在整個基板上並無任何的圖形，而是均勻的一層薄膜，雖然有些設計會在基板的邊緣設計一些電極，但在畫素上並無任何的圖形，如圖 2.8 右圖所示。



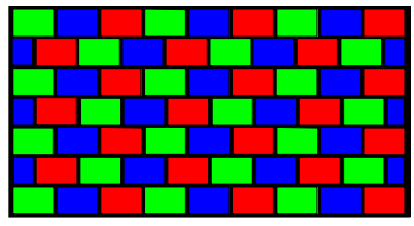
Black & white pixel



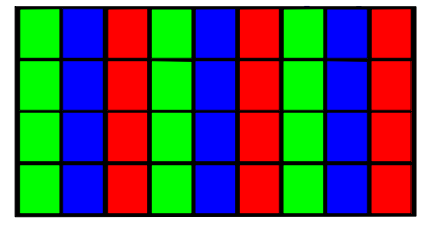
Color pixel
3 to 1
3 sub-pixels
(R+G+B) = 1



Delta array



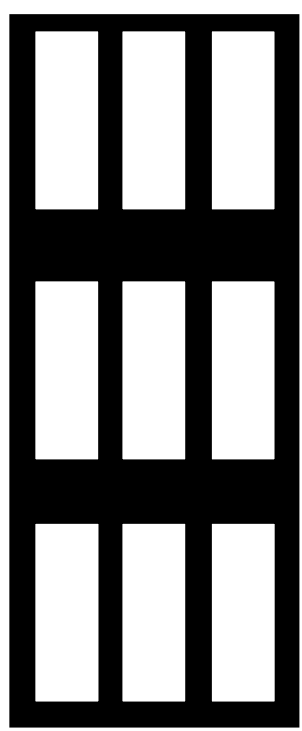
Mosaic array



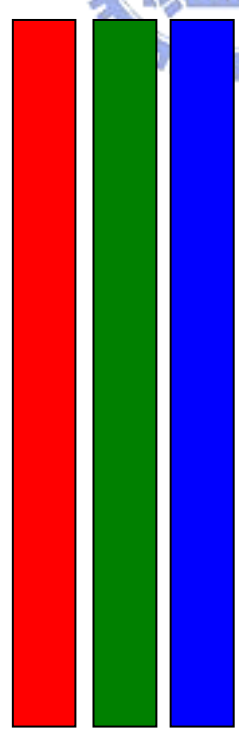
Stripe array

圖 2.7 彩色濾光片畫素及排列示意圖[8]

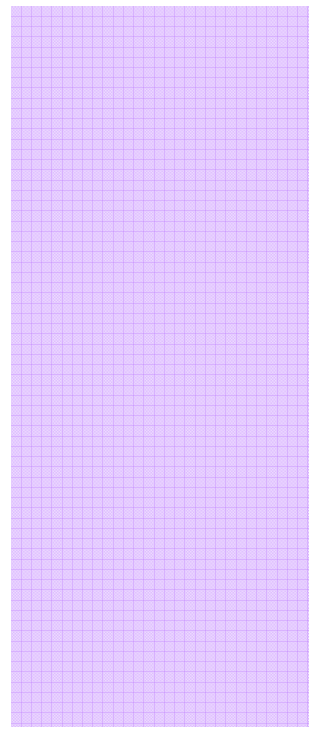
彩色濾光片最通常的型態是條狀陣列式的結構。也就紅、綠、藍是一條一條的色帶由上至下，而且由左至右相互併排。



BM



RGB



ITO

圖 2.8 彩色濾光片各製程膜層圖示[14]

2.2 可程式邏輯控制器

美國國家電機製造業協會 NEMA [National Electrical Manufacturers' Association (USA)] [21] 曾對可程式控制器下過這樣的定義：使用可程式記憶體來儲存指令，以完成指定的功能諸如邏輯、順序、時序、計數及運算以控制機械及程序的一種數位電子裝置。

可程式控制器的歷史可以追溯到 1968 年當貝德福(Bedford Associates)為通用汽車公司開發一種稱為 Modular Digital Controller (簡稱 Modicon) 的裝置，Modicon 是被開發來取代通用汽車公司以繼電器為基礎的傳統控制系統，因為繼電器是一種機械裝置其使用壽命有限而且體積較大，特別是在一些大型的應用上可能使用數千個繼電器，而使配線及故障排除都變得非常複雜。

因為 Modicon 是一個電子裝置，它充分的符合通用汽車公司的要求，對許多的設備製造商及控制系統使用者來說也是一樣，並且以較少的配線，更簡單的故障排除加上容易編輯的程式，可程式控制器的技術因此迅速風行。

在 1970 年代中期順序狀態機械漸漸成為主流，AMD 2901 和 2903 非常受歡迎，傳統微處理器的功能與最簡單的可程式控制器相較仍然遜色，但當微處理器的功能愈來愈強大，較大型及功能較強的可程式控制器便以它們為基礎，即使到了今日可程式控制器仍舊以 2903 為基礎而 Modicon 也尚未產出較以 290X 為基礎的 984A/B/X 機型更快的可程式控制器。

在 1973 引進了數位及類比的功能，可程式控制器首次可以用數位及類比的方式與所控制的裝置進行溝通，但是因為缺乏標準化使通訊協定及實體網路的不相容產生了很大的問題。

1980 年代通用汽車訂定“製造自動化通訊協定(MAP)”試圖成為可程式控制器通訊的標準，1980 年代是一個將可程式控制器尺寸縮小並使用 PC 來編輯程式的年代。

到 1990 年代可程式控制器的設計並沒有多少改變，最新的標準 IEC 1131-3 試著整合可程式控制器程式語言成為國際標準。現在可程式控制器程式可以用階梯圖，指令集 (Instruction Lists)、C 語言和結構式文字同時編輯。

IEC 1131-3 是可程式控制器程式語言的標準，這五種程式語言來自過去十多年間最重要或最受歡迎的程式語言。

這五種程式語言和他們的前身如下表所示：

表 2.3 IEC 1131-3 五種程式語言[21]

IEC1131-3 Nomenclature	Former Name	Mfg
LD - Ladder Diagram	Relay Ladder Logic	Most PLC Mfgs
IL - Instruction List	Boolean	Most PLC Mfgs (Commonly small PLCs)
SFC - Sequential Function Chart	GRAFNET APT SFC	Telemecanique Texas Instruments Siemens
ST - Structured Text	Literal 565 Special Function Step 5	Telemecanique Texas Instruments Siemens
FBD - Function Block Diagram	Step 5	Siemens

可程式控制器由內部中央處理單元、指令及資料記憶體、輸入、輸出單元、電源模組及數位類比通信單元所組成[4]。

1. 中央處理單元: 包含控制單元、算數及邏輯運算單元及暫存器三大部分:

控制單元: 指令解碼器，負責將儲存在記憶體內的程式解碼成控制信號，用以決定各單元模組的工作狀態，是可程式控制器的指揮部。

算數及邏輯運算單元: 專門負責做加、減、乘、除的算術運算及 AND、OR、NOT 邏輯運

算。

暫存器:中央處理單元內部記憶體，可以暫時存放運算的結果，等待下一次運算。

2.記憶體:存放程式指令及資料的地方，可以使用 RAM 或 EEPROM。

3.輸入、輸出單元:輸入單元是用來連結擷取輸入元件的信號動作，並透過內部匯流排將資料送進記憶體，由中央處理單元處理驅動程式指令部分。輸出單元是用來驅動外部負載的介面，主要原理是由中央處理單元處理可程式控制器裡的程式指令，判斷驅動輸出單元，再進而控制外部負載，如指示燈、接觸器、繼電器、電磁閥等。

4.AD/DA 類比數位單元(線性控制):AD 類比轉數位，主要是把外部微電壓微電流以及 0 與 1 的資料，透過專用模組介面接收，再以專用指令轉換運算給程式運用。DA 數位轉類比，主要是把可程式控制器內部數學數值及專用指令以中央處理單元做運算，並透過專用模組將數學數值轉成微電壓、微電流信號，再加以控制外部裝置，如變頻器、溫控器及其他具有數位、類比收送的介面裝置。

通常在使用 AD/DA 模組時我們都會去考慮到設備的解析度，因為解析度會影響到精確度，因此通常會選用高解析度的裝置，並遵照其線性比例做數學運算。

5.通信單元:通信單元主要區分為程式書寫通信埠及外部資料控制擷取埠。程式書寫通信埠:一般只會拿來做資料書寫或者是給外部 PC 裝置做讀取用。外部資料控制擷取埠:一般會拿來做外部資料擷取及送出資料控制用，通常再做這方面的程式編寫時，須具備通信觀念的專業人士才能夠容易上手，一般順序控制的程式設計師會比較不容易上手，在 FA 業界中的人機介面及圖控程式也是由此延伸出來的。



2.3 裴氏圖表達法

裴氏圖(Petri Net)的基本概念及架構是在 1962 年由西德數學家 Carl Adam Petri 在其博士論文中被提出來[20]，為紀念其貢獻這種網路分析工具被定名為裴氏圖(Petri Net)。

裴氏圖是一個圖形化且具有嚴格數學計算架構的技術，最初是被應用在探討電腦內部同步元件之間的訊號傳遞及通訊問題。就像流程圖、方塊圖及網路等圖形化工具一般裴氏圖可以使人容易瞭解所要表達的系統，裴氏圖中的浮標(Token)可以用來模擬系統的動態及同時(Concurrent)的活動。使用裴氏圖建立多元輸入與輸出系統模型，除了能清楚的表現系統中各物件的流通關連與各種工作的執行狀態，更重要的是它可以對系統作定性與定量的分析，可藉由模擬系統的執行預測可能出現的鎖死與超載的危險狀況[1]，對系統加以修正，從而進行系統的最佳化。

2.3.1 裴氏圖簡介

裴氏圖係一種階層式的建模與規劃網路系統，上層為可著色且圖形化的關連，使用於建立整體系統的模組關連與粗略式的規劃工作；下層則為記載與圖形相關的詳細資料，可應用法則處理資料，以進行細部的規劃與排程工作。整體來說，利用裴氏圖進行生產系統模型建立，具有以下幾種特點[3]：

1. 圖形化：使用圖形化的建模方法，可以清楚的描述各物件與工作機能的關係，將複雜的系統中各項工作的關係透過離散的個別工作關係定義，清楚顯示各項工作在整體系統的關係。
2. 階層性：系統採用階層性的架構，在上層可以看出每個活動間的關係，在下層可以處理資料並對細部的動作做分析。
3. 模組化：對於系統的設計以及工作的合成，可將各種重複性的工作定義成各種格式化的模組，對整個系統的工作規劃則採用模組化的規劃。
4. 定性與定量分析：在嚴格的數學計算架構和系統的分析方法，可對於系統作粗略性的定性分析，亦可做完整的定量分析。

2.3.2 裴氏圖的定義

一般的網路圖中表現物件存在與關連有兩種基本的元件：節點和連結線，不同的節點由連結線相連結，以表現節點間的關連性。裴氏圖是一種特別的具有方向性的圖形，其中有三個基本元素：暫存點(Place)、轉移點(Transition) 以及具有方向性的連結線稱為方向弧(Directed Link)，方向弧必須由暫存點指向轉移點或是由轉移點指向暫存點，以表示物件與工作的流動。裴氏圖的節點分為暫存點以及轉移點兩種，暫存點是用來表示系統內資源的數量或工作執行的狀態，以圓圈來表示；轉移點是用來表示系統狀態改變的事件或動作，以粗直線來表示。

在裴氏圖模型裡，在每一個暫存點的圓圈中，以小實心圓當做浮標，表示物件的存在與數量，在暫存點內若有 k 個浮標稱此暫存點標誌了 k 個浮標。標誌可以用 M 表示，為一 m 向量，此處 m 代表暫存點的總數，第 p 個元件的標誌以 $M(p)$ 表示，代表暫存點 p 內的浮標數。而方向弧可以標示權重，一個有 k 權重的方向弧可視同 k 個併聯的方向弧。在模型化的過程中應用條件及事件的觀念，暫存點代表條件，轉移點代表事件。一個轉移點具有一定數量的輸入及輸出暫存點以分別表示該事件的事前條件及事後條件。

裴氏圖有五種組成， $PN = \{ P, T, F, W, M_0 \}$ ，其中：

$P = \{ p_1, p_2, p_3, p_4, \dots, p_m \}$ 為暫存點的有限集合。

$T = \{ t_1, t_2, t_3, t_4, \dots, t_n \}$ 為轉移點的有限集合。

$F \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ 為方向弧的集合(流向關係)。

$W : F \rightarrow \{ 1,2,3, \dots \}$ 為一權重函數。

$M_0 : P \rightarrow \{ 0,1,2,3, \dots \}$ 為初始標誌。

$P \cap T = \emptyset$ and $P \cup T \neq \emptyset$ 。

當一裴氏圖的結構 $N = (P,T,F,W)$ 無任何指定的初始標誌時以“N”表示，當有指定的初始標誌時以 (N,M_0) 表示。

許多系統的行為均可以用系統狀況及其改變來做描述，為了模擬系統的動態行為，裴氏圖內的標誌或稱狀態是依下述的轉移法則做改變。

- 1). 當轉移點 t 的每一輸入暫存點至少被 $w(p,t)$ 個浮標標誌則稱此轉移點為致能(Enable)， $w(p,t)$ 是自 p 到 t 方向弧的權重。
- 2). 已經致能的轉移點不一定激發，端看事件是否真實發生。
- 3). 激發已經致能的轉移點 t 會使 $w(p,t)$ 個浮標自每一轉移點的輸入暫存點移到轉移點的輸出暫存點上， $w(p,t)$ 是自 p 到 t 方向弧的權重。

以上所述的轉移法則以知名的化學反應式: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ 說明。在圖 2.9(a) 中每一暫存點內各有兩個浮標，表示有兩個單位的 H_2 及 O_2 可用，轉移點 t 致能。在 t 激發後，其標誌狀態從圖 2.9(a) 變換成圖 2.9(b)，激發後 t 便不再處於致能狀態。

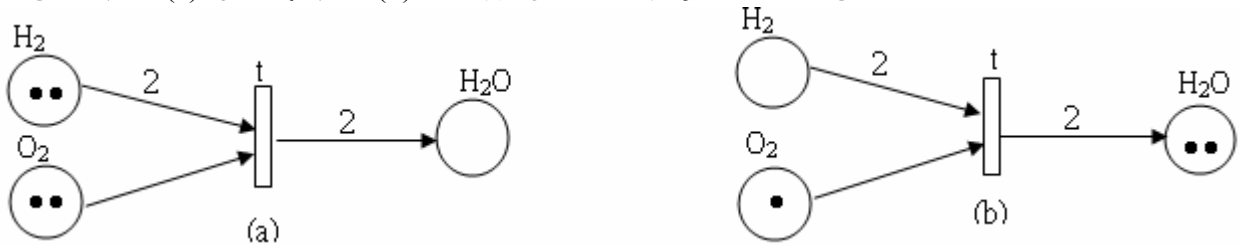


圖 2.9 轉移點激發法則說明[19]

2.3.3 裴氏圖與可程式邏輯控制器的關係

可程式邏輯控制器在複雜的非連續性控制系統的應用上已經發展出以裴氏圖做為模型及實施的方法，因此可程式邏輯控制器必需能將邏輯運算式予以程式化，但是當邏輯運算式的數量龐大時情況就不易處理。解決此一問題的方法即是將邏輯運算式轉成決策表(Decision Table)，再轉譯成二位元樹(Binary Tree) [5]。

以下式為例：

$$\begin{aligned} a \text{ AND } \overline{b} &\Leftrightarrow s1 \\ b &\Leftrightarrow s2 \\ \overline{a} \text{ AND } b \text{ AND } c &\Leftrightarrow s3 \end{aligned}$$

以可程式邏輯控制器順序循環的程式執行方式，上述的運算式會被一個接著一個計算，在每一循環中運算子“a”會被計算 2 次，運算子“b”3 次，運算子“c”1 次。上述三個運算式可以用圖 2.10 二位元決策樹表示。運算子“a”先被計算，若其為“true”則運算子“b”被計算，若運算子“b”為“true”則“s2”為“true”否則“s1”為“true”。因此不論運算子“a”、“b”及“c”的值為何，在每一循環中每一運算子只會被計算一次。

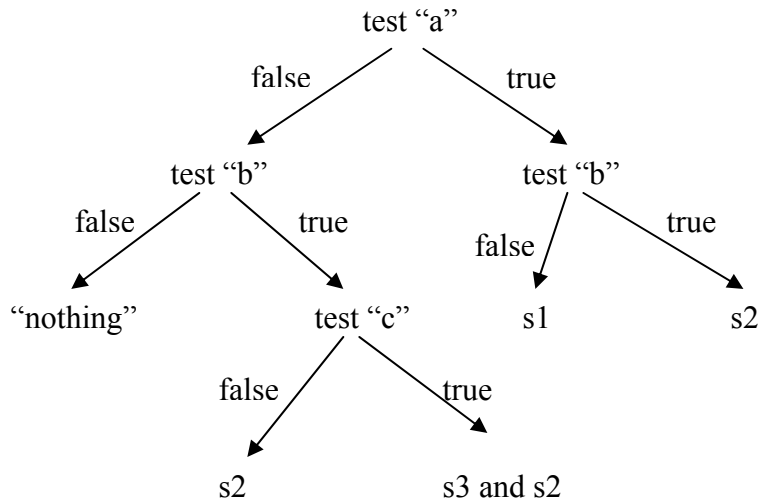


圖 2.10 二位元決策樹[5]

可程式控制器在生產製造領域的順序控制應用上，布寧運算式(Boolean equation)是瞭解可程式控制器的程式及其運算的基礎。以布寧運算式所表示的系統缺乏可以分析的數學理論是其難題。而裴氏圖具有數學的架構可以分析模型化後系統的特性，再者，裴氏圖已經被證實可以將順序控制適當的模型化。布寧非主宰保持函數(Off-Domain Holding Function)如下：

$$A = (A + A[1])A[0]$$

A[1]表示布寧函數 A 致能; A[0]表示布寧函數 A 失能。有兩種用階梯圖表示布寧非主宰保持函數的方法。其中 $A[1] = (Y1 \cdot Y2 \cdot Y3)$ 而 $A[0] = (Z1 \cdot Z2 \cdot Z3)$ ，在圖 2.11 上部(a)中 A 是電驛線圈，A[0]接點是常閉接點。當 A[0]接點閉合而且 Y1、Y2 及 Y3 致能時線圈 A 致能，線圈 A 致能而使 A 常開接點致能後閉合，形成自保持狀態，即在 A[0]接點閉合的條件下，A 將維持此一狀態直到 A[0]線圈致能。Z1、Z2 及 Z3 接點都致能時，線圈 A[0]致能而使 A[0]接點由閉合而打開。在圖 2.11 下部(b)中 A 是維持(Latch)線圈，一旦 Y1、Y2 及 Y3 致能時線圈 A 即保持，不論 Y1、Y2 及 Y3 的條件如何改變，直到 A 失保持(Unlatch)，即當 Z1、Z2 及 Z3 接點都致能時。在此一方法中 A[1]=1 及 A[0]=1 分別代表保持及失保持。

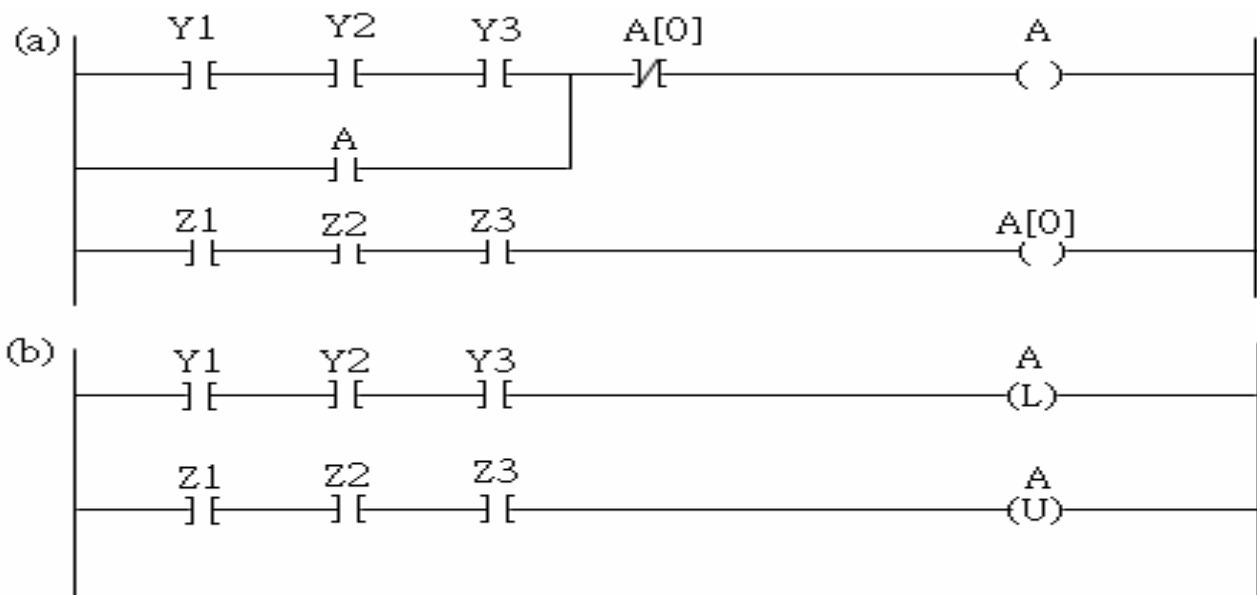


圖 2.11 非主宰保持函數階梯圖表示法[18]

階梯圖應用在許多產業的順序控制已廣為人知。為了要在一個系統中開始作業，有一些條件必須先滿足，稱為先期條件(Pre-Condition)，一旦作業結束會產生一些條件稱為後期條件(Post-Condition)。

表 2.4 裴氏圖及階梯圖表示法[12]

邏輯結構	裴氏圖	階梯圖
系統元件的條件或狀態	○	無明確表示
活動	—	無明確表示
資訊流或物流	→	無明確表示
標的物端如機台、機械手臂及收貨平台等	○ 的標記	在 中
邏輯和： 若A=1且B=1且C=1 則D=1		
邏輯或： 若A=1或B=1或C=1 則D=1		
同時： 若A=1且B=1 則C=1且D=1且E=1		
時間延遲： 若A=1 則延遲't'的時間 單位後B=1		
同步： 若A=1 則延遲't1'的時 間單位後D=1 若B=1且C=1 則延遲't2'的時 間單位後E=1 若D=1且E=1 則延遲't3'的時 間單位後F=1		

在裴氏圖中，轉移點型塑一個作業，其輸入及輸出暫存點分別對應到先期條件及後期條件。在階梯圖中作業是由激發電磁閥或電驛線圈所引發。除了輸出線圈之外，電驛還含有一些接點，有的是常開接點(Normal Open)，有的是常閉接點(Normal Close)。在致能電驛線圈後常開接點切換成閉合，而常閉接點切換成打開。在階梯圖中亦使用不同的輸入及輸出元件，典型的輸出元件是電磁閥，一般用來驅動空壓或油壓元件；典型的輸入元件是按鈕開關及極限開關。電驛的接點與輸入元件相連接構成先期條件，而電磁閥及輸出線圈即被當成後期條件。在順序控制中使用的邏輯及基本的建構方塊其裴氏圖及階梯圖的模型如表 2.5 中所示。在前面四列中將基本裴氏圖的元件對應到模型的條件，如狀態、活動、資訊流、物流及資源等，而階梯圖在此並無明確的對應模型。邏輯“和”及邏輯“或”在裴氏圖及階梯圖中都很容易找到模型而且其複雜程度相當。其他重要的概念如同時、時間延遲及同步等都在表中說明。

第三章 彩色濾光片製程及顯影設備

本章主要在說明彩色濾光片的製程及顯影製程設備共分為3小節，3.1節『彩色濾光片製程』為彩色濾光片的製程從玻璃基板的原材經受入洗淨開始，接著鉻濺鍍薄膜製程、黑色陣列製程及紅、綠、藍製程、氧化銦錫濺鍍薄膜製程、間隔層製程到最終的切割製程，就製程原理及各製程站逐一做概略的說明。3.2節『顯影製程』將本論文相關的顯影製程原理做詳細的說明。3.3節『顯影設備』顯影設備為本論文所建構顯影液濃度控制系統的設備，因此對其結構及作動做詳細的說明。

3.1 彩色濾光片製程

彩色濾光片的製程順序依各家廠商的設計及客戶產品的規格要求而有不同的製程，但是一般說來不外以下的製程順序(以鉻黑色陣列為例)。

1. 受入洗淨製程
2. 鉻濺鍍薄膜製程
3. 黑色陣列製程
4. 紅、綠、藍製程
5. 氧化銦錫濺鍍薄膜製程
6. 間隔層製程
7. 玻璃切割製程

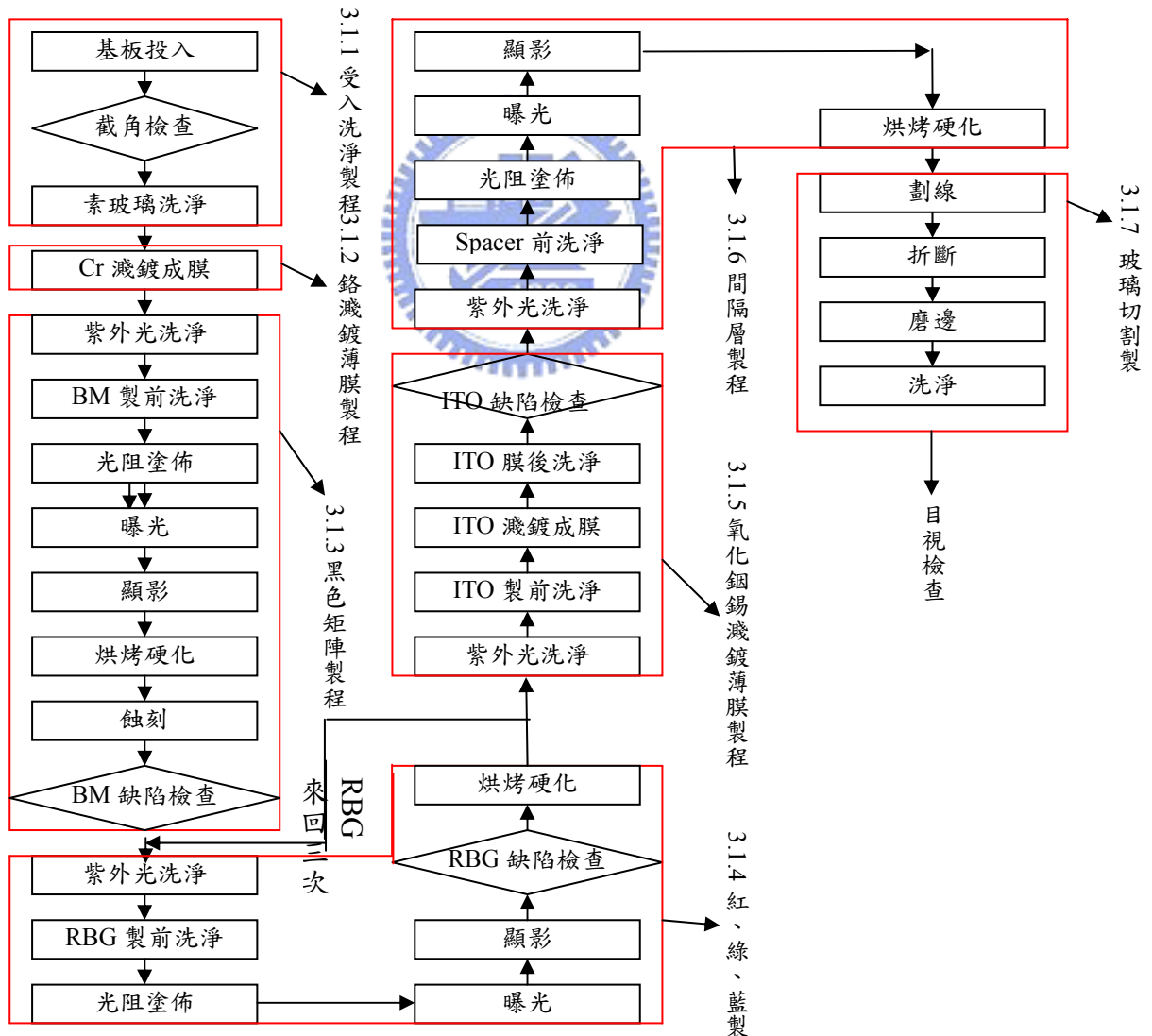


圖 3.1 彩色濾光片製程流程圖[7]

3.1.1 受入洗淨製程

受入洗淨過程是指當玻璃原材從原材料庫房取出，在製程開始之前先將玻璃表面做處理以確保玻璃表面的潔淨並減少後製程不良的一道製程，可在細分如下：

1. 截角檢查：本作業其目的是為了確保能投入正確的玻璃基板，所做的檢查工作。
2. 素玻璃洗淨：本作業其目的是為了清除素玻璃表面的異物及油脂，自然氧化膜，確保素玻璃之潔淨度，以利鉻濺鍍成膜製程之順利進行。通常在水洗之前會有一站紫外光洗淨站，在水洗段一般洗劑加毛刷以及高壓噴嘴等方式將玻璃基板表面的異物去除，如圖 3.2 所示，而水洗添加洗劑的濃度約在 0.5%~1% 的範圍。

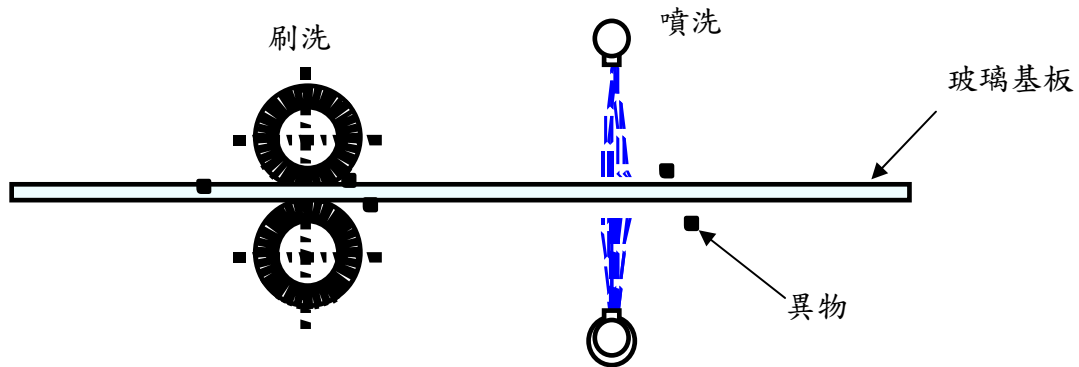


圖 3.2 清洗機刷洗洗淨示意[9]

3.1.2 鉻濺鍍薄膜製程

鉻濺鍍成膜(Cr Sputtering)：此作業是將玻璃基板濺鍍金屬薄膜，此薄膜為三層分別是鉻膜、氮化鉻膜及氧化鉻膜，其功能為：1. 遮光效用、2. 減少反射作用、3. 防止兩色相混、提高對比。

濺鍍法是在高真空槽(Chamber)內將玻璃基板與貼附有薄膜材料之靶材(Target)對向放置，其靶材在鉻濺鍍薄膜製程上為鉻。將負高壓電加在靶材上，在槽內吹入之氣體為 Ar、N₂、CO₂。此氣體在高壓電場下成為電漿狀態，利用電漿所產生的離子，對靶材撞擊(Bombardment)，使電漿內的氣相內具有欲鍍物的粒子(如原子)，沉積到玻璃基板上形成薄膜，如圖 3.3 所示。脫離電漿的帶正電荷離子在電場加速下將獲得極高的能量。當離子與陰極產生衝撞之後，離子撞擊除了會產生二次電子外，還會把電極板表面的原子給“打擊”出來，這個動作，稱之為“濺擊”(Sputtering)。這些被擊出的靶材原子在進入電漿裡面後，利用諸如擴散等方式，傳遞到玻璃基板的表面，經由吸附的作用而沉積形成薄膜。這種利用電漿獨特的離子撞擊，稱之為“濺鍍”(Sputtering Deposition)。使用濺鍍法製造時須注意之製程參數有：基板溫度、導入氣體量、放電電力、靶材蝕刻率、真空度等。

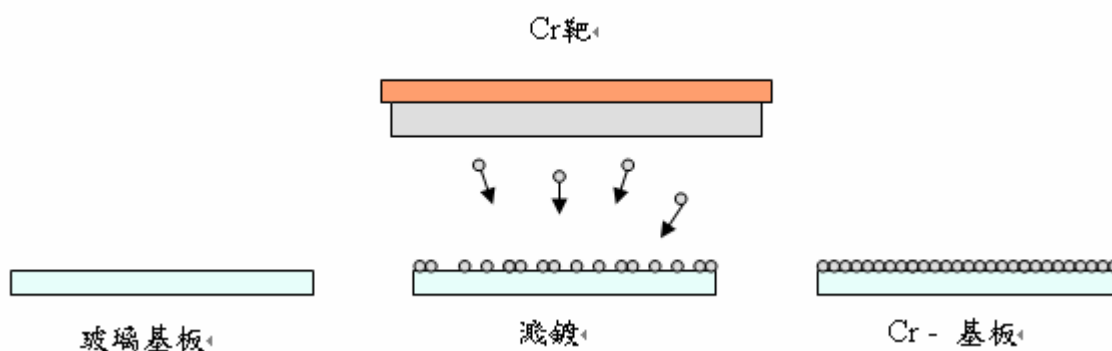


圖 3.3 鉻濺鍍薄膜製程示意圖[11]

此薄膜鉻濺鍍成膜製程有兩層結構及三層結構之分，業界一般常見到的是三層結構，如圖 3.4 所示。由上至下分別是鉻膜(Cr)、氮化鉻膜(CrOxNy)及氧化鉻膜(CrOx)，其功能為：1.遮光效用、2.減少反射作用、3.防止兩色相混、提高對比。在製程順序上以氧化鉻膜先做，一般鍍膜厚度在 250~350 Å，一般製程上以改變此製程槽的放電電力來調整反射率最低波長的位置，放電電力與反射率最低波長的位置的關係為正相關，即加大放電電力，反射率最低波長的位置也會增加，反之亦然。第二層為氮化鉻膜，鍍膜厚度與第一層氧化鉻膜相當，約在 250~350 Å。第三層為純鉻膜，厚度最厚約在 900~1300 Å，為決定光學密度即所謂 OD 值的關鍵。一般製程上以改變此製程槽的放電電力來調整光學密度的大小，放電電力與光學密度的關係為正相關，即加大放電電力，光學密度的值也會增加，反之亦然。



圖 3.4 三層鉻橫切面示意圖[10]

3.1.3 黑色陣列製程

黑色陣列的用途是改善色彩對比值，減少外光的反射使視認性增加，避免薄膜電晶體之光電子流干擾。黑色陣列系統面的需求是降低在可見光區的反射率、並力求接近純黑色的高光學密度值、低膜厚、低製程成本及可以應用在大面積及高產能處。

黑色陣列使用的材料分樹脂系、鉻系、鐵系，分述如下：

1.樹脂系：因成本較低，目前彩色 STN 使用之彩色濾光片多採用此系列，但為了提昇光學密度(2.2 以上)，膜厚通常製作至 1.0mm 以上，較鉻系為厚。

2.鉻系：早期為單層鉻，但為雙面亮面，使液晶顯示器視認性降低，後來利用光學干涉效果製作鉻/氧化鉻膜雙層結構，但因其可見光區全波域之反射率曲線較陡，造成很難製作出近黑色之黑色陣列膜層，通常呈現黑紫色，造成顯示時因黑色陣列之色調而產生著色現象。為得到更低之反射率，而且得到更黑的黑色陣列膜層，因而製作出鉻/氮化鉻/氧化鉻膜三層結構之黑色陣列，其最低反射率可為 5.5% 以下，且反射率曲線平緩，得到更黑色的黑色陣列膜層。

3.鐵系：為避免鉻系之蝕刻廢液公害問題及降低成本，目前已開發出利用 SUS304 為靶材製作之鐵/氧化鐵之黑色陣列膜層，效果比鉻/氧化鉻膜效果較好一些，但是因為靶材製程上仍有許多問題，所以目前使用率並不高，仍處於實驗階段。

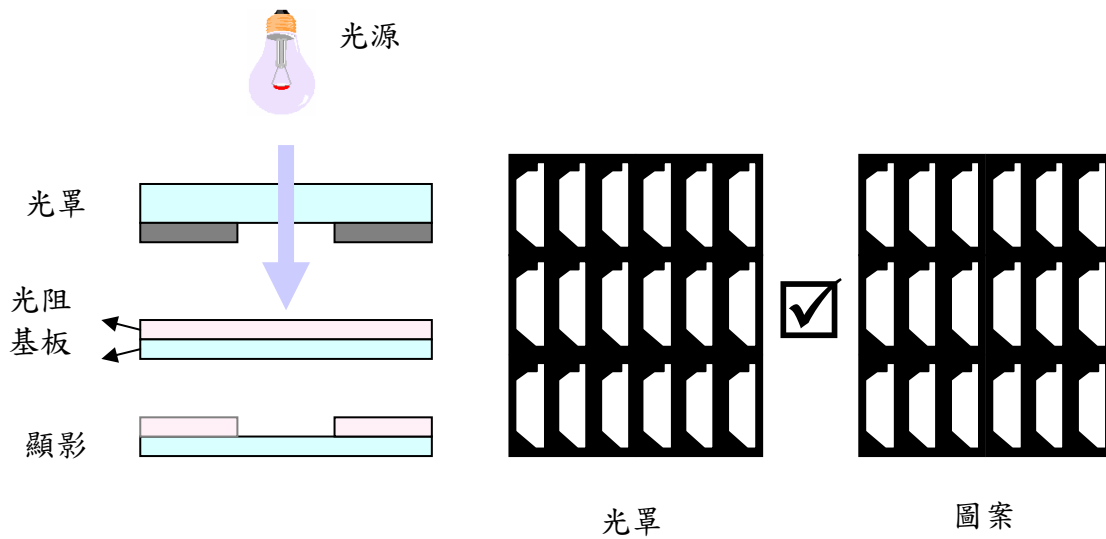


圖 3.5 黑色陣列曝光原理及成品圖[11]

在黑色陣列製程中，如使用鉻為材料，則在光阻的選用上為正型光阻，如使用樹脂為材料，則在光阻的選用上為負型光阻。所謂正型光阻，簡單的說，就是光阻經過曝光及顯影製程後，曝到光的部份在顯影時會被洗掉，而沒有曝到光的部份會留下來。因此光阻在曝光及顯影製程後所留下的圖案與光罩的圖案是一致的，因此被稱為正型光阻。在鍍鉻黑色陣列製程雖然多了蝕刻及剝離製程但其圖案並不因此而有改變，如圖 3.5 所示。在使用樹脂為材料的黑色陣列製程，因為是負型光阻，因此在製程上與紅、綠、藍相同，因此在黑色陣列顯影後的製程不會有蝕刻及剝離兩道製程。為避免鉻系之蝕刻廢液公害問題及降低成本，在 3.5 代或其後的彩色濾光片世代都已改用樹脂當做黑色陣列的材料。但是，樹脂黑色陣列也有其缺點，諸如：光學密度值較低、膜厚較厚、易使紅、綠、藍光阻形成牛角，雖然少了鉻系蝕刻及剝離兩道製程，但卻因為紅、綠、藍光阻形成牛角而必須研磨的問題，也因此造成氧化銻錫層的阻值較鍍鉻黑色陣列大。

一般在黑色陣列製程的工程規格量測上會有以下幾個項目：1).線寬 X:即在不同顏色光阻間黑色陣列寬度。因其在量測定義時為 X 軸方向，因此將不同顏色光阻間黑色陣列寬度稱為“線寬 X”。2).線寬 Y:即在相同顏色光阻上、下開口部間黑色陣列寬度。因其在量測定義時為 Y 軸方向，因此將相同顏色光阻上、下開口部間黑色陣列寬度稱為“線寬 Y”。3).開口部:所謂開口部即是在黑色陣列的膜層上切出一個一個上下左右對齊缺口，稱之為開口部。開口部與線寬有直接的關係而且是負相關的關係，亦即，開口部大則線寬相對就小反之開口部小則線寬相對就大。在開口部會塗佈上紅、綠、藍顏色的光阻，以便讓背光透過，顯現出紅、綠、藍的顏色。此外還有對位精度及光罩位置精度等與曝光相關的工程規格。對於在玻璃基板上圖案的長、寬也必須加以規範，以防止玻璃基板與製程中因溫度均勻性問題而變形，在曝光後圖形超出規格。

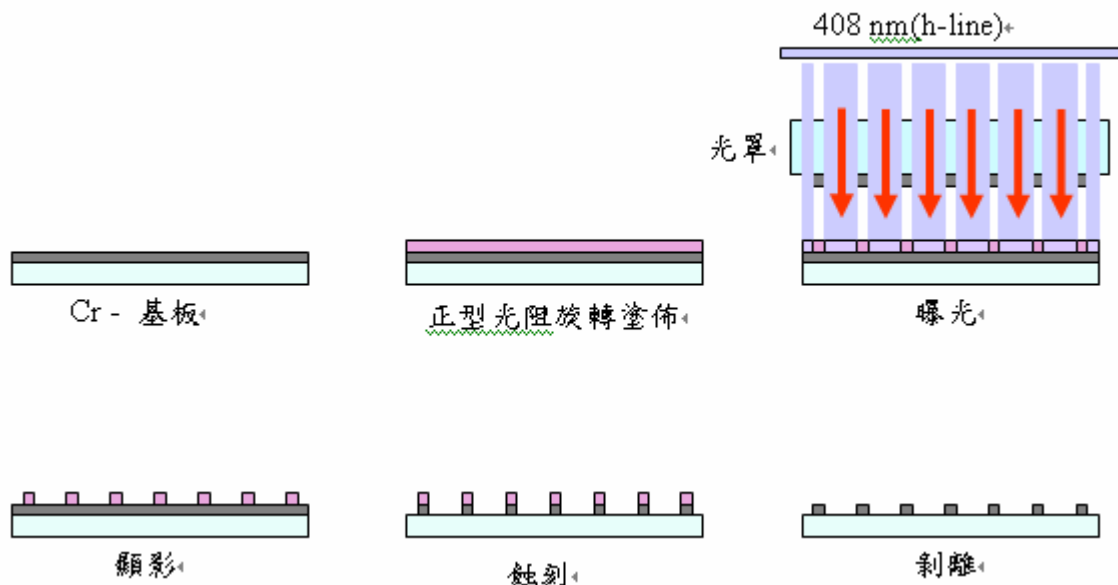


圖 3.6 黑色陣列製程示意圖[11]

黑色陣列製程如圖 3.6 所示，其生產流程說明如下：

1. 紫外光洗淨及前洗淨：此作業是為了去除玻璃基板表面的污染粒子、油脂、自然氧化膜，確保玻璃基板之潔淨度，並改變基板表面的膜質，以增加基板表面附著性，以利黑色陣列製程之順利進行。

2. 光阻塗佈 (Coating)：此作業最主要目的便是將光阻均勻的塗布於玻璃基板上，以塗佈頭(die head)在整個玻璃基板上移動而塗佈光阻，然後利用高速旋轉的方式將玻璃基板上多餘的光阻除去並使光阻均勻分佈在玻璃基板上。光阻膜層的厚度可以用旋轉玻璃基板的速度來做控制，旋轉的速度快則膜厚較薄；反之旋轉的速度慢則膜厚較厚。

3. 曝光 (Exposure)：此作業主要運用水銀燈與光罩，將塗佈在玻璃基板上的感光性光阻予以曝光。

4. 顯影 (Developing)：此作業主要運用顯影液，將玻璃基板曝光部份清除，留下未曝光部份。

5. 預烤硬化：此作業是將光阻加以烘烤，利用加熱的方式，使光阻中溶劑等小分子揮發，並使光阻的硬化反應更加完全。

6. 蝕刻 (Etching)：此作業主要是運用蝕刻液，除去玻璃基板上不要的鉻膜。

7. 剝離 (Stripping)：此作業主要是運用藥液，將玻璃基板上所殘留的光阻除去，僅留下玻璃基板上之金屬薄膜，而無光阻之存在。

8. 黑色陣列缺陷檢查：此作業主要是希望提早發現製程之異常狀況，確保此製程後之產品品質，與減少製程發生異常狀況時成本與生產效率的損失。

若使用樹脂做為黑色陣列製程的材料，則在製程的安排上是與紅、綠、藍的製程相同，也就是在光阻塗佈時使用負型光阻，由於光阻本身即為黑色陣列因此在顯影完後不會經過蝕刻及剝離等製程。在某些工廠的設計上黑色陣列製程是可以使用鉻和樹脂兩種材料來做黑色陣列，為了在一條線上生產兩種不同黑色陣列材質的彩色濾光片，設備的佈置及產品流程必須要做調整。前段從紫外光洗淨及前洗淨到曝光機都可以共用，但顯影機必須單獨使用，即鉻黑色陣列及樹脂黑色陣列分別使用不同的顯影機，此外因樹脂黑色陣列不經蝕刻及剝離製程，因此在顯影後必須直接跳到剝離製程後。

3.1.4 紅、綠、藍製程

紅、綠、藍製程如圖 3.7 及圖 3.8 所示，其生產流程說明如下：

1. 紫外光洗淨及前洗淨：此作業是為了去除玻璃基板表面的污染粒子、油脂、自然氧化膜，確保玻璃基板之潔淨度，並改變基板表面的膜質，以增加基板表面附著性，以利黑色陣列製程之順利進行。

2. 光阻塗佈：此作業最主要目的便是將光阻均勻的塗布於玻璃基板上，以塗佈頭在整個玻璃基板上移動而塗佈光阻，然後利用高速旋轉的方式將玻璃基板上多餘的光阻除去並使光阻均勻分佈在玻璃基板上。光阻膜層的厚度可以用旋轉玻璃基板的速度來做控制，旋轉的速度快則膜厚較薄反之旋轉的速度慢則膜厚較厚。在紅、綠、藍光阻製程膜厚直接影響色度及各顏色間的厚度差，在膜厚調整時都必須列入考慮。

3. 曝光：此作業主要運用水銀燈與光罩，將玻璃基板與光罩緊貼然後將感光性光阻予以曝光。

4. 顯影：此作業主要目的是為了使彩色光阻經過曝光後顯影出所需要的圖形，運用藥液去除未經曝光過的彩色光阻，留下曝光過的彩色光阻。

5. 紅、綠、藍缺陷檢查：此作業主要是希望提早發現製程之異常狀況的發生，確保此製程後之產品品質，與減少製程發生異常狀況時成本與生產效率的損失。

6. 烘烤硬化：此作業是將彩色光阻加以烘烤，利用加熱的方式，使光阻中溶劑等小分子揮發，並使光阻的硬化反應更加完全。

所謂負型光阻，簡單的說，就是光阻經過曝光及顯影製程後，曝到光的部份在顯影時會留下來，而沒有曝到光的部份會被洗掉。因此光阻在曝光及顯影製程後所留下的圖案與光罩的圖案是正好相反的，所以被稱為負型光阻。在彩色濾光片紅、綠、藍製程均為負型光阻，基本上紅、綠、藍製程的光罩圖案都相同，只是在圖案位置上相差一個畫素的偏移量。紅、綠、藍製程是相同的製程，依照紅、綠、藍的順序一層一層將不同顏色的光阻做成一條一條相間的圖案。

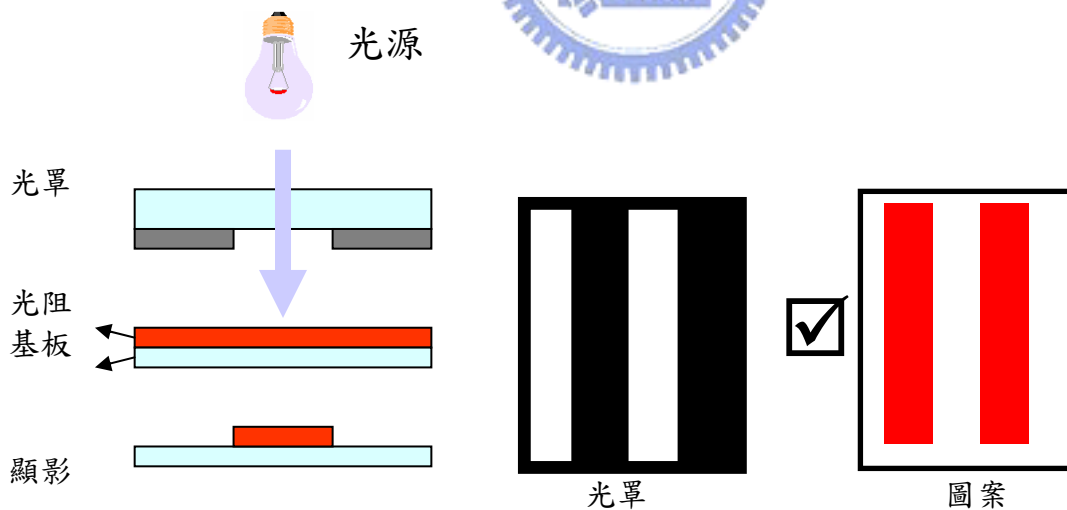


圖 3.7 紅色膜曝光原理及成品圖[11]

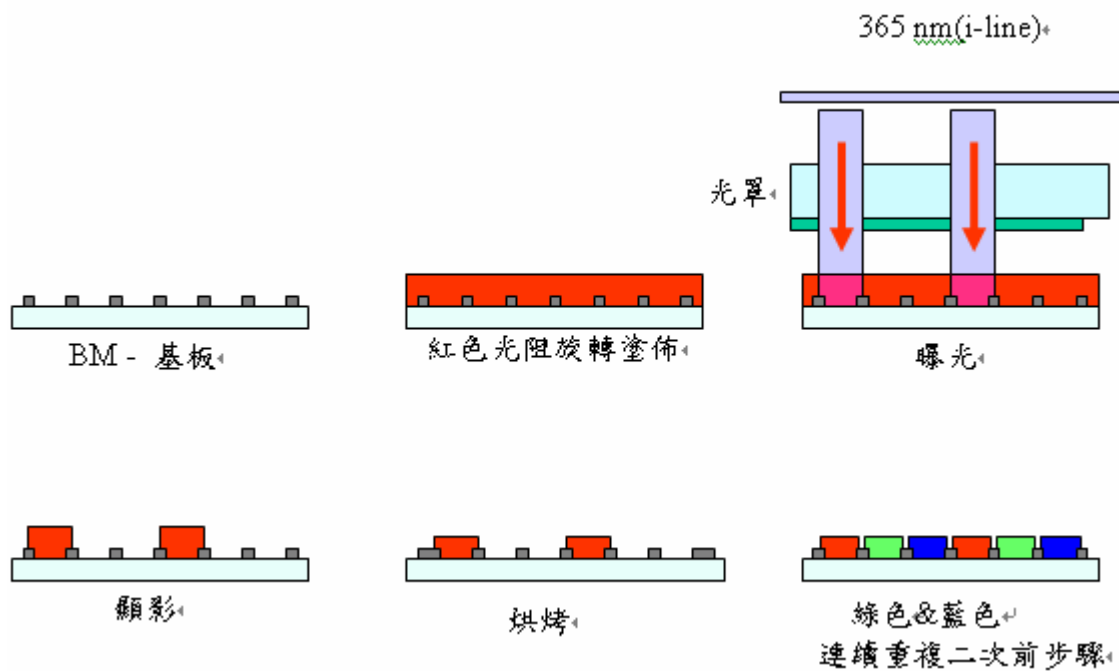


圖 3.8 紅、綠、藍製程示意圖[11]

3.1.5 氧化銦錫濺鍍薄膜製程

氧化銦錫濺鍍薄膜製程如圖 3.9 所示，其生產流程說明如下：

1. 紫外光洗淨及製前洗淨：本作業其目的是為了清除玻璃基板表面的異物及油脂，確保玻璃基板之潔淨度，以利氧化銦錫濺鍍成膜製程之順利進行。
2. 氧化銦錫濺鍍成膜：此作業是將玻璃基板濺鍍一透明導電膜，此薄膜需具備良好之導電性與透光性。
3. 氧化銦錫成膜後洗淨：本作業其目的是為了清除玻璃基板表面的異物及油脂，確保氧化銦錫濺鍍後的玻璃基板之潔淨度。
4. 氧化銦錫外觀檢查：此作業主要是希望提早發現製程之異常狀況的發生，確保此製程後之產品品質，與減少製程發生異常狀況時成本與生產效率的損失。

透明導電膜是彩色濾光片之氧化銦錫電極與液晶圖形電極構成正、負極以驅動液晶分子之旋轉。透明電極因具備導電性與透光性，因此品質上要求低電阻值與高透光率。在彩色濾光片製程中鉻膜與氧化銦錫膜都使用濺鍍來形成薄膜，差異在於靶材及通入的製程反應氣體。靶材的材質在氧化銦錫濺鍍薄膜製程上為氧化錫及三氧化二銦。製程反應氣體為 Ar 與 O₂。其餘與鉻製程並無不同。使用濺鍍法製造時須注意之製程參數有：基板溫度、導入氣體量、放電電力、及真空度等。

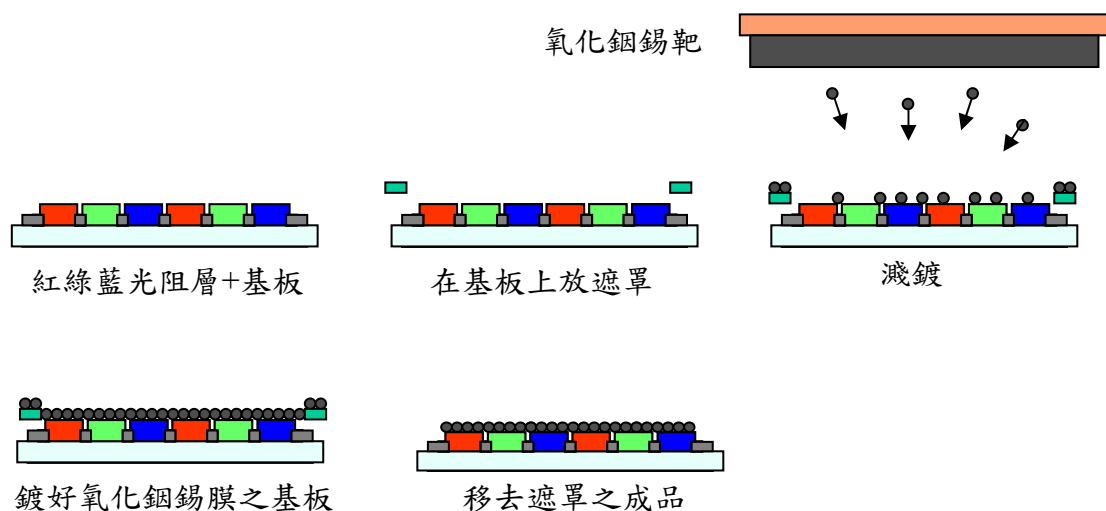


圖 3.9 氧化銦錫濺鍍薄膜製程示意圖[11]

3.1.6 間隔層製程

間隔層形成製程如圖 3.10 所示，其生產流程說明如下：

1. 紫外光洗淨及製前洗淨：本作業其目的是為了清除玻璃基板表面的異物及油脂，確保玻璃基板之潔淨度，以利間隔層製程之順利進行。

2. 光阻塗佈：此作業最主要目的便是將光阻均勻的塗佈於玻璃基板上，以縫隙狀之噴嘴在整個玻璃基板上移動而塗佈光阻，然後利用旋轉玻璃基板將光阻均勻塗佈於玻璃基板上，以旋轉玻璃基板的速率控制光阻膜厚之分佈，且減少光阻劑用量。

3. 曝光：此作業主要運用水銀燈與光罩，將玻璃基板與光罩緊貼然後將感光性光阻予以曝光。

4. 顯影：此作業主要目的是為了使光阻經過曝光後顯影出所需要的圖形，運用藥液去除未經曝光過的彩色光阻，留下曝光過的彩色光阻。

5. 間隔層外觀檢查：此作業主要是希望提早發現製程之異常狀況的發生，確保此製程後之產品品質，與減少製程發生異常狀況時成本與生產效率的損失。

6. 烘烤硬化：此作業是將光阻加以烘烤，利用加熱的方式，使光阻中溶劑等小分子揮發，並使光阻的硬化反應更加完全。

間隔層與黑色陣列、紅、綠、藍及氧化銦錫等膜層的條狀或全面性的圖形不同，為點狀的分佈其圖形如圖 3.11 所示，為了不影響紅、綠、藍光阻膜層的透光性，間隔層分佈的位置都在黑色陣列上，而且不可超出黑色陣列。

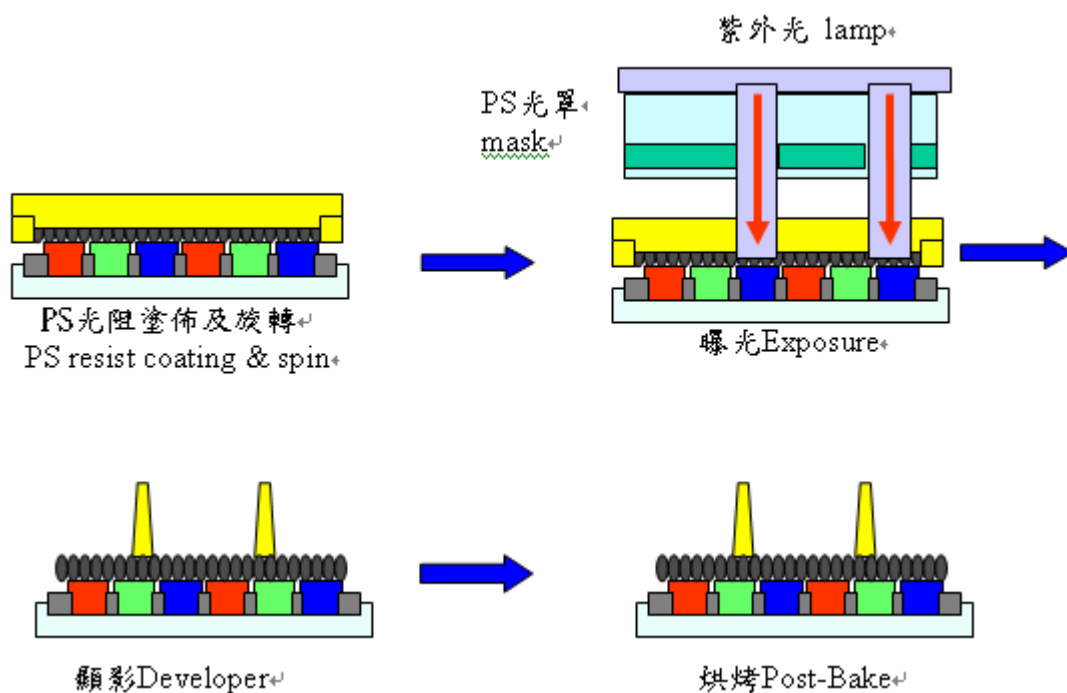


圖 3.10 間隔層製程示意圖[11]

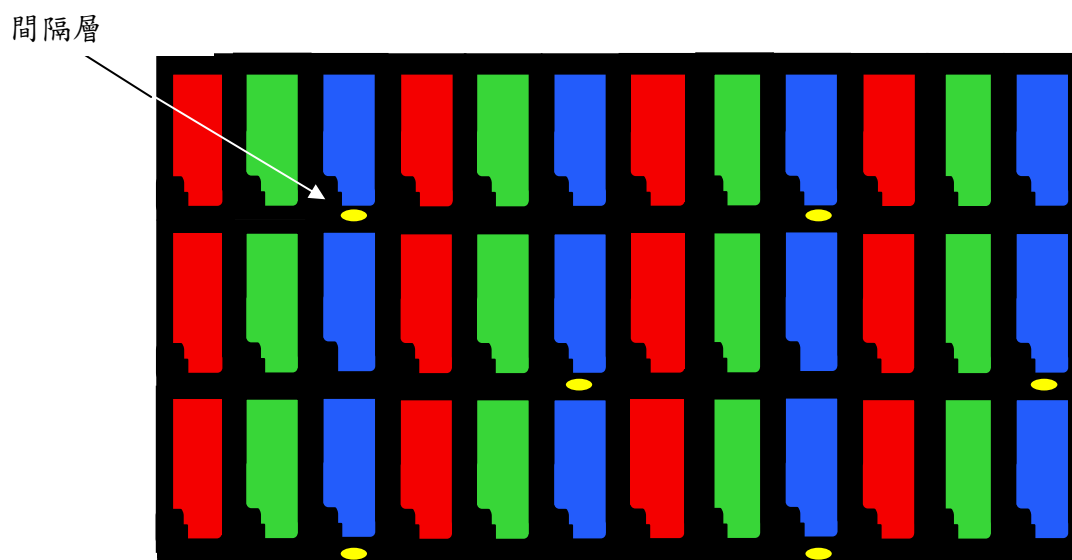


圖 3.11 間隔層分佈圖[11]

3.1.7 玻璃切割製程

切割製程依不同的玻璃尺寸及切割寸法而有不同的切割型式配合，也有一種作法是玻璃切割不在彩色濾光片廠進行而是轉到薄膜電晶體廠來做，在此情形之下，如果出貨的玻璃尺寸與製程玻璃尺寸相同是不需經過玻璃切割製程而直接到檢查製程後出貨。除此之外，都必須經過切割製程，切割製程如圖 3.12 所示，其生產流程說明如下。

1. 劃線(Scripping)：本作業其目的是將玻璃基板的切割尺寸先以鑽石刀劃出，玻璃基板經過鑽石刀劃線後，表面會有一條一條的切割線，切割線是鑽石刀壓入玻璃內所留下的一道痕跡，已經破壞玻璃表面結構但玻璃尚未斷裂。

2. 折斷(Breaking)：此作業最主要目的便是在劃線站劃線完成的玻璃，依其劃線位置折斷玻璃。即是將在劃線站尚未斷裂的玻璃折斷，此製程注重折斷點的位置所以玻璃的傳送定位必須非常準確，如果定位不穩定或偏斜，不論劃線狀況如何在折斷時都會造成玻璃缺陷，反之，如果折斷點的位置定位準確但是劃線深度不適當也會造成玻璃缺陷，因此劃線及折斷

製程必須相互配合才能得到好的分割效果。

3. 磨邊 (Grinding)：此作業主要運用砥石將玻璃四周磨成適當的圓弧及倒角。經過折斷製程的玻璃，邊緣不但不平整而且銳利，並且充滿劃線時所留下的應力，為了解決以上的問題所以必須要將玻璃做邊緣圓弧化的處理。

4. 洗淨 (Cleaning)：此作業主要是將在劃線、折斷及磨邊等製程中所產生的玻璃細屑以清水、毛刷及洗劑等予以去除。

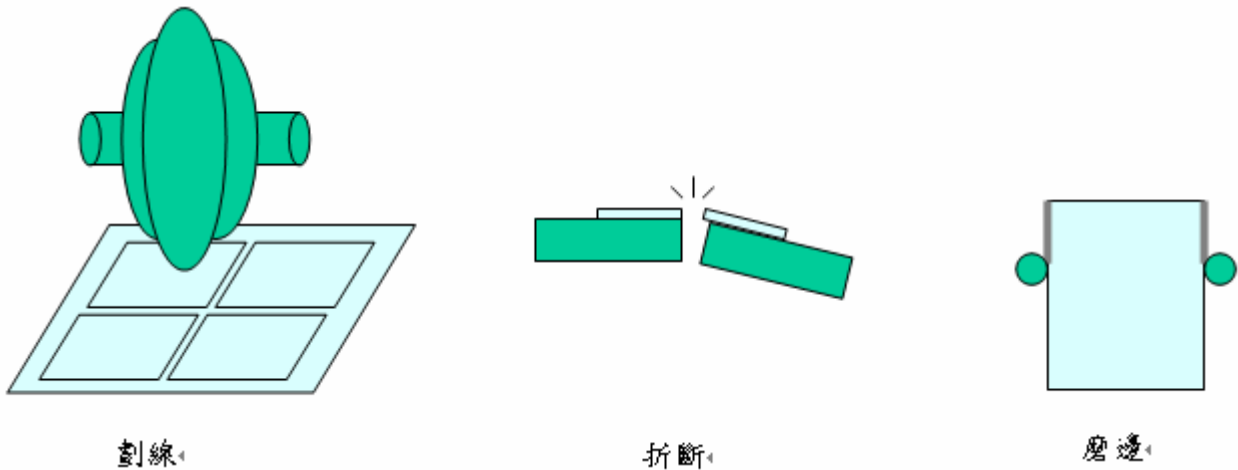


圖 3.12 玻璃切割製程示意圖[11]

玻璃切割型式依客戶需求及設備製程能力而設定，以六面取的玻璃基板而言，其切割型式有如圖 3.13 所示的幾種類型。一般彩色濾光片廠為了設備稼動的考量，大多只生產一種尺寸的母玻璃，在母玻璃上依客戶的規格需求做成數片的小基板。在母玻璃完成前段製程進入切割製程時，會依客戶出貨的要求將母玻璃切成不同尺寸的小基板。以 3.5 代彩色濾光片廠而言小基板尺寸小於 15 英寸的多為整片母玻璃出貨，15 英寸以上的才會是切成一片一片小基板 (One-up) 或兩片連在一起 (Two-up) 的方式出貨。

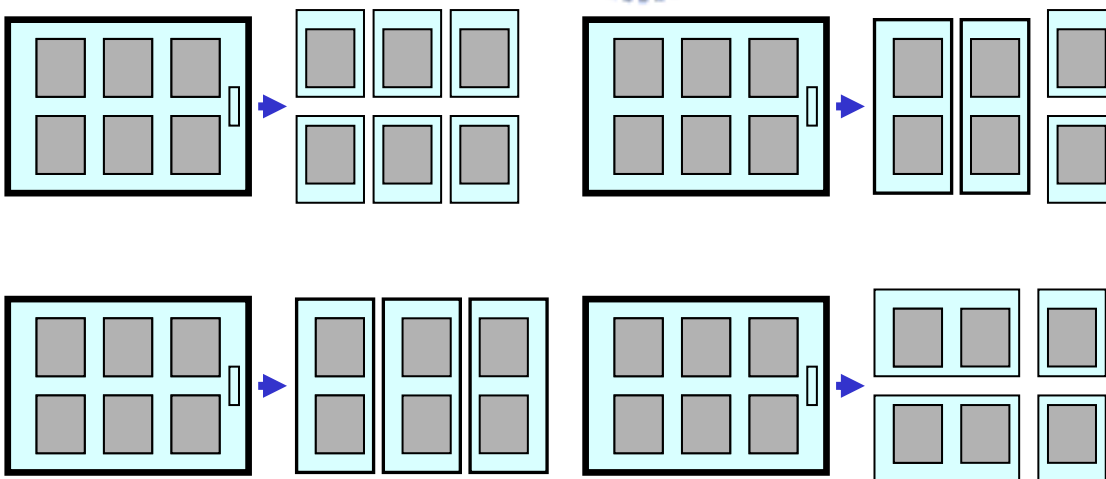


圖 3.13 玻璃切割型式圖[11]

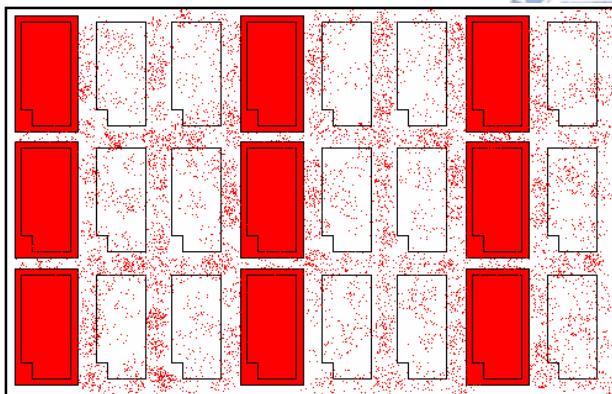
3.2 顯影製程

因顯影製程須配合前段製程之參數因素；故在做顯影製程時可能面臨的參數考慮大致上如圖3.14所示(不含顯像液種類)。

而整個製程中所產生之不良如圖3.15及圖3.16所示，也可能因前段製程因素所導致；故在不良發生時較難定義是何段所造成。因此，在半成品顯像完成時發生之不良，須全盤考慮整段製程之參數是否合用。



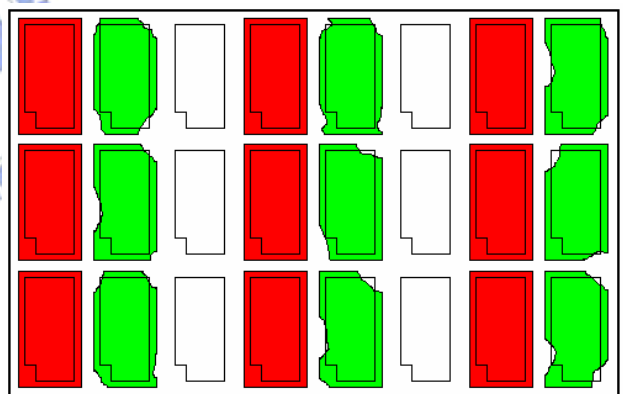
圖 3.14 顯影機關聯性[6]



顯像不足：

上述左圖所示；發生源可能為藥液比例、溫度、壓力、效能或是顯像時間不足，皆會發生以上狀況；但也可能為 Pre bake 或光阻劑之特性問題。

圖 3.15 顯影不足[6]



顯像過度：

上述右圖所示；發生源可能為藥液比例、溫度、壓力、流向或是顯像時間過長，皆會發生以上狀況；但也可能為曝光量或光阻劑之特性問題。

圖 3.16 顯像過度[6]

顯影液是由廠務系統供應 0.5wt% 左右的氫氣化鉀藥液，圖 3.17 的趨勢說明，在製程初期顯影液的濃度會下降，但適量補充相同濃度的顯影液，其濃度會逐漸穩定至 0.44wt%。但是在前 200 片顯影液濃度下降約 0.014wt% (0.46~0.446)，從 300 到 600 顯影液濃度下降約 0.009wt%。但如果製程規格的要求所對應的下限顯影液濃度是 0.45 wt%，那麼在顯影液濃度下降到 0.45 wt% (約 100 sheets) 時就必須做顯影液桶槽的切換。

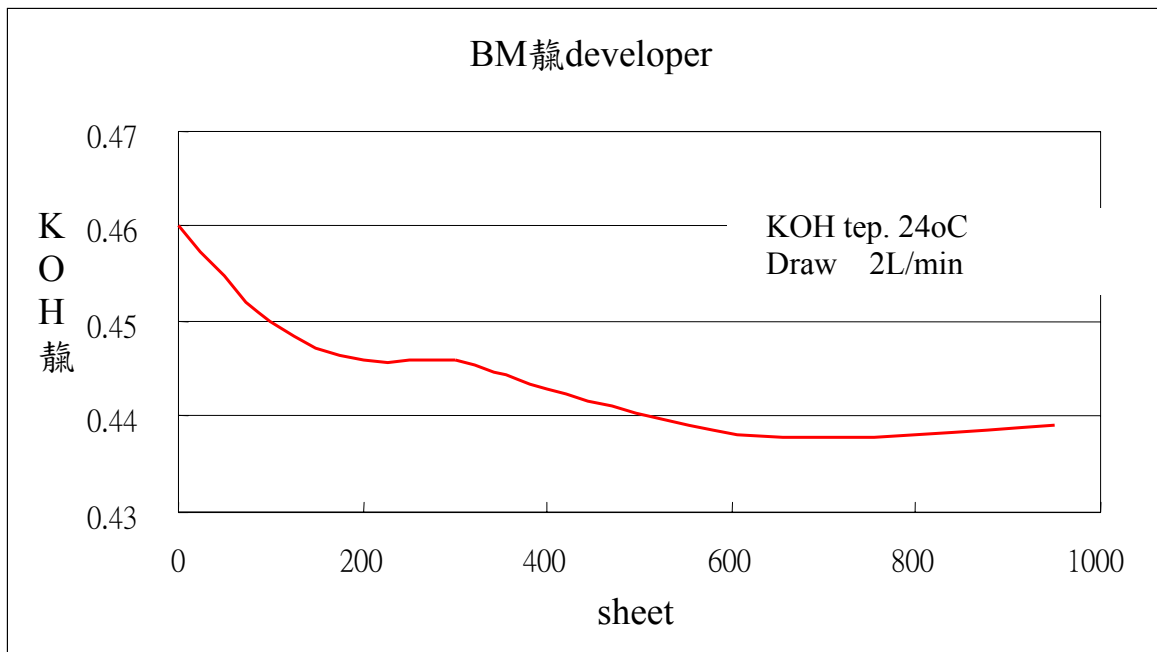


圖 3.17 生產片數與顯影液濃度變化趨勢圖[10]

在顯影製程中，黑色陣列線寬與顯影時間是負相關，也就是在相同顯影液濃度下，顯影時間愈長線寬就愈小，如圖 3.18 所示，但是一般顯影設備上顯影時間是固定的，因此，線寬與顯影液濃度在此條件下亦是負相關的，如圖 3.18 所示。如果顯影液濃度由 0.46 wt% 下降到 0.45 wt%，代表線寬的部份由小變大，這樣的製程變異應該都在規格內，即使如此，但對後續紅、綠、藍製程甚至間隔層製程而言，上製程的產品規格變異，就代表下製程較低的製程裕度。

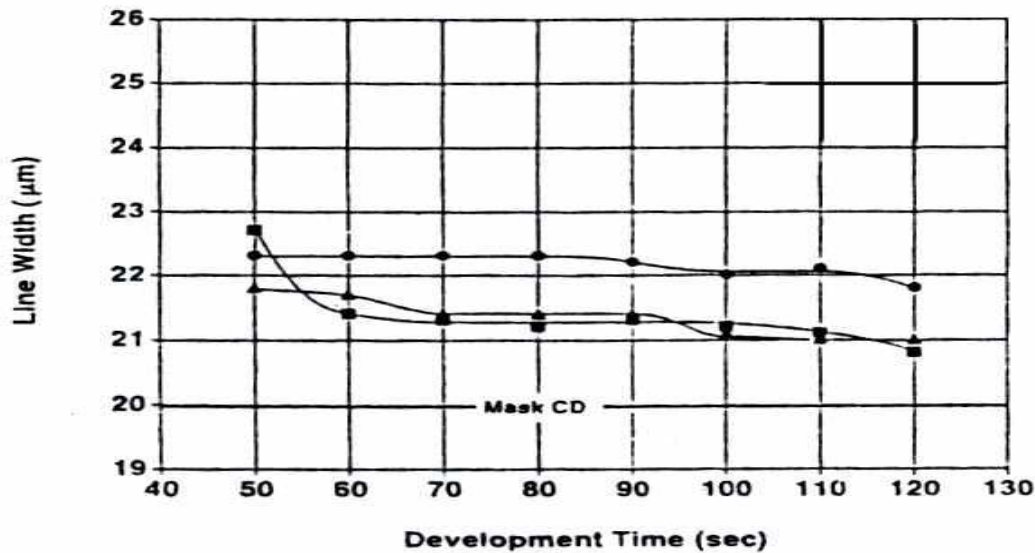


圖 3.18 顯影時間與線寬變化趨勢圖[10]

3.3 顯影設備

顯影設備各製程槽的概略劃分如圖3.19所示。基板的流向是由左向右如箭頭所示的方向。第一槽是受入槽(Receive)，玻璃基板在受入槽一般不進行製程，僅做為基板接收及與上製程連結的目的。在顯影製程中會影響顯影品質的三個製程條件：顯影液濃度、顯影液溫度及顯影時間，如以同一時間的顯影液狀況來討論，顯影液的濃度與溫度應該相同，因此在一片玻璃基板上使每一處的顯影時間越接近便能使顯影的效果越一致，水簾式灑水裝置(Paddle Shower)的裝設即是為此目的而來。各製程槽中顯影槽是最大的製程槽，顯影槽的大小或槽數必須依據製程規格所需的顯影時間搭配輓輪的傳送速度來做設計，通常顯影槽會是整個設備佔最多空間的一個製程槽，少則3~4槽多則5~6槽。在顯影製程中為了使顯影液能均勻噴灑在玻璃基板上因此使用搖動式噴灑裝置(Spray Shower)，顯影槽的顯影液桶槽一般都有二個以供切換，一個使用中；一個則待命，顯影液桶槽的切換條件有三：1). 生產片數2). 顯影液濃度 3). 顯影液桶槽使用的時間。在顯影槽後有毛刷洗淨(Brush)槽以去除大顆的異物，接著類真空噴射洗淨為去除微小的異物。最後一槽是所謂的風刀(Air knife)，主要目的在使用壓縮空氣將顯影後玻璃基板上所殘留的水份吹乾。



圖 3.19 顯影機各槽功能圖[9]

3.3.1 水簾式灑水裝置

顯影機中第一個製程槽，是如圖 3.20 所示的水簾式灑水裝置。水簾式灑水裝置是由兩片鐵片夾出一道細縫，顯影液流經此道細縫時會產生均勻的水簾。玻璃基板在此槽一般均以高速傳送，以迅速在玻璃經過時均勻地潤濕基板表面。以避免因顯影液散佈不均造成同一片玻璃基板上顯影時間不同而形成 MURA 的問題。

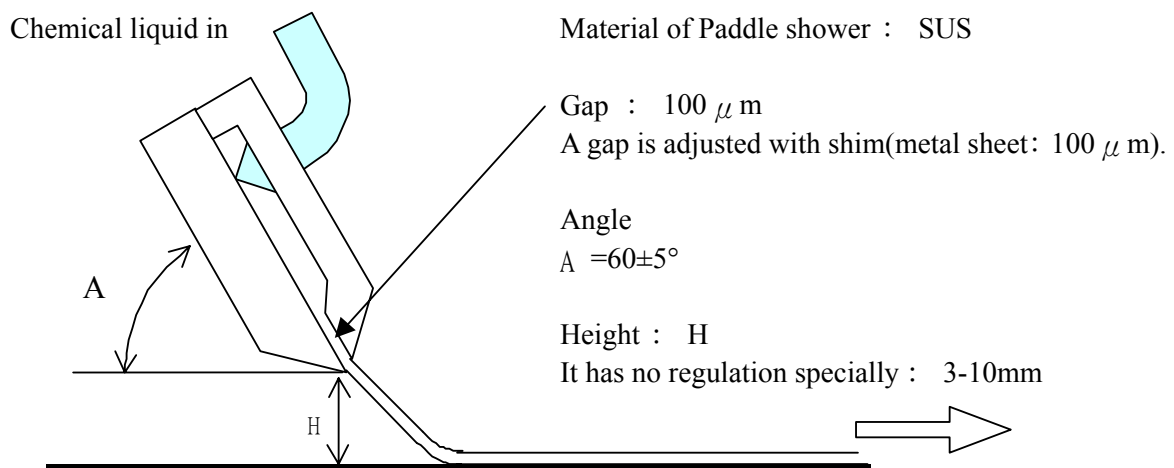
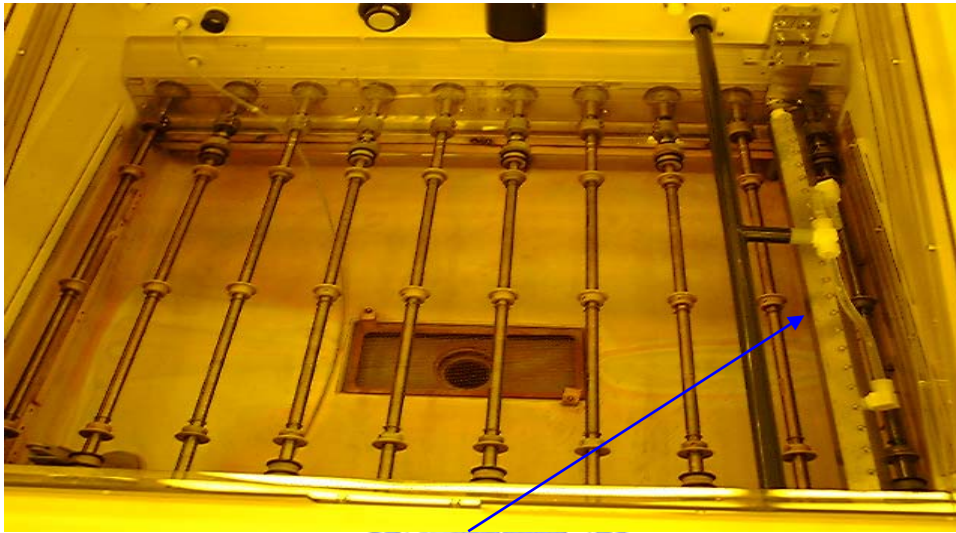


圖 3.20 水簾式灑水裝置作動示意圖[9]

由於水簾式灑水裝置直接與顯影液接觸因此必須使用與顯影液不會產生化學反應的材質，而且必須具備一定的鋼性，因此一般選用不鏽鋼(SUS)，而兩片不鏽鋼鐵片是以夾壓一固定厚度的薄鐵片(Shim)來形成長而均勻的細縫。為了產生均勻的壓力，應用上水簾式灑水裝置以兩個顯影液輸入口與顯影液供應管路連接，如圖 3.21 所示。為了均勻地潤濕基板表面除了輓輪的傳送速度外，必須還要注意水簾式灑水裝置不能有氣泡的產生。一旦產生氣泡則氣泡殘留處的顯影條件便與基板其他部份不同，因此也就容易產生 Mura。水簾式灑水裝置的高度一般在裝機後即固定不動，因此適度的調整其角度及顯影液的壓力與流量並定時點檢細縫處是否阻塞是做好顯影製程的第一步。



Paddle Shower

圖 3.21 水簾式灑水裝置實體圖[9]

3.3.2 搖動式噴灑裝置

搖動式噴灑裝置裝設在顯影槽內，其構成為由一排一排的噴灑頭以一定的間隔連接到搖擺機構。其目的是以噴灑頭均勻的將顯影液散佈在玻璃基板上，如圖 3.22 的長橢圓形便是一個典型的應用。每一噴灑頭所形成的橢圓形以一定的比率重疊，藉著搖動式機構的來、回搖擺將顯影液均勻噴灑在已經曝過光的光阻膜層上，而達到均勻顯影的目的。



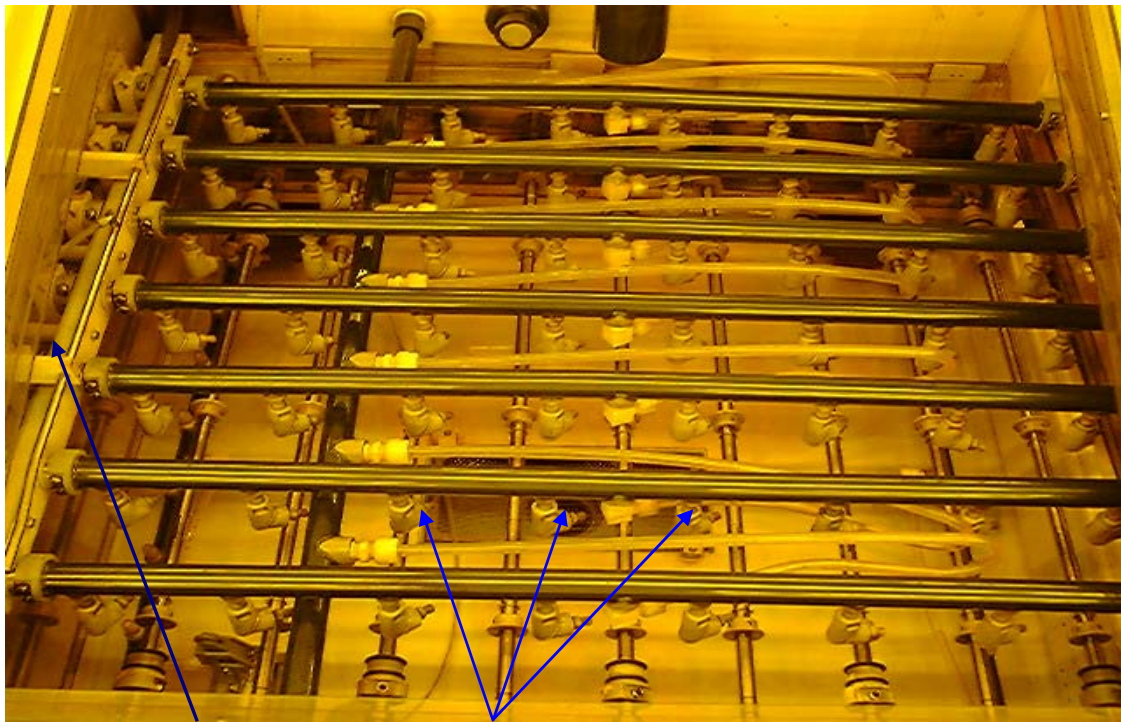
Spray 實際噴灑出的長橢圓形



化學藥品是否能均勻的噴灑在長橢圓形的範圍是顯影品質的關鍵

圖 3.22 噴灑頭作動示意圖[9]

此外噴灑頭噴灑的角度及與玻璃表面的高度也會影響顯影的結果，但是，一般顯影槽在設計之初，噴灑頭噴灑的角度及與玻璃表面的高度都已固定，因此其重疊比率也被固定，除非更換噴灑頭的型式，不然一般都不會去考慮噴灑頭噴灑的角度及與玻璃表面高度問題。因此可以著墨的製程參數有顯影液的流量及壓力搖擺機構的搖擺頻率及基板的行進速度等。在圖 3.23 可以清楚看出每一排噴灑頭均由一支管路供應顯影液，而其排列方式與基板行進方向平行，而噴灑頭與一排排的噴灑頭管路約為 30~45 度的夾角。當搖擺機構動作時即帶動一排排的噴灑頭管路做往復的旋動，而使噴灑頭噴出的顯影液在玻璃基板短邊的方向上來、回的動作。由於顯影液會有結晶的問題因此定期的點檢以避免阻塞為確保顯影品質的重要工作。



搖動式機構

噴灑頭

圖 3.23 搖動式噴灑裝置實體圖[9]

3.3.3 顯影液桶槽

顯影機的顯影液桶槽一般都有二個以供切換，如圖 3.24 所示，一個使用中；一個則待命。使用中的顯影液桶槽其顯影液由加壓幫浦打到顯影機進行顯影製程，製程後的顯影液由回水管流回原使用中的顯影液桶槽。每一顯影液桶槽均配置一台循環幫浦以攪拌桶槽內的顯影液，幫助顯影槽升溫時槽內顯影液的溫度均勻，並在新顯影液添加後儘速使顯影桶槽內的濃度穩定。顯影桶槽切換條件有三：1). 生產片數 2). 顯影液濃度 3). 顯影液桶槽使用的時間。在一般的生產條件下生產片數的條件會最先被滿足，而這種狀況下顯影液濃度下降的原因主要是來自製程的消耗。若是設備發生異常或有待料的情形發生，顯影液的濃度仍會下降，但此時因為沒有進行製程，因此顯影濃度的下降主要來自顯影液的氧化。

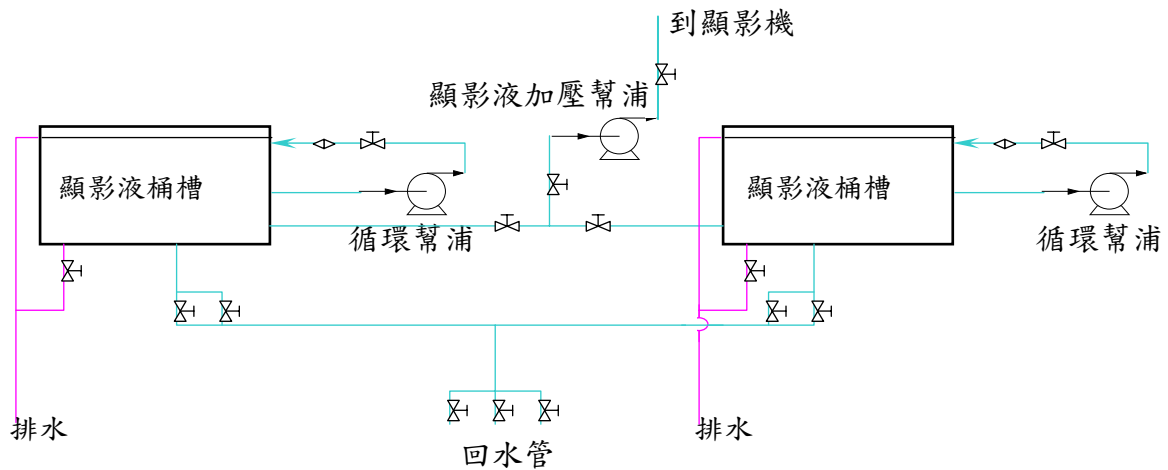


圖 3.24 顯影液桶槽管路圖[9]

顯影液桶槽的基本作用在於容納顯影液以利製程的進行，但為了讓製程得以順利進行，顯影液桶槽必須具備其他的功能。使用中的顯影液桶槽在所設定的切換條件滿足前為循環使用，但製程中必定會有一些顯影液的損耗，而導致顯影液桶槽液位低下，因此顯影液桶槽必須要有液位控制的功能，即在液位低下時補充新顯影液並在新顯影液補充足夠的量時停止供應。此外為了達到良好的顯影效果，顯影液的溫度也是重要的製程參數，因此顯影液桶槽也必須要有加熱器及溫度控制的能力。此外為了減緩顯影液的氧化作用，會在顯影桶槽內通入氮氣。而在切換顯影液桶槽，排放舊液後，顯影液桶槽還要有自我清洗的功能將桶槽清洗乾淨。因此要達成製程的要求，顯影液桶槽的管路及功能是比较複雜，圖 3.25 為顯影液桶槽的實體圖。

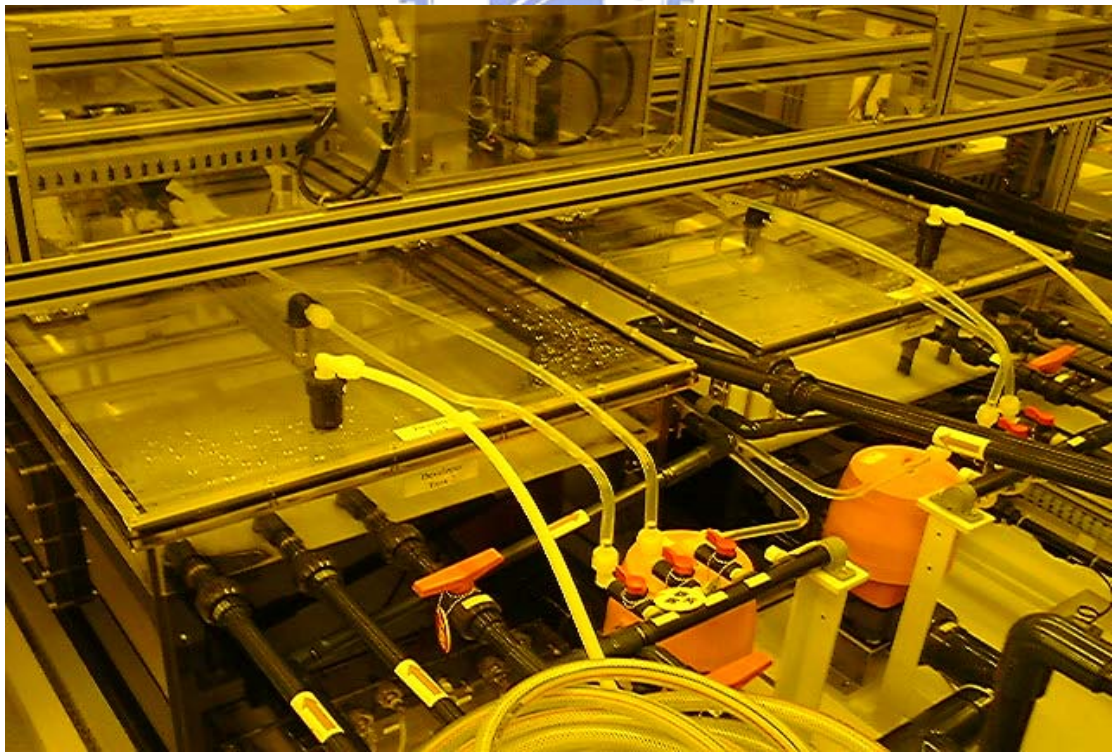


圖 3.25 顯影液桶槽實體圖[9]

3.3.4 毛刷洗淨

毛刷洗淨基本上即是一附有毛刷的基板清洗槽，普遍存在於一般的濕式設備，主要在去除濕式製程中，隨製程液體而沉積在基板表面的微粒或異物，以確保產品的品質減少品質異常。通常配置在純水段，以加強純水洗淨效果。

毛刷洗淨是以圓桶柱狀的刷子，如圖 3.26 所示，其長度較玻璃基板的寬度更寬，上、下為一組，以同時清洗玻璃基板的製程面及背面，通常配置兩組，一前、一後增加洗淨效果。除了刷毛的規格，製程中的參數有刷子對玻璃的壓入量及刷子旋轉的轉速以及玻璃基板的前進速度等。

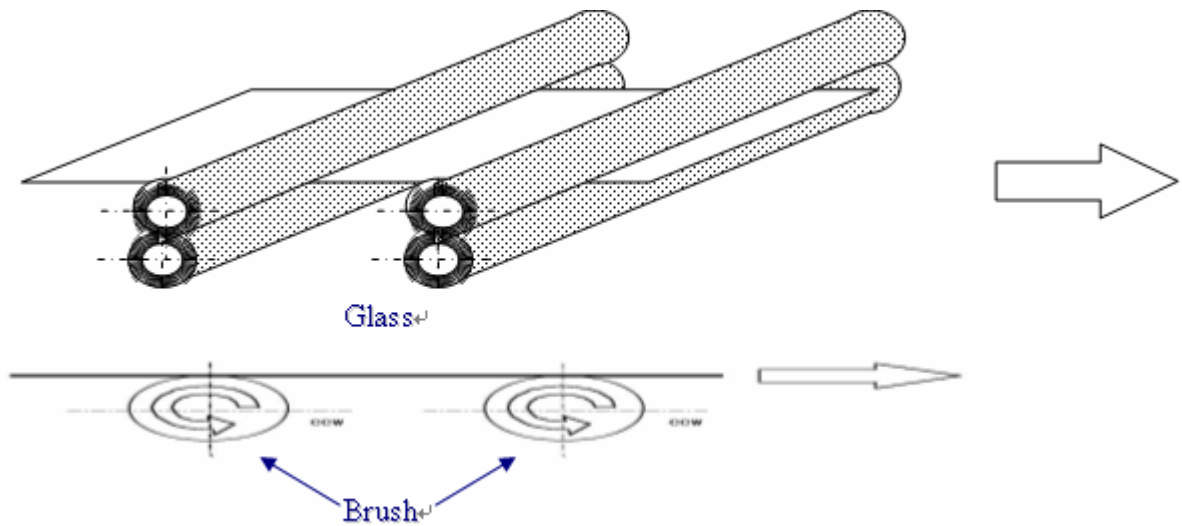
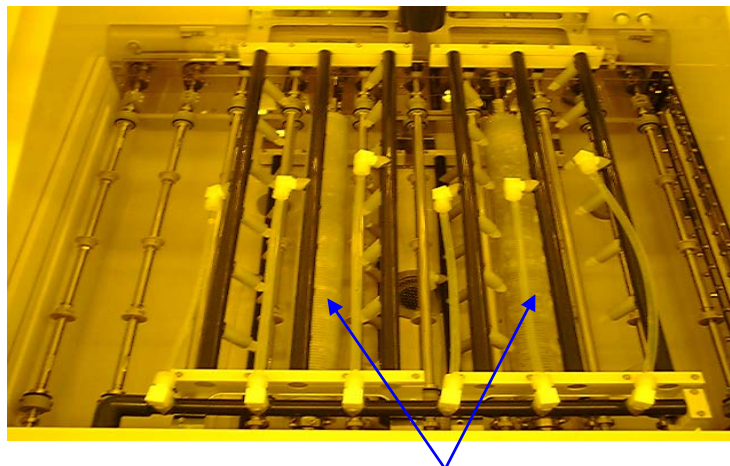


圖 3.26 毛刷洗淨作動示意圖[9]

刷子刷洗玻璃製程面及背面時，為了得到最好的刷洗效果，刷子刷的方向與玻璃的行進方向正好相反。而為了不使玻璃受刷子反行進方向作用力的影響而改變行進速度，因此在刷洗段一般都會使用雙層輥輪(Double Roller)。下輥輪撐起玻璃基板，上輥輪則以重力下壓。上、下輥輪夾壓並帶動玻璃，穩定玻璃的行進方向及速度。以圖 3.27 為例，在設備上，一支毛刷有三排灑水頭，分前、中、後，灑水頭的方向正對著毛刷的軸心，在刷洗時提供適量的清水以潤溼玻璃，減少刮傷並提高洗淨的效果。



Brush

圖 3.27 Brush 實體圖[9]

3.3.5 類真空噴射洗淨

類真空噴射洗淨(Cavitation Jet, CJ)為利用高壓噴射水柱混入空氣，藉由空氣吸附於異物的表面產生浮力來移除異物。因此在類真空噴射洗淨裝置上會有壓縮空氣及清水兩種洗淨的成份組成圖，如圖 3.31 所示。圖 3.28 為類真空噴射洗淨的管路圖示意。底部的水槽透過幫浦將水打到裝設在製程槽內的類真空噴射洗淨單元，其間有一回水閥其目的為疏解幫浦管路內的壓力。壓縮空氣以設定的壓力加在噴嘴上，而清水藉由加壓幫浦從清水槽內抽出經過過濾器及調壓閥進到類真空噴射洗淨裝置內與空氣進行混合後，噴灑在玻璃上，藉由空氣吸附於異物的表面產生浮力而使異物易於移除，如圖 3.29 及圖 3.30 所示。像類真空這種使用兩種流體物質做為清潔媒介的清潔方式，也有人稱之為二流體。在顯影製程的順序上毛刷洗淨安排在類真空噴射洗淨之前，有其特別的用意，在洗淨作用上毛刷洗淨主要為清除較大的異物而類真空洗淨則是清除較小的異物。

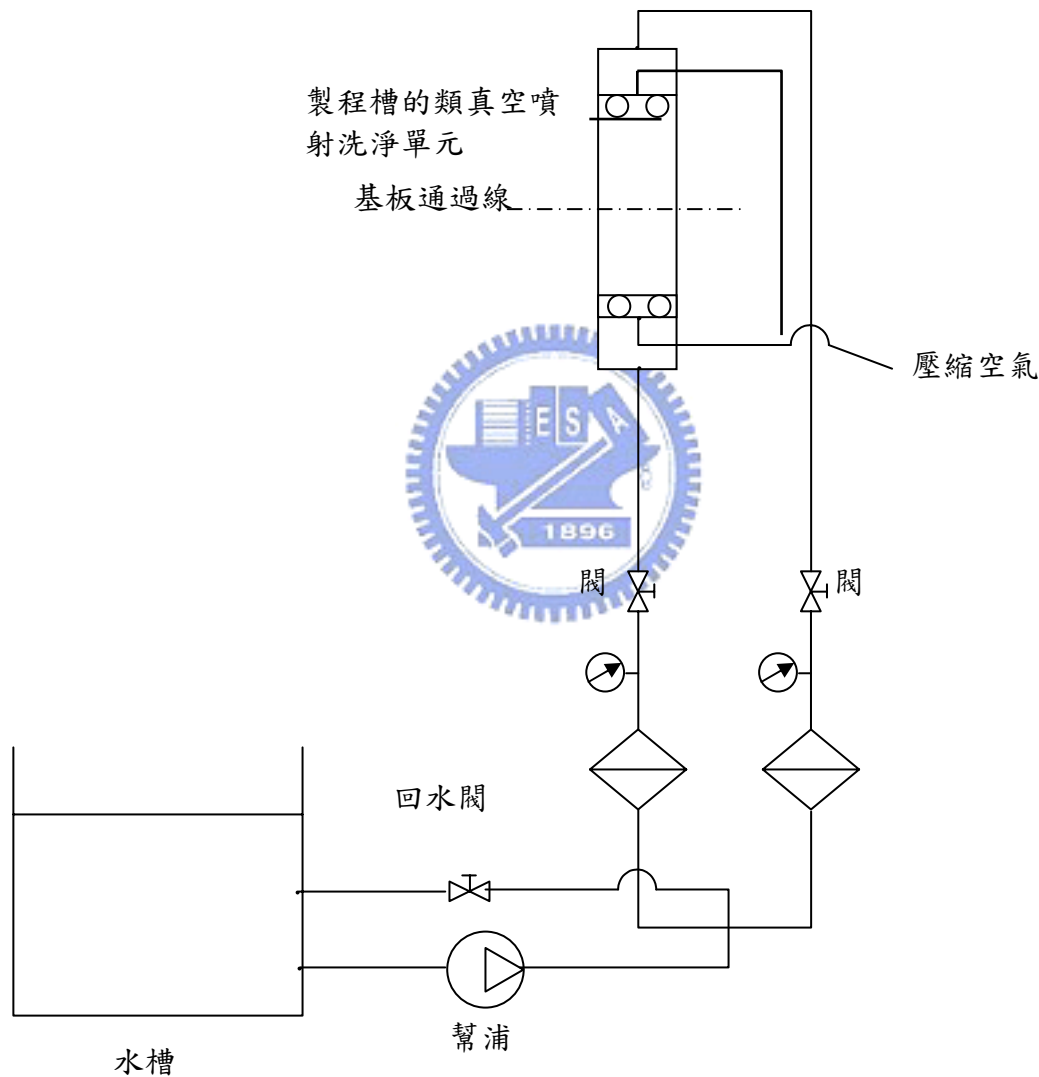


圖 3.28 類真空噴射洗淨管路圖[9]

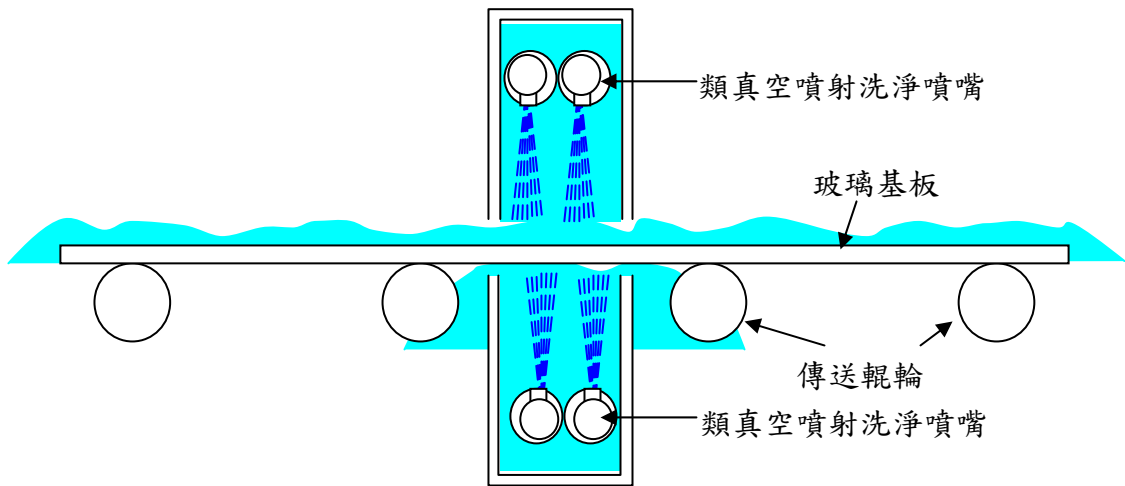


圖 3.29 類真空噴射洗淨作動示意圖[9]

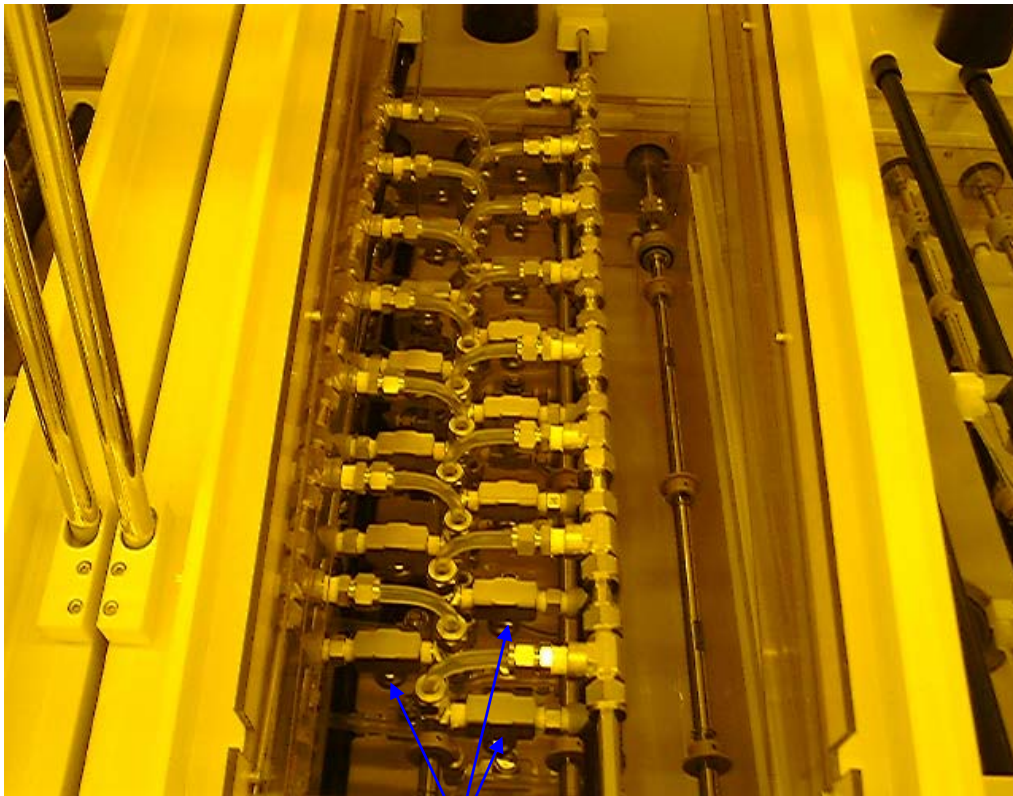


噴灑在玻璃上的清水充滿空氣微粒，微粒吸附在異物週圍



空氣微粒持續吸附異物四週，行成小氣泡，減輕異物重量，使異物在噴灑中易於被移除

圖 3.30 類真空噴射洗淨洗淨作用示意圖[7]



類真空噴射洗淨 nozzle

圖 3.31 類真空噴射洗淨實體圖[9]

3.3.6 風刀

玻璃基板在完成濕式製程後，基板的表面無可避免的會有製程殘留的水膜，此水膜若不事先去除，則在後續的乾燥製程便會有水痕殘留的問題，因此，在完成濕式製程進行下一製程前必須將殘留在基板上的水膜去除，而風刀的作用即在去除玻璃上的水膜。玻璃基板在完成濕式製程後，基板表面殘留的水膜並非完全而均勻的佈滿整個基板，因此在進入風刀之前必須讓玻璃上佈滿均勻的水膜，如此在進行風刀製程時才不致產生 mura，一般會在風刀前加裝水簾，以使基板表面均勻佈滿水膜。

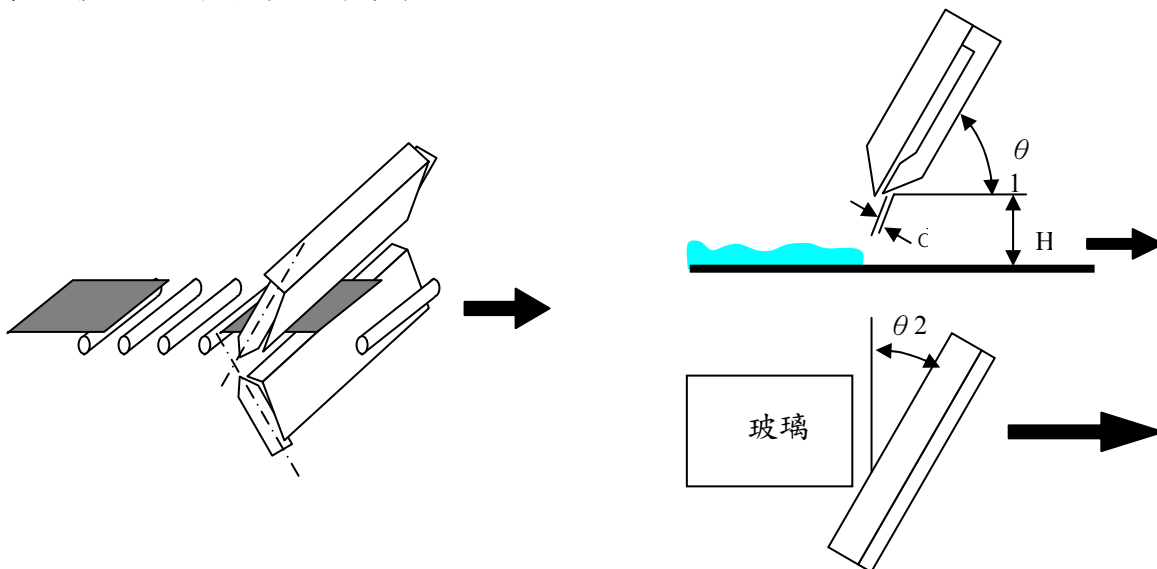


圖 3.32 風刀作動示意圖[9]

風刀為上、下一組對稱的結構。基本上也是兩片鐵板夾成一道細縫，如圖 3.32 所示，通入高壓的壓縮空氣後，形成均勻的一道氣流，當基板由輓輪帶動進入風刀時，風刀細縫所吹出的氣流便會將玻璃表面的水膜除去。

風刀與玻璃的夾角“ θ ”必須 < 90 度，在玻璃行進中反向將基板表面的水膜除去，此外風刀與行進中的玻璃並非平行而是有一夾角即圖 3.32 的“ θ_2 ”，其作用是從玻璃的角落開始將水膜除去，最後將水膜從對角趕出玻璃，可以得到最佳的水膜去除效果。除了風刀以外在靠近風刀槽出口驅動側還有一支小風刀，如圖 3.33 所示，同樣是上、下一組對稱的結構，同樣是為了去除水膜的目的，唯一的差異是小風刀僅針對玻璃基板的角落再做一次水膜的去除，以確保完全去除水膜。



圖 3.33 風刀實體圖[9]

第四章 IDEF0 系統架構實例說明

本章以 IDEF0 來說明顯影液濃度控制系統的架構及各單元間輸出、入的關係，共分為 2 小節，4.1 節『系統架構』將系統的硬體架構及動作原理做扼要的說明。4.2 節『IDEF0 實例說明』顯影製程將本論文相關的顯影製程原理做詳細的說明。

4.1 系統架構

在原有的系統中，如圖 4.1 所示，顯影液儲存在二個顯影液桶槽內，一個使用中；一個待命，顯影液桶槽內的顯影液經由幫浦將顯影液打到顯影機的顯影槽進行製程，再經由回流管流回使用中的顯影液桶槽。因為製程中會消耗掉一些顯影液，使用中的顯影液桶槽液位會逐漸下降，因此在顯影液桶槽設有液位感知器，當顯影液桶槽液位降至感知器位置時即向廠務端發出補充顯影液的訊號，要求廠務補充新的顯影液，一旦顯影液桶槽液位到達上液位時顯影液桶槽會向廠務發出停止補充顯影液的訊號。

在顯影機顯影液桶槽的管路上有一分歧管是到酸鹼濃度計槽，即當幫浦將顯影液打到顯影機時會有一部份的顯影液流到酸鹼濃度計槽。而流入酸鹼濃度計槽的顯影液經由溢流管路回到顯影桶槽，因此這一段的顯影液流向只在顯影液桶槽與酸鹼濃度計槽間循環，主要的目的是偵測使用中的顯影液濃度。但是僅在幫浦有作動的條件下，酸鹼濃度計槽的顯影液才是最新的顯影液，所傳回的顯影液濃度資料才是最及時的濃度資料。

為了達到顯影液濃度控制的目的，在顯影液濃度過高時必須加入去離子水，以降低顯影液濃度，在顯影液濃度太低時必須加入高濃度顯影液，以提高顯影液濃度，因此在回水管進顯影液桶槽的前方鑽孔，加裝兩條管路，每一個管路各裝一個手動閥。一個管路接到高濃度顯影液暫存槽，做為當顯影液濃度低下需要補充高濃度顯影液時的進入口；另一個管路接到廠務的去離子水供給系統，做為當顯影液濃度過高需要補充去離子水時的進入口。兩條管路各加裝一個手動閥的目的，旨在調整其開度以改變管路的截面積，藉此控制每單位時間流經該管路液體的流量。當然必須透過實際使用後的調整才能找到最佳的閥門開度。

由於希望做到顯影液的濃度控制，所以必須在顯影液濃度太高時將其降低，並在顯影液濃度太低時設法將其升高，因此必須要有可以達到上述目的的液體。在本文中在顯影液濃度太高時我們選用去離子水來稀釋顯影液將其濃度降低；在顯影液濃度太低時，為了要能迅速的將濃度升高所以選用高濃度(約 9~10 倍)的高濃度顯影液來提升其濃度。

不論去離子水或是高濃度顯影液都是從廠務端供給，所使用的幫浦及產生的壓力都較大，因為濃度高，因此必須一次一點一點慢慢添加，如果由廠務端直接供應一次添加的量，則瞬間添加的量會過多而造成顯影液濃度迅速上升，而超出顯影液濃度的上限。為避免這樣的問題，在高濃度顯影液添加方面必須使用暫存槽，將廠務端高濃度顯影液先加到暫存槽，再從暫存槽慢慢加到回水管。去離子水並沒有這樣的問題，因此在去離子水方面並不設置暫存槽。

不可避免的要在液體桶槽上做液位控制必須加裝液位感應感知器，高濃度顯影液暫存槽上裝了 3 個液位感知器功能說明如下：

高濃度顯影液暫存槽上 3 個液位感知器(高、中、低)的動作如下：

1. 高液位感知器：高濃度顯影液補充停止訊號，即當暫存槽內高濃度顯影液補充到液位高於高液位感知器時氣動閥 C 關閉，廠務端高濃度顯影液停止補充。
2. 中液位感知器：高濃度顯影液開始補充訊號，即當高濃度顯影液暫存槽內高濃度顯影液因調整顯影液桶槽內顯影液濃度的需要而注入回水管後，其液位就會下降，當液位下降到低於中液位感知器時氣動閥 C 打開，高濃度顯影液由廠務端流進高濃度顯影液暫存槽。高濃度顯影液暫存槽內液位開始上升。
3. 低液位感知器：當異常發生，主要可能為中液位感知器本體或線路異常，高濃度顯影

液暫存槽內液位低於中液位感知器時並沒有訊號回傳到可程式控制器，因此氣動閥 C 並沒有打開，高濃度顯影液沒有流進高濃度顯影液暫存槽，高濃度顯影液暫存槽內液位在後續的使用中繼續下降，當高濃度顯影液暫存槽液位低於低液位感知器時即發出液位異常訊號。

此外在硬體上還增加了三個氣動閥，氣動閥 C 為廠務高濃度顯影液進入高濃度顯影液暫存槽的開關；氣動閥 A 是高濃度顯影液暫存槽到回水管的開關；氣動閥 B 是廠務去離子水到回水管的開關。

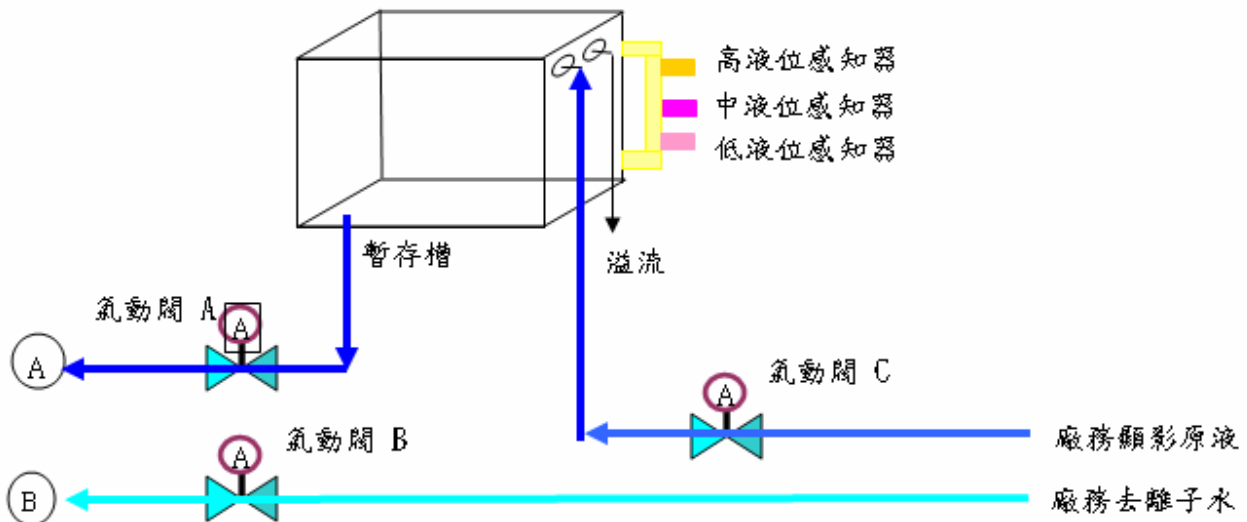
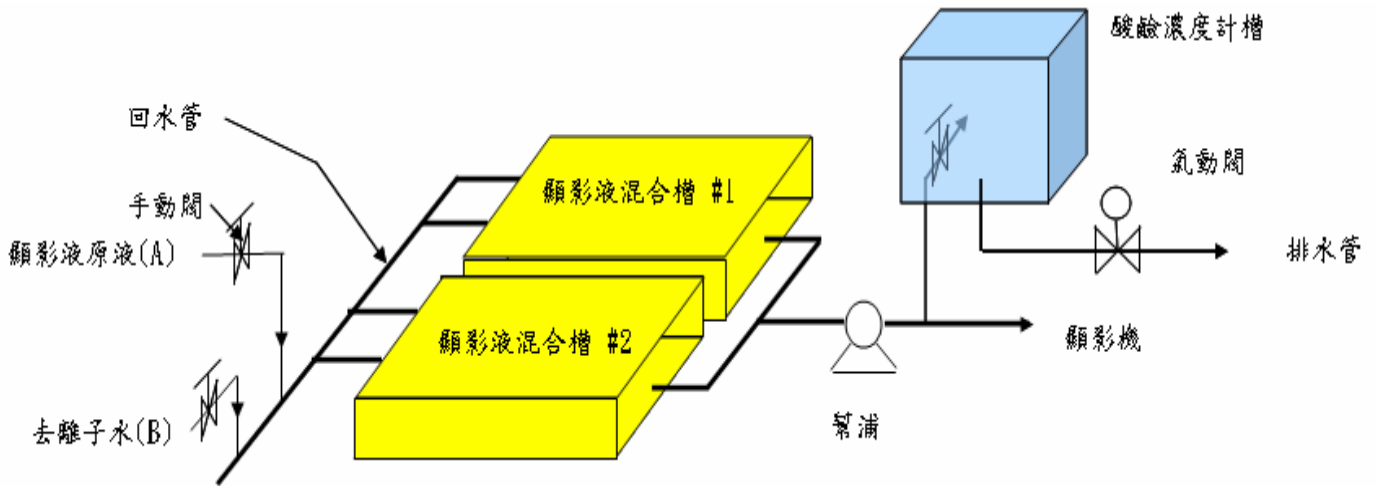


圖 4.1 系統架構示意圖

4.2 IDEF 0 實例說明

在規劃上，顯影液濃度分為“a”~“f”6個濃度界限，如圖 4.2 所示，其名稱及說明如下：

a：濃度上限(設定的濃度上限)：即可以使產出產品的品質維持在規格內的的製程顯影液濃度上限值，也就是配方的設定濃度上限。

b：修正的濃度上限(= a-0.002)：在實際的使用上因為遞延效應，及顯影液桶槽內濃度差異，在顯影液濃度控制上必需提前反應，因此實際濃度控制上不適合直接拿濃度上限 (設定的濃度上限)來做控制，所以在此將濃度上限(設定的濃度上限)- 0.002 ，做為修正後的濃度上限，以確保做出來的產品品質無虞。

c：控制的濃度上限(= d + 0.001)：為控制的顯影液濃度上限，是將濃度的製程規格中間值 d+0.001 而得出，也就是在正常作業中，為了縮小產品的變異，製程顯影液濃度希望控制在此一濃度值以下。

d：濃度中值(= (a+f)/2)：濃度的製程規格中間值，也就是將濃度製程規格上限值“a”+ 濃度製程規格下限值“f”除 2 所得的平均值。

e：控制的濃度下限(= d - 0.001)：為控制的顯影液濃度下限，是將濃度的製程規格中間值 d - 0.001 而得出，也就是在正常作業中，為了縮小產品的變異，製程顯影液濃度希望控制在此一濃度值之上。所以控制的製程顯影液濃度是介於 d±0.001 的範圍。

f：濃度下限(設定的濃度下限)：即可以使產出產品的品質維持在規格內的的製程顯影液濃度下限值，也就是配方的濃度設定下限。

上述的 6 個顯影液濃度界限，形成 5 個濃度區間(區間 G ~ 區間 K)，如表 4.1 所示，說明如下：

表 4.1 顯影液濃度區間定義表

濃度區間	定義	對應措施	附註
區間 G	b < 濃度	大量補水	非控制區
區間 H	c < 濃度 ≤ b	少量補水	緩衝區
區間 I	e ≤ 濃度 ≤ c	微量補顯影液	控制區
區間 J	f ≤ 濃度 < e	少量補顯影液	緩衝區
區間 K	濃度 < f	大量補顯影液	非控制區

顯影液濃度區間說明：

區間 G & K (非控制區)：非控制區並非當顯影液濃度落在此區域時不做控制，而是在正常的控制條件下，機台運轉時顯影液濃度的控制區間不會落在這兩個區間。

區間 I (控制區)：為了穩定生產產品的品質並縮小產品規格變異，在設備正常運轉時所希望控制的顯影液濃度範圍。規劃的控制區為濃度中間值 ± 0.001。雖然設備正常運轉時顯影液濃度會落在區間 I，但是在長時間停機或顯影液桶槽切換時，顯影液濃度會因機差及氧化等實際的狀況而有可能落在各個不同的區間。但不論顯影液濃度落在那一個區間，系統都會試著將顯影液的濃度往區間 I 做調整，如圖 4.2 所示。因此在穩定的製程條件下，顯影液濃度會在濃度界限“c”與濃度界限“e”之間上、下來回起伏。

區間 H & J (緩衝區)：當顯影液的濃度落在區間 G，系統會做大量的補水，以期迅速降低顯影液濃度，但是因為遞延效應的關係，當酸鹼濃度計偵測到顯影液的濃度已經低於濃度“b”而停止大量補水時，此時顯影液的濃度實際上比濃度“b”還要低許多。因此在正式進入控制區之前必須設計一個緩衝區做為顯影液濃度的緩衝。反之，當顯影液的濃度落在區間 J 時，系統會做大量的補充高濃度顯影液，其狀況也是一樣。此區的另一功用是做為控制區補水或補充高濃度顯影液後顯影液濃度的緩衝。

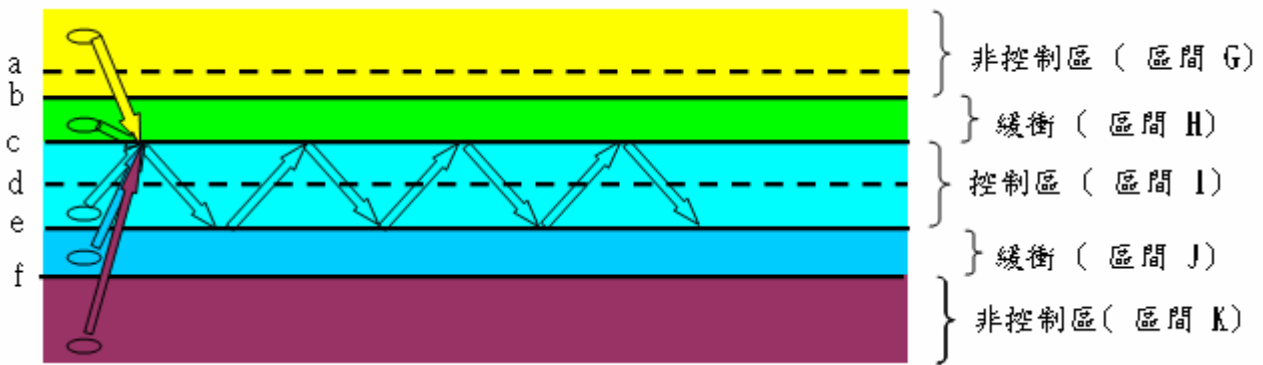


圖 4.2 濃度區間定義圖

顯影機濃度控制系統可以大分為 3 個部份，如圖 4.3 所示：

1. 濃度控制系統：由可程式控制器及高濃度顯影液暫存槽所組成。有兩個實體的輸入訊號：分別是來自廠務的壓縮空氣及高濃度顯影液。壓縮空氣是氣動閥的動力來源。顯影液是加入顯影液暫存槽以做為顯影液桶槽內顯影液濃度低下時的補充之用。另一個輸入訊號為從顯影液桶槽所傳來的濃度資訊，是顯影液酸鹼濃度計所送出的顯影液桶槽顯影液濃度資訊。濃度控制系統有 4 個輸出，其中 3 個為資訊一個為實體。去離子水供應要求及高濃度顯影液供應要求為對廠務所發出的需求。去離子水供應要求是當顯影液桶槽內濃度過高時系統需要補充去離子水以降低濃度時對廠務所發出的訊號。另一個高濃度顯影液供應要求則相反，是當顯影液桶槽內顯影液濃度過低時系統需要補充高濃度顯影液以提高濃度時對廠務所發出的訊號。正常作業狀況下廠務在收到這兩個需求訊號時會立即提供去離子水或高濃度顯影液給濃度控制系統。

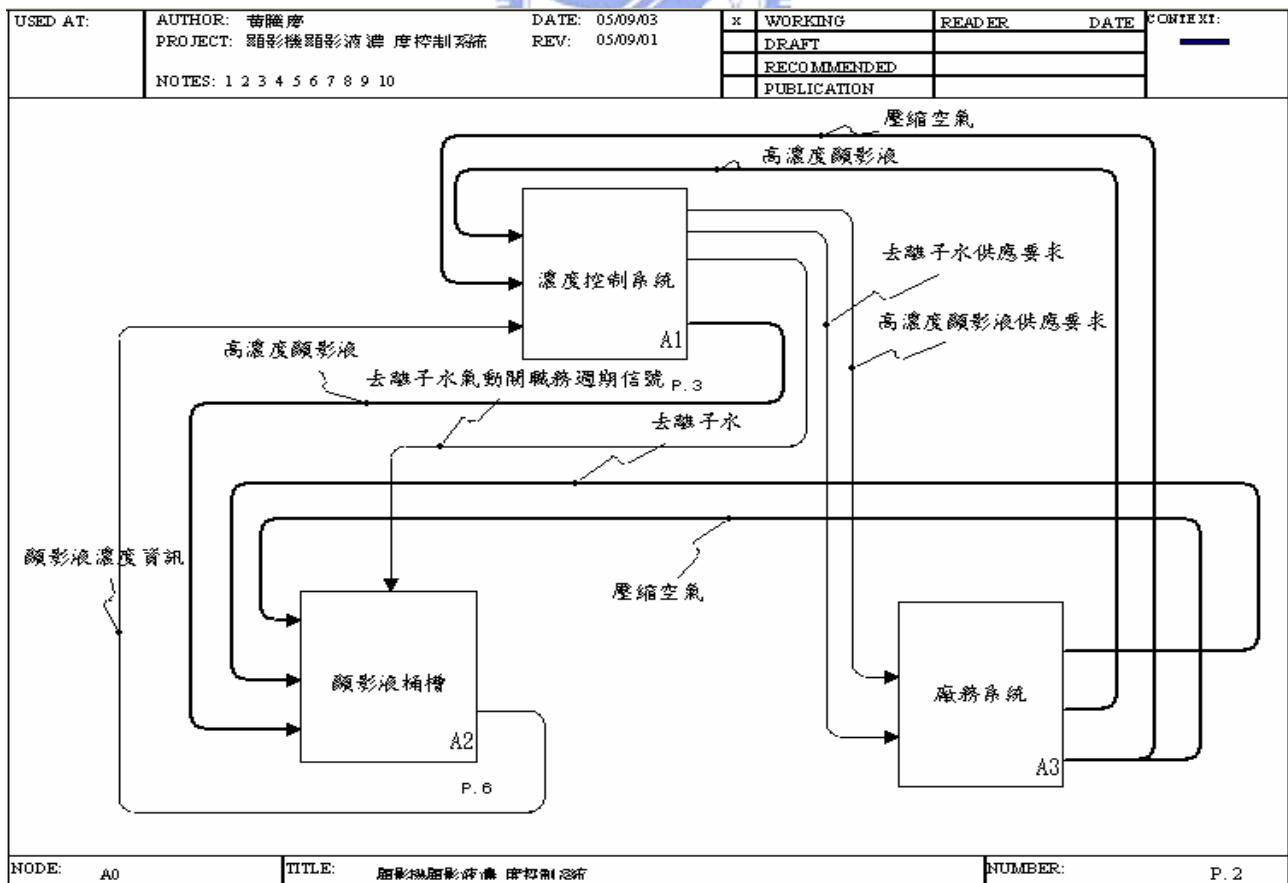


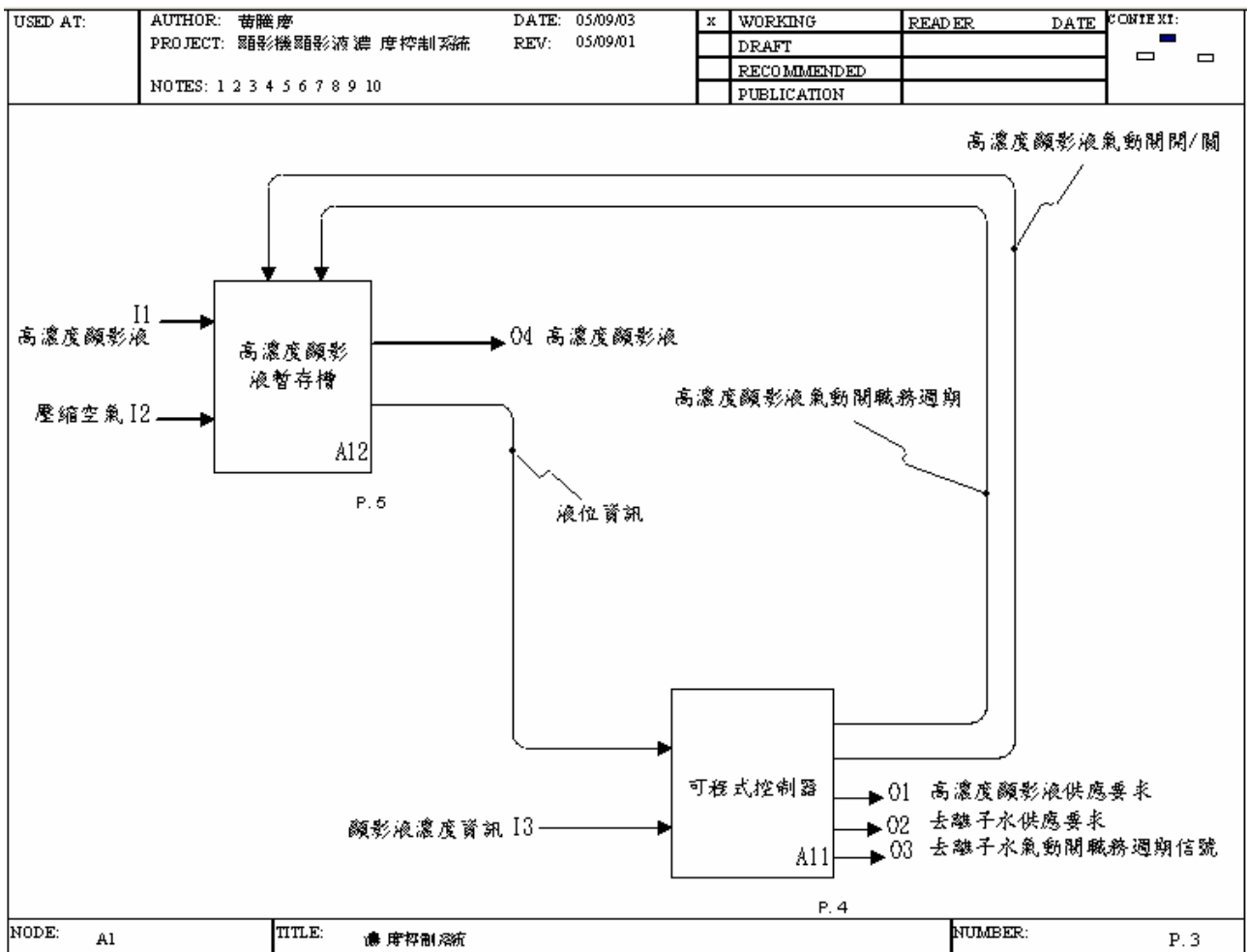
圖 4.3 顯影機濃度控制系統

去離子水氣動閥職務週期信號是另一個輸出訊號，是當顯影液桶槽內顯影液濃度過高落在區間 G 及區間 H 時，提供不同的職務週期比給顯影液桶槽的去離子水氣動閥，依顯影液濃度高低加入不同量的去離子水以降低顯影液桶槽內顯影液的濃度。

高濃度顯影液是一實體的輸出，是當顯影液桶槽內顯影液濃度落在區間 I、J、K 時為了要提高顯影液桶槽內顯影液濃度，從濃度控制系統的高濃度顯影液暫存槽流到顯影液桶槽的高濃度顯影液。

2. 顯影液桶槽:由去離子水電磁閥、氣動閥、顯影液桶槽及酸鹼濃度計槽所組成。因為有酸鹼濃度計所以能提供顯影液桶槽內的顯影液濃度值供濃度控制系統做運算。為了驅動去離子水的氣動閥所以必須由廠務提供壓縮空氣，另一個廠務提供的實體輸入是去離子水，其功用是做為降低顯影液桶槽顯影液濃度之用。另一實體輸入是由濃度控制系統所提供的高濃度顯影液，當顯影液桶槽內顯影液濃度落在區間 I、J、K 時為了要提高顯影液桶槽內顯影液濃度，從高濃度顯影液暫存槽流入顯影液桶槽。

3. 廠務系統:有兩個資訊的輸入，分別是從濃度控制系統所發出的去離子水供應要求及高濃度顯影液供應要求。並提供壓縮空氣及去離子水給顯影液桶槽，還有壓縮空氣及高濃度顯影液給濃度控制系統。

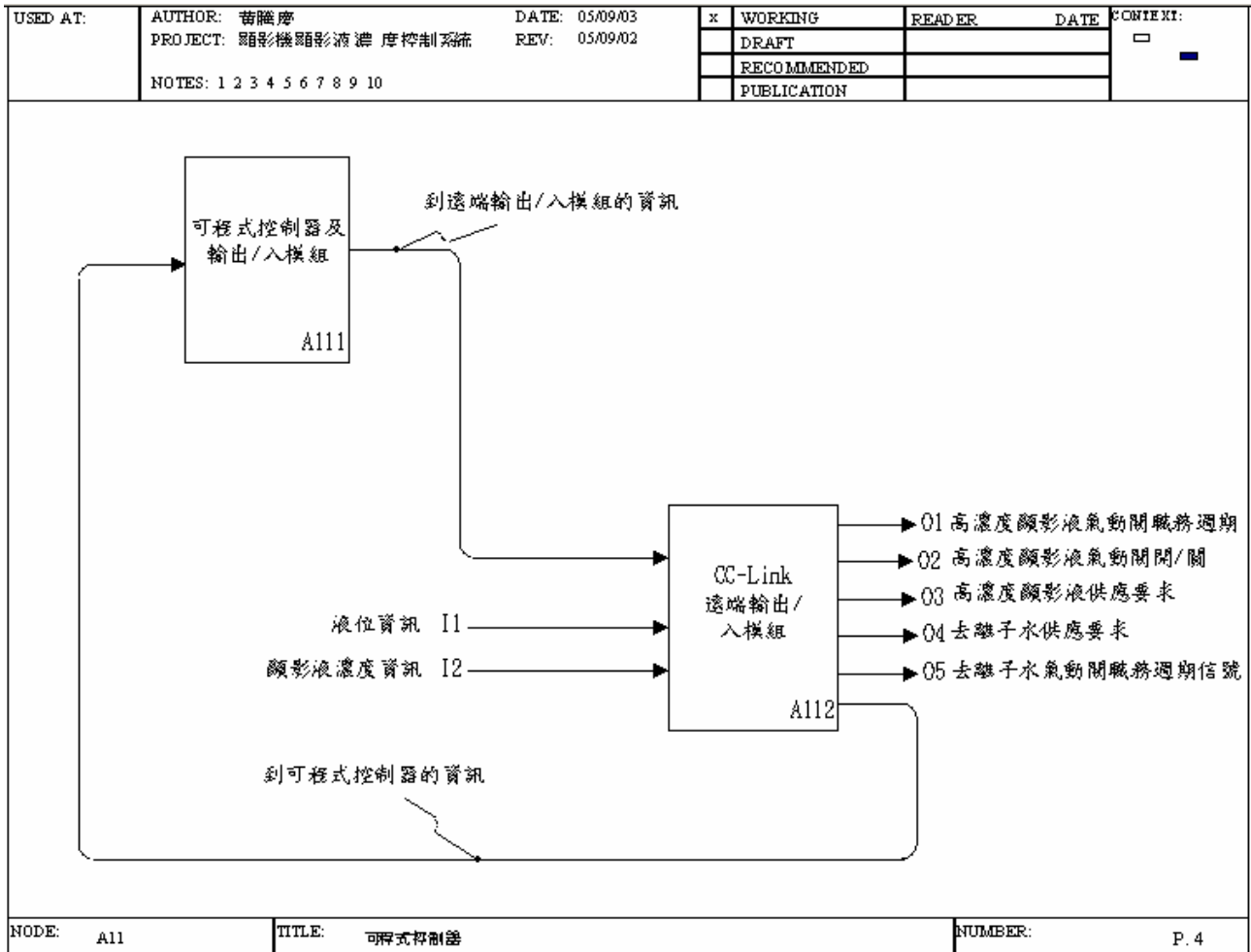


濃度控制系統是由可程式控制器單元及顯影液暫存槽所組成，如圖 4.4 所示，除了上述的輸出、入訊號之外，可程式控制器單元會依顯影液濃度資訊的狀況來決定是否要求高濃度顯影液暫存槽提供高濃度顯影液給顯影液桶槽，如果濃度區間落在區間 I、J、K 可程式控制器單元會依濃度狀況提供不同的職務週期比給高濃度顯影液暫存槽。高濃度顯影液暫存槽會提供液位資訊給可程式控制器單元，當液位低於中液位時，可程式控制器單元會發出高濃度

顯影液氣動閥開/關的訊息給高濃度顯影液暫存槽以打開顯影液氣動閥(氣動閥 C)讓來自廠務的高濃度顯影液能流入高濃度顯影液暫存槽。

可程式控制器單元基本架構就是可程式控制器加上 CC-Link 的遠端輸出/入模組,如圖 4.5 所示,事實上可程式控制器與 CC-Line 的遠端輸出/入模組間的資訊溝通是透過 CC-Line 特定的訊號線完成,所以是一條訊號線作雙向的溝通,在 IDEF 0 的表示上是以分開的箭頭表示,實際上不是兩條訊號線。

CC-Line 的遠端輸出/入模組接收外部訊號後傳給可程式控制器,可程式控制器接收到資訊後做運算,然後將運算的結果透過訊號線傳給 CC-Line 的遠端輸出/入模組,CC-Line 的遠端輸出/入模組再將運算的結果向外部做輸出。



CC-Line 的遠端輸出/入模組有兩個輸入訊號：

1. 液位資訊:為高濃度顯影液暫存槽內的液位高低。在液位的偵測上分為 3 段,即所謂的高-液位、中-液位和低-液位。高-液位、中-液位做為高濃度顯影液暫存槽內的液位控制用,也就是在製程當中高濃度顯影液暫存槽內的液位會因為槽內高濃度顯影液的消耗而使液位降低,當液位降至中-液位時系統就會開始補充高濃度顯影液,一旦開始補充高濃度顯影液,高濃度顯影液暫存槽內的液位即升高,當液位上升到高-液位時,系統便停止補充高濃度顯影液。如此循環,將高濃度顯影液暫存槽內的液位控制在高-液位與中-液位之間。但為了要預防中-液位感知器失效,即當高濃度顯影液暫存槽內的液位低於中-液位時仍沒有補充高濃度顯影的狀況產生,必須在高濃度顯影液暫存槽內中-液位下設一低-液位感知器,當高濃度顯影液暫存槽內的液位降到低-液位位置,便會引發系統警報,以通知現場人員異常發生。低-液位警報雖然可以做為高濃度顯影液暫存槽內液位低下的警報但主要的作用是在提醒現場人

員，因為一旦警報發生，即表示中-液位感知器異常。因此低-液位感知器不需設的太低，當警報發生時高濃度顯影液暫存槽內仍存有相當的液位，可以在異常處理完成前提供足夠的高濃度顯影液供製程使用。由於低-液位警報並不會影響製程的進行，也並非重故障，不需要立即停機，因此在可程式控制器程式內設為輕故障即可，也就是只警報不停機。

2. 顯影液濃度資訊: 另一個輸入訊號是由酸鹼濃度計所傳回來的使用中顯影液桶槽內的顯影液濃度資訊。顯影液桶槽內的濃度範圍依不同的產品特性會有不同的設定。一般是落在 0.3% ~ 0.6% 的範圍。

CC-Line 的遠端輸出/入模組有五個輸出訊號：

1. 高濃度顯影液氣動閥職務週期: 當 CC-Line 的遠端輸出/入模組接受顯影液桶槽的濃度資訊後，經過可程式控制器的運算，產生對應各個不同顯影液濃度區間的應對措施。在區間 I、J、K 的應對措施均為補充高濃度顯影液，只是補充高濃度顯影液的量依各個區間而不同。區間 I 的應對措施是微量補充高濃度顯影液; 區間 J 的應對措施是少量補充高濃度顯影液; 區間 K 的應對措施是大量補充高濃度顯影液。因此必須要有一個氣動閥專司補充高濃度顯影液，而補充高濃度顯影液的量在氣動閥 A 閥門開度固定的情形下是由氣動閥 A 的職務週期比來決定。高濃度顯影液氣動閥職務週期即是因應各個不同補充高濃度顯影液的需求所對應的職務週期比輸出。

2. 高濃度顯影液氣動閥開/關: 此一輸出訊號是當高濃度顯影液暫存槽的液位降低到中-液位的時候系統會發出此一訊號，以打開廠務系統與高濃度顯影液暫存槽間的氣動閥讓高濃度顯影液可以順利的流進高濃度顯影液暫存槽。當高濃度顯影液暫存槽的液位上升到高-液位的時候系統會解除此一輸出訊號。此一輸出訊號是與高濃度顯影液供應要求一起作用。

3. 高濃度顯影液供應要求: 此一輸出訊號與高濃度顯影液氣動閥開/關相同是當高濃度顯影液暫存槽的液位降低到中-液位的時候系統所發出的訊號，目的是通知廠務系統補充高濃度顯影液到高濃度顯影液暫存槽，必須與高濃度顯影液氣動閥開/關一起作用，而且一樣是當顯影液暫存槽的液位上升到高-液位的時候解除此一輸出訊號。

4. 去離子水供應要求：此一輸出訊號與去離子水氣動閥職務週期信號相同是當顯影液桶槽的顯影液濃度落在區間 G、H 時系統所發出的訊號，目的是通知廠務系統補充去離子水到顯影液桶槽，必須與去離子水氣動閥職務週期信號一起作用，而且一樣是當顯影液桶槽的顯影液濃度降到區間 I 的時候解除此一輸出訊號

5. 去離子水氣動閥職務週期信號: 當 CC-Line 的遠端輸出/入模組接受顯影液桶槽的濃度訊息後，經過可程式控制器的運算，產生對應各個不同顯影液濃度的應對措施。在區間 G、H 的應對措施均為補充去離子水，只是補充去離子水的量依各個區間而不同。區間 G 的應對措施是大量補充去離子水而區間 H 的應對措施是少量補充去離子水。因此除了要有一個氣動閥(氣動閥 C)專為補充高濃度顯影液之用以外，還要設計一個氣動閥(氣動閥 B)專為補充去離子水之用，而補充去離子水的量則由職務週期比來決定。去離子水氣動閥職務週期信號即是因應各個不同補充去離子水的需求所應對的職務週期比輸出。

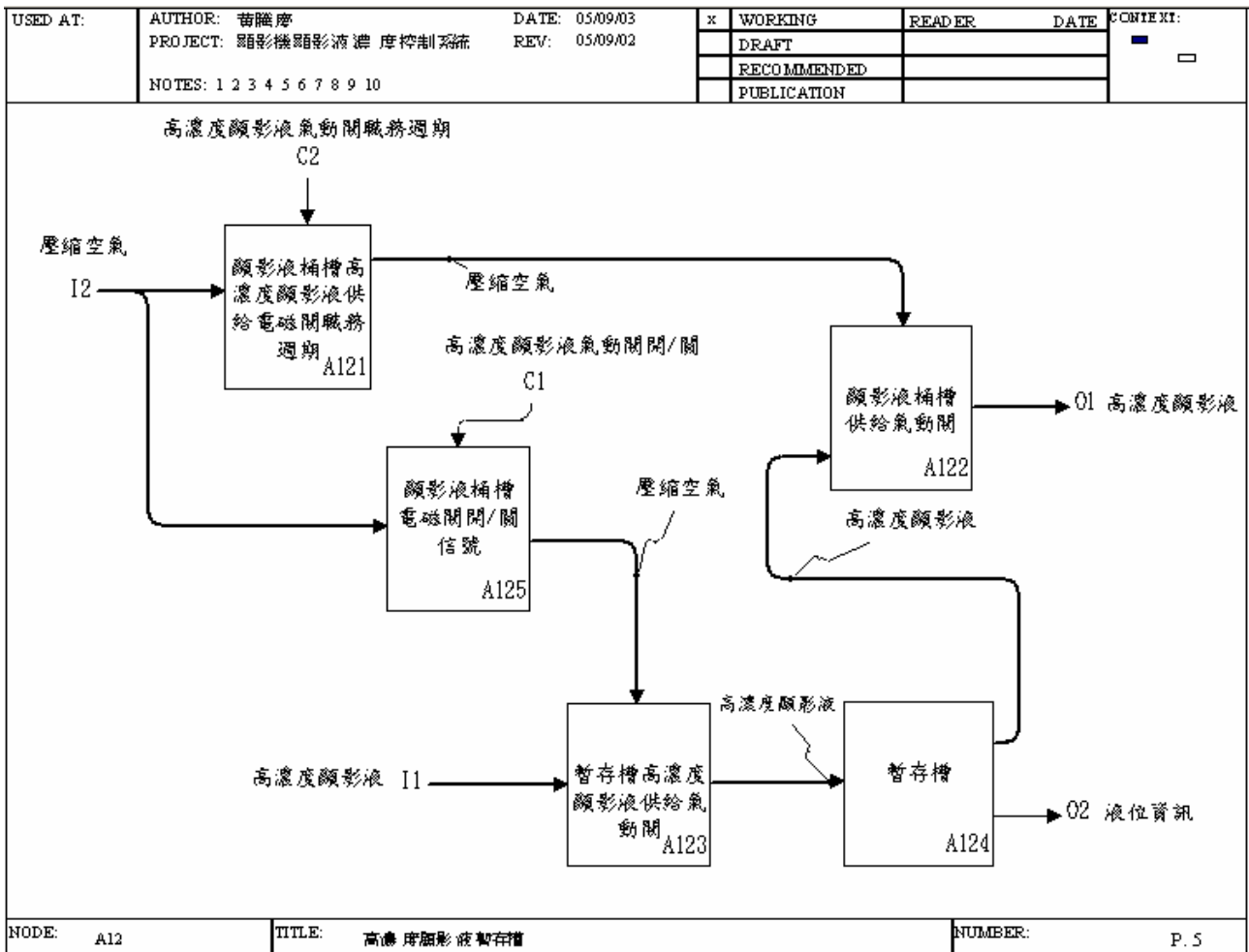
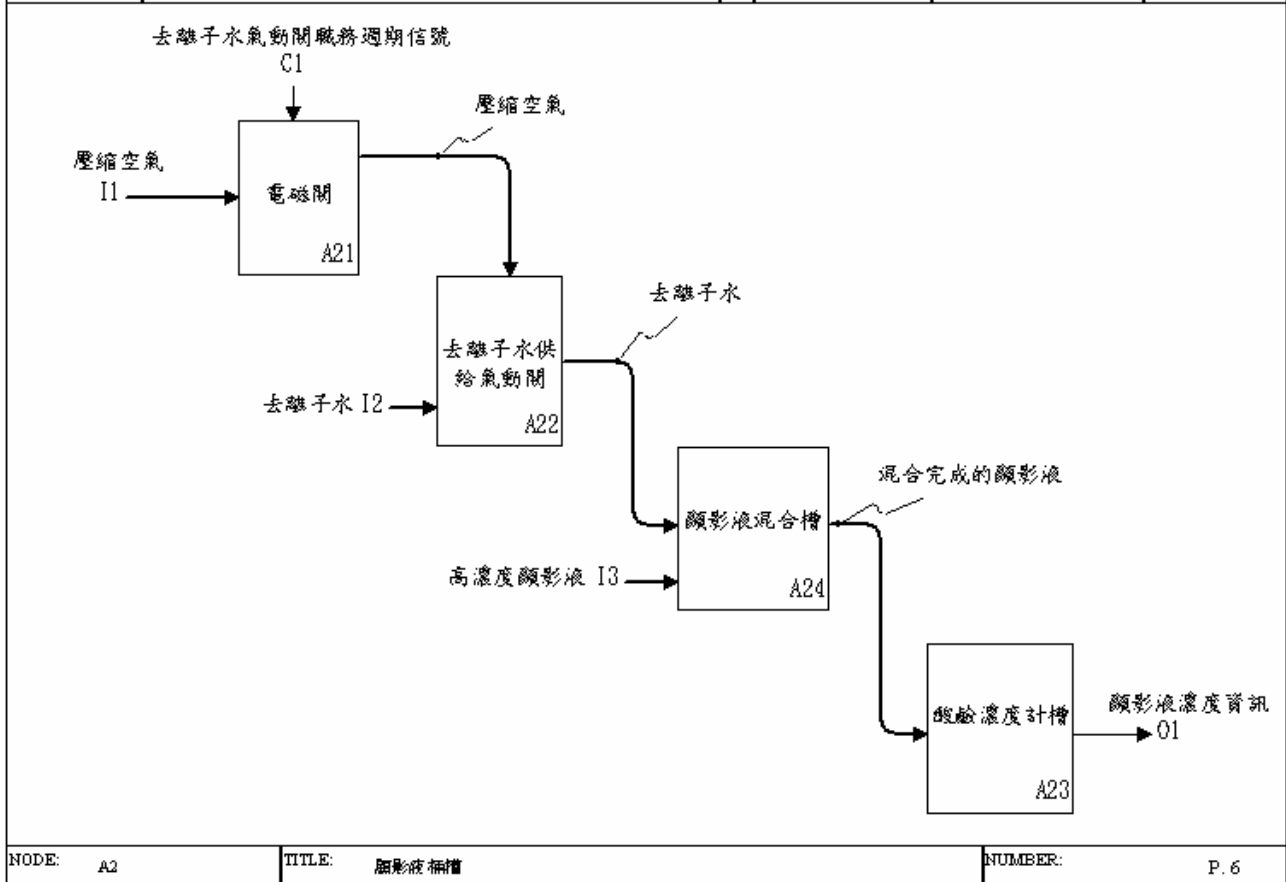


圖 4.6 高濃度顯影液暫存槽

高濃度顯影液暫存槽由兩個電磁閥、兩個氣動閥及一個暫存槽組成，如圖 4.6 所示。外部輸出/入訊號先前都已提過，內部輸出/入訊號顯影液桶槽高濃度顯影液供給電磁閥職務週期接受來自可程式控制器單元的高濃度顯影液氣動閥職務週期及來自廠務端的壓縮空氣，會輸出一個具有職務週期的壓縮空氣給顯影液桶槽供給氣動閥，以驅動顯影液桶槽供給氣動閥，依職務週期比作動，以提供不同量的高濃度顯影液給顯影液桶槽。此外在高濃度顯影液暫存槽的高濃度顯影液補充上是由來自可程式控制器單元的高濃度顯影液氣動閥開/關及來自廠務的壓縮空氣，當暫存槽內的液位降至中-液位時會輸出壓縮空氣給暫存槽高濃度顯影液供給氣動閥，使高濃度顯影液從廠務端流入高濃度顯影液暫存槽，當暫存槽內液位上升到高液位時便停止。

USED AT:	AUTHOR: 苗騰序	DATE: 05/09/03	x	WORKING	READER	DATE	CONTENT:
	PROJECT: 顯影機顯影液濃度控制系統	REV: 05/09/02		DRAFT			<input type="checkbox"/>
	NOTES: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10			RECOMMENDED			<input type="checkbox"/>
				PUBLICATION			<input type="checkbox"/>



NODE: A2	TITLE: 顯影液桶槽	NUMBER: P.6
----------	--------------	-------------

圖 4.7 顯影液桶槽

顯影液桶槽由一個電磁閥、去離子水供給氣動閥、顯影液混合槽及酸鹼濃度計槽所組成，如圖 4.7 所示。當顯影液桶槽內的顯影液濃度落在區間 G 及區間 H 時即濃度較高的區間，電磁閥接受來自可程式控制器單元的去離子水氣動閥職務週期信號及來自廠務的壓縮空氣訊號，會輸出一個具有職務週期的壓縮空氣給去離子水供給氣動閥，驅動去離子水供給氣動閥依職務週期比作動，以提供不同量的去離子水給顯影液混合槽以降低顯影液的濃度。顯影液混合槽內混合好的顯影液會再到酸鹼計槽讓酸鹼濃度計偵測濃度後再回傳給濃度控制系統。

第五章 裴氏圖及不變量求解

在第四章的顯影液濃度控制系統中已經對系統的動作順序及機制提出說明。在本章中將整個顯影液濃度控制系統分成專責顯影液濃度控制及暫存槽控制兩個子系統。5.1 節『顯影液濃度控制子系統不變量求解』說明系統內的暫存點及轉移點，並求解其不變量。5.2 節『暫存槽子系統不變量求解』說明系統內的暫存點及轉移點，並求解其不變量。

5.1 顯影液濃度控制子系統不變量求解

在顯影液濃度控制系統的動作流程中的實體工作元件如表 5.1 所示：氣動閥 B 和氣動閥 C 這二個元件是用來控制廠務端高濃度顯影液及去離子水的流量；氣動閥 A 是 buffer 到回水管間的氣動閥，其狀態只有開啟和關閉兩種可以控制。高 液位 感知器 及中 液位 感知器 管控暫存槽 的液位。濃度 meter 將顯影液的濃度值做輸出，可以做廣範的顯影液濃度偵測，但主要將其分為四個區間 s 及兩個濃度 液位。

表 5.1 顯影液濃度控制系統元件說明

系統元件	說明	狀態
氣動閥 A	暫存槽到回水管間的氣動閥	開/關
氣動閥 B	廠務到回水管的去離子水氣動閥	開/關
氣動閥 C	廠務到暫存槽 原液補充閥	開/關
濃度計	濃度計所傳回的顯影液濃度資料	區間 G,區間 H, 濃度 e,區間 J, 區間 K&濃度 c
高液位感知器	暫存槽高液位感知器	開/關
中液位感知器	暫存槽中液位感知器	開/關

以下先就顯影液濃度控制子系統部份提出說明。雖說整個系統在規劃上設定了五個顯影液濃度區間:區間 G、區間 H、區間 I、區間 J 及區間 K。然而區間 G、區間 H、區間 J 和區間 K 都只是暫態。在系統的操作過程中，因實際的使用狀況，在系統啟動時或在顯影液桶槽切換時，顯影液濃度都有可能落在五個濃度區間的任何一個，但是一旦濃度經過調整後即會在區間 I 的濃度範圍上、下循環。

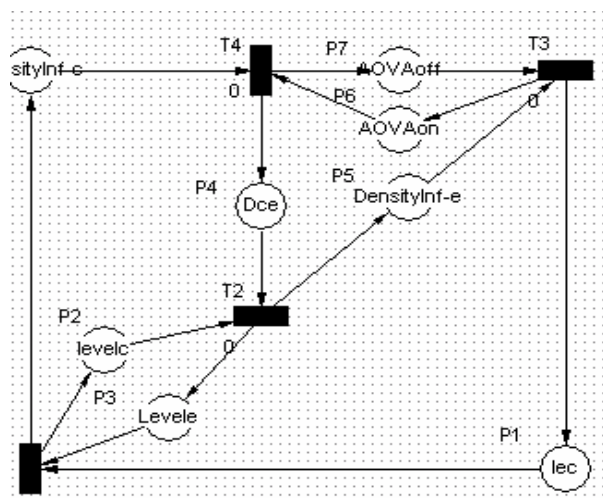


圖 5.1 顯影液濃度控制子系統的裴氏圖

因此在顯影液濃度控制部份如果要求解不變量，應只拿實體元件在區間 I 的行為模式來做分析。其斐氏圖如圖 5.1 所示：本論文內的斐氏圖均使用軟體 Visual Object Net 繪製而成的，圖 5.1 的斐氏圖中共有八個暫存點代表系統內各個元件的可能狀態，及四個轉移點說明各元件狀態變更的觸動作業。斐氏圖中各個暫存點的意義詳細說明如下，可與斐氏圖做對照。

表 5.2 顯影液濃度控制子系統斐氏圖的暫存點及轉移點說明

暫存點	名稱	說明	轉移點	說明
P1	Iec	顯影槽濃度上升	T1	濃度界限C
P2	levelc	顯影液濃度界限C	T2	濃度界限E
P3	levele	顯影液濃度界限E	T3	顯影液補充條件
P4	Dec	顯影槽濃度下降	T4	顯影液濃度下降條件
P5	Density infe	酸鹼濃度計濃度界限E感應		
P6	AOV A on	補充顯影液		
P7	AOV A off	停止補充顯影液		
P8	Density infc	酸鹼濃度計濃度界限C感應		

經由分析圖 5.1 中的斐氏圖，可以得到產率矩陣(Incidence Matrix) R，如下所示。此系統有四個轉移點(Transition)也就是有四條系統中屬性狀態變換的法則(Rule)，以及八個暫存點(Place)代表系統屬性的各個狀態。

表 5.3 顯影液濃度控制子系統產率矩陣 R

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
T1	0	-1	-1	0	1	-1	1	0
T2	0	-1	-1	0	1	0	-1	0
T3	-1	0	0	-1	1	0	0	1
T4	-1	0	0	-1	1	0	0	0



在求解不變量的方法上，利用啟發式的方法來求解本實作的不變量聯立方程式。將產率矩陣 R 經過列運算可以得到以下 E 矩陣，接著求解矩陣 E 與屬性聯立方程式 w 內積 $Ew=0$ 方程式。

$$R = \begin{pmatrix} 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & -1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

以 Matlab 計算其轉置矩陣

```
>> E = rref(R)
```

$$E = \begin{matrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 1 & \left(\begin{matrix} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{matrix} \right) \end{matrix}$$

將格式標準化：

$$E = \begin{matrix} & & 1 & 2 & 4 & 3 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccccc} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \end{matrix}$$

Nonsingular Matrix : (EW = 0)

$$\begin{matrix} & & 1 & 2 & 4 & 3 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \end{matrix} & \left(\begin{array}{cccccccc} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right) \end{matrix} \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \\ W3 \\ W5 \\ W6 \\ W7 \\ W8 \end{pmatrix} = 0$$

$$\begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \end{pmatrix} \Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

初始條件 :

$$\begin{matrix} P1 & P2 & P3 & P4 & P5 & P6 & P7 & P8 \\ \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

本系統的初始狀態組合(Initial Tokens)為 P1 = 0、P2 = 1、P3 = 0、P4 = 0、P5 = 0、P6 = 1、P7 = 0、P8 = 1 系統由此狀態開始然後依據轉移點的激發逐一推進下一系統狀態。其物理意義說明如下：P2：顯影液濃度界限 C；P6：補充顯影液；P8：酸鹼濃度計濃度界限 C 感應。

$$\mathbf{i}_1 = \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \\ W3 \\ W5 \\ W6 \\ W7 \\ W8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 0; \quad \mathbf{i}_2 = \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \\ W3 \\ W5 \\ W6 \\ W7 \\ W8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 0; \quad \mathbf{i}_3 = \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \\ W3 \\ W5 \\ W6 \\ W7 \\ W8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} = 1$$

$$\mathbf{i}_4 = \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \\ W3 \\ W5 \\ W6 \\ W7 \\ W8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} = 0; \quad \mathbf{i}_5 = \begin{pmatrix} W1 \\ W2 \\ W4 \\ W3 \\ W5 \\ W6 \\ W7 \\ W8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ -1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix} = 1$$

P-Invariant

$$\begin{aligned} P2 + P3 &= 0 \\ P1 + P2 + P5 &= 0 \\ -P1 - P2 + P4 + P6 &= 1 \\ P1 + P2 - P4 + P7 &= 0 \\ -P2 + P4 + P8 &= 1 \end{aligned}$$

5.2 暫存槽子系統不變量求解

另一個需要求解不變量的子系統為高濃度顯影液暫存槽。高濃度顯影液暫存槽由廠務端提供高濃度顯影液，暫存在槽中，當顯影液桶槽內顯影液濃度不足時便由暫存槽提供高濃度顯影液以提升顯影液桶槽內的顯影液濃度。經由分析圖 5.2 中的斐氏圖，可以得到產率矩陣 R，如下所示。此系統有六個轉移點也就是有六條系統中屬性狀態變換的法則，以及十二個暫存點代表系統屬性的各個狀態。

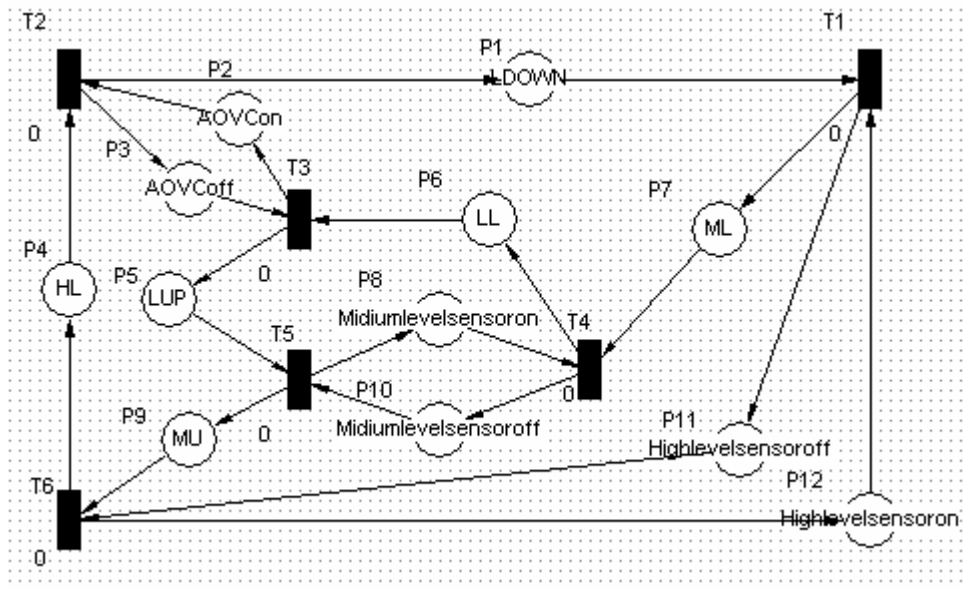


圖 5.2 暫存槽子系統的斐氏圖

其斐氏圖如圖 5.2 所示：本論文內的斐氏圖均使用軟體 Visual Object Net 繪製而成的，斐氏圖中共有十二個暫存點代表系統內各個元件可能狀態，及六個轉移點說明各元件狀態變更的觸動作業。斐氏圖中各個暫存點的意義詳細說明如下，可與斐氏圖做對照。

表 5.4 暫存槽子系統斐氏圖的暫存點及轉移點說明

暫存點	名稱	說明	轉移點	說明
P1	LDOWN	暫存槽液位下降	T1	暫存槽中液位條件
P2	AOVCon	氣動閥C關	T2	暫存槽高液位條件
P3	AOVCoff	氣動閥C關	T3	顯影液開始補充
P4	HL	暫存槽高液位	T4	暫存槽低液位條件
P5	LUP	暫存槽低液位上升	T5	液位回升至中液位
P6	LL	暫存槽低液位	T6	液位回升至高液位
P7	ML	暫存槽中液位		
P8	Midiumlevlesensoron	中液位感知器關		
P9	MU	暫存槽中液位上升		
P10	Midiumlevlesensoroff	中液位感知器關		
P11	Highlevlesensoron	高液位感知器關		
P12	Highlevlesensoroff	高液位感知器關		

表 5.5 暫存槽子系統產率矩陣 R

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
T1	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	-1
T2	1	-1	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
T3	0	1	-1	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
T4	0	0	0	0	0	1	-1	-1	0	1	0	0
T5	0	0	0	0	-1	0	0	1	1	-1	0	0
T6	0	0	0	1	0	0	0	0	-1	0	-1	1

在求解不變量的方法上，利用啟發式的方法來求解本實作的不變量聯立方程式。將產率矩陣 R 經過列運算可以得到以下 E 矩陣，接著求解矩陣 E 與屬性聯立方程式 w 內積 $Ew=0$ 方程式。

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

>> E = rref (R)

$$E = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

$$E = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 4 & 5 & 6 & 3 & 7 & 8 & 9 & 10 & 11 & 12 \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

Nonsingular Matrix : (EW = 0)

$$\begin{array}{c}
 \begin{matrix} 1 \\ 2 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \\ 6 \end{matrix} \begin{pmatrix}
 \mathbf{1} & \mathbf{2} & \mathbf{4} & \mathbf{5} & \mathbf{6} & \mathbf{3} & \mathbf{7} & \mathbf{8} & \mathbf{9} & \mathbf{10} & \mathbf{11} & \mathbf{12} \\
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 1 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & -1 & 1 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
 \end{pmatrix}
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right)
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6
 \end{array} \right) \longrightarrow \begin{pmatrix}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1
 \end{pmatrix}
 \end{array}$$

Initial Token :

$$\begin{array}{c}
 \begin{matrix} P1 & P2 & P3 & P4 & P5 & P6 & P7 & P8 & P9 & P10 & P11 & P12 \\
 [1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1]
 \end{matrix}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix} = 1; \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 1 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix} = 0; \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix} = 1; \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 0 \\
 -1 \\
 1 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix} = 0
 \end{array}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 -1 \\
 -1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0
 \end{pmatrix} = 0; \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 1 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1 \\
 0
 \end{pmatrix} = 0; \quad
 \begin{array}{c}
 \left(\begin{array}{c}
 W1 \\
 W2 \\
 W4 \\
 W5 \\
 W6 \\
 W3 \\
 W7 \\
 W8 \\
 W9 \\
 W10 \\
 W11 \\
 W12
 \end{array} \right) = \begin{pmatrix}
 1 \\
 0 \\
 1 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 0 \\
 1
 \end{pmatrix} = 1
 \end{array}
 \end{array}$$

P-Invariant:

$$\begin{array}{l}
 P2+P3 = 1 \\
 P1+P2+P6+P7 = 1 \\
 P5+P6+P8 = 1 \\
 -P2+P4+P5+P9 = 0 \\
 -P5-P6+P10 = 0 \\
 P1+P4+P11 = 1 \\
 -P1-P4+P12 = 0
 \end{array}$$

顯影液濃度控制子系統,其實體物件(Physical Manufacturing Devices, PMD)的屬性聯立方程式(Attribute Equation): $P6+P7 = 1$; $P2 + P3 = 1$, 其中 $P6$ 為氣動閥 A on 而 $P7$ 為氣動閥 A off, 因此不變量 $P6+P7 = 1$ 為就氣動閥 A 此一實體物件做監測, 實際上並不需要。 $P2$ 為顯影液濃度界限 c 而 $P3$ 顯影液濃度界限 e, 情況相同。經由刪減及適當的轉換後, 可以推導出偵察法則(Monitor Rule), 因此在顯影液濃度控制系統其不變量: $P1+P4+P5+P8 = 1$ 。此外暫存槽系統,其實體物件的屬性聯立方程式 $P2+P3 = 1$; $P8+P10 = 1$; $P11+P12=1$ 為就氣動閥 C、中液位感知器及高液位感知器等實體物件做監測, 實際上並不需要。經由刪減及適當的轉換後, 可以推導出其偵察法則(Monitor Rule): $P1+P4+P5+P6+P7+P9 = 1$ 。

表 5.6 偵查法則及監控元件屬性狀態表

子系統	偵查法則	監控元件屬性狀態
暫存槽子系統	$P1+P4+P5+P6+P7+P9 = 1$	暫存槽液位資訊
顯影濃度控制子系統	$P1+P4+P5+P8 = 1$	濃度資訊、顯影濃度



第六章 顯影液濃度穩定系統建構與實作

系統建構以彩色濾光片廠的顯影設備實際進行，6.1 節『觸控式螢幕程式撰寫及說明』旨在說明觸控式螢幕頁面增加“濃度上限”的做法及相關的警報參數設定，6.2 節『可程式控制器程式撰寫及說明』為可程式控制器階梯圖程式撰寫的說明，因為是修改原廠的程式而來，修改的部份以黃色底色標註。

6.1 觸控式螢幕程式撰寫及說明

原有設備上觸控式螢幕對顯影液桶槽切換的設定如圖 6.1 所示，在“Tank Switching Condition”上有三個條件：“Sheet Count”、“Time”、“Density”。

1. Sheet Count:即是處理片數，當顯影液在處理一定片數的玻璃後其濃度會隨著處理片數而下降，因為顯影液的濃度為影響黑色陣列線寬的重要參數，所以必須設定一安全的濃度下限值，即當顯影液濃度下降到設定值時做顯影液桶槽的切換，濃度下限值的設定必須是能生產符合黑色陣列線寬規格的最低顯影液濃度。

2. Time:即是顯影液桶槽的使用時間。顯影液桶槽主要的切換依據是處理片數，當顯影液桶槽開始使用後在某些情況下像是設備維修或處理品質問題等會使設備停止，顯影液即使不使用也會和空氣中的氧氣起化學反應而使濃度降低。為了確保顯影液的濃度，設定顯影液桶槽的使用時間是確保製程品質的必要動作。

3. Density:即是顯影液桶槽的濃度。顯影液的濃度為影響線寬的重要參數，也是最直接的品質指標。

		x0770 Type No.1	x0774 Type No.2	x0778 Type No.3
Tank Switching Condition	<Sheet Count>	091234 [S]	091234 [S]	091234 [S]
	<Time>	09123 [h]	09123 [h]	09123 [h]
	<Density>	091234	091234	091234
Tank Clean Count		0912	0912	0912
Tank Clean Time		0912.4 [S]	0912.4 [S]	0912.4 [S]
		x0778 Type No.4	x0774 Type No.5	x0778 Type No.6
Tank Switching Condition	<Sheet Count>	091234 [S]	091234 [S]	091234 [S]
	<Time>	09123 [h]	09123 [h]	09123 [h]
	<Density>	091234	091234	091234
Tank Clean Count		0912	0912	0912
Tank Clean Time		0912.4 [S]	0912.4 [S]	0912.4 [S]

圖 6.1 Tank Process Setting 設定頁面 (一)

上述“Tank Switching Condition”的三個條件並無法達成顯影液濃度的控制，為了做好顯影液桶槽濃度的控制，必須增加一個條件，就是“濃度上限”。在原先“Tank Switching Condition”的三個條件中“Density”是指顯影液濃度下限。基本的假設是顯影液的濃度並不會超過製程需

求的上限，因此只做下限的規範，但是在實際的應用上卻曾出現幾次顯影液的濃度超過製程需求的上限而使產品品質超出規格的例子。因此設定“Density upper limit”有其實用上的需要。而在顯影液的濃度控制上也需要有一個控制上限的參考依據。

Tank Process Settings			
Tank Connection		Setting Menu	
Tank1 Connection	Tank2 Connection	Main Menu	
		x0770 Type No.1	x0771 Type No.2
Tank Switching Condition	<Sheet Count>	D910 234 [S]	D910 234 [S]
	<Time>	D911 23 [h]	D911 23 [h]
	<Density>	D912 234	D912 234
<Density upper limit>		D991 234	D991 234
Tank Clean Count		D912 2	D912 2
Tank Clean Time		D912.4 [S]	D912.4 [S]
		x0773 Type No.4	x0774 Type No.5
Tank Switching Condition	<Sheet Count>	D913 234 [S]	D913 234 [S]
	<Time>	D913 23 [h]	D913 23 [h]
	<Density>	D913 234	D913 234
<Density upper limit>		D992 234	D992 234
Tank Clean Count		D912 2	D912 2
Tank Clean Time		D912.4 [S]	D912.4 [S]

圖 6.2 Tank Process Setting 設定頁面 (二)

簡單的說要增加“Density upper limit”的控制項就是在原有的表格上新增一列<Density upper limit>的控制項，然後在 6 個參數選項(Type No. 1~6)的對應欄位做設定。以第一個參數選項(Type No. 1)的對應欄位為例，因為輸入的會是一個顯影液濃度的設定值，所以輸入的顯影液濃度設定傳入可程式控制器的資料暫存器 D991。而從第二個參數選項(Type No. 2)到第六個參數選項(Type No. 6)所對應的可程式控制器資料暫存器分別是 D992~D996。設定的方式即是在“Numerical Input”的“Basic”選項下“Device”的第二個欄位輸入對應的可程式控制器資料暫存器[16][17]。

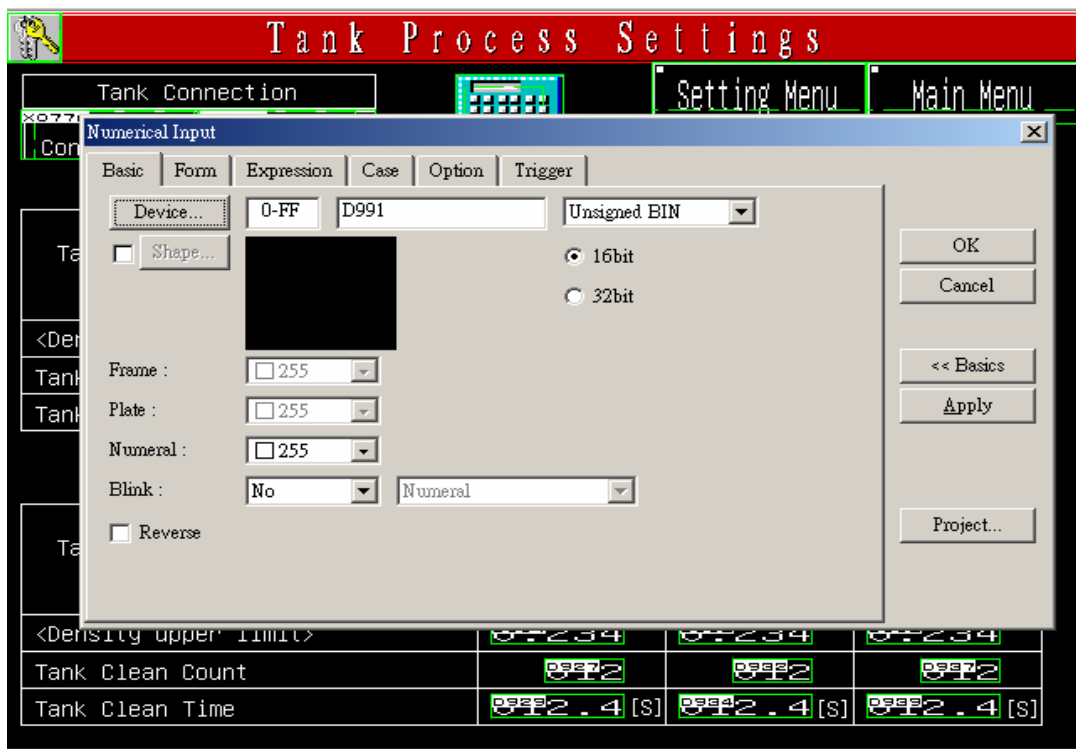


圖 6.3 Tank Process Setting 設定頁面 (三)

輸入格式則是在第二個選項“Form”內做設定。因為顯影液的濃度範圍約在 0.5wt%上、下，而設定值會設到小數點以下第三位數。所以輸入格式的位數，含小數點設成五位數，而小數點下設三位數。此外其餘的選項設定只要照“Tank Switching Condition”中的濃度設定即可。

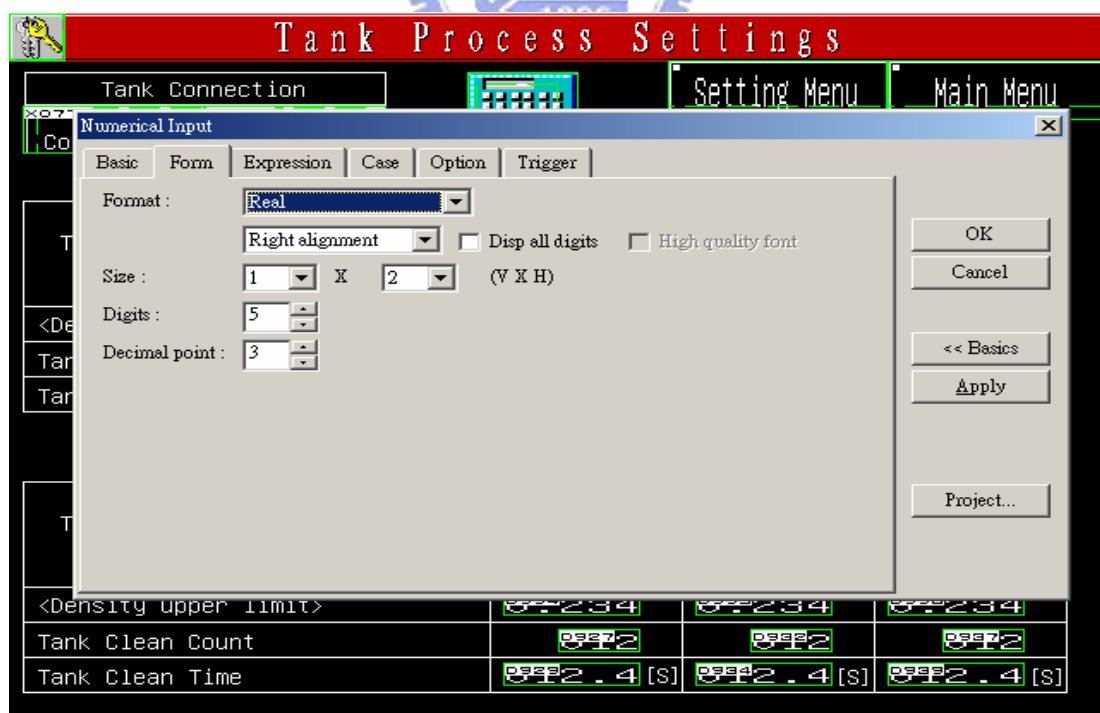


圖 6.4 Tank Process Setting 設定頁面 (四)

在做完上述的動作後就完成了新增“Density 濃度上限”控制項應有的設定。接著必須將警報的訊息加入。在先前的說明需要做警報的地方有兩個，其一是當顯影液的濃度超過控制上限時需要做警報，另一是當顯影液暫存槽的液位下降到液位下限時也需要做警報。

在“common”下拉視窗下點選“Alarm History”。在“Alarm History”內顯影液的濃度超過控制上限的警報是用“Device”欄位的內容所觸發。在此我們設定 28 項做為顯影液的濃度超過控制上限的警報。在“Device”欄位 28 項的內容“YOF1B”是可程式控制器的內部輸出接點，也就是當可程式控制器的輸出接點“YOF1B” on 時就會觸發觸控式螢幕警報顯示故障訊息及相關資訊。在對應的“comm”欄位是“28”;對應的“Disp”欄位是“327”說明如下。

點選右側的“Comment Edit”進入“Comment List”頁面。而警報的故障訊息及簡易的故障排除必須一起顯示到觸控式螢幕的顯示頁面上。

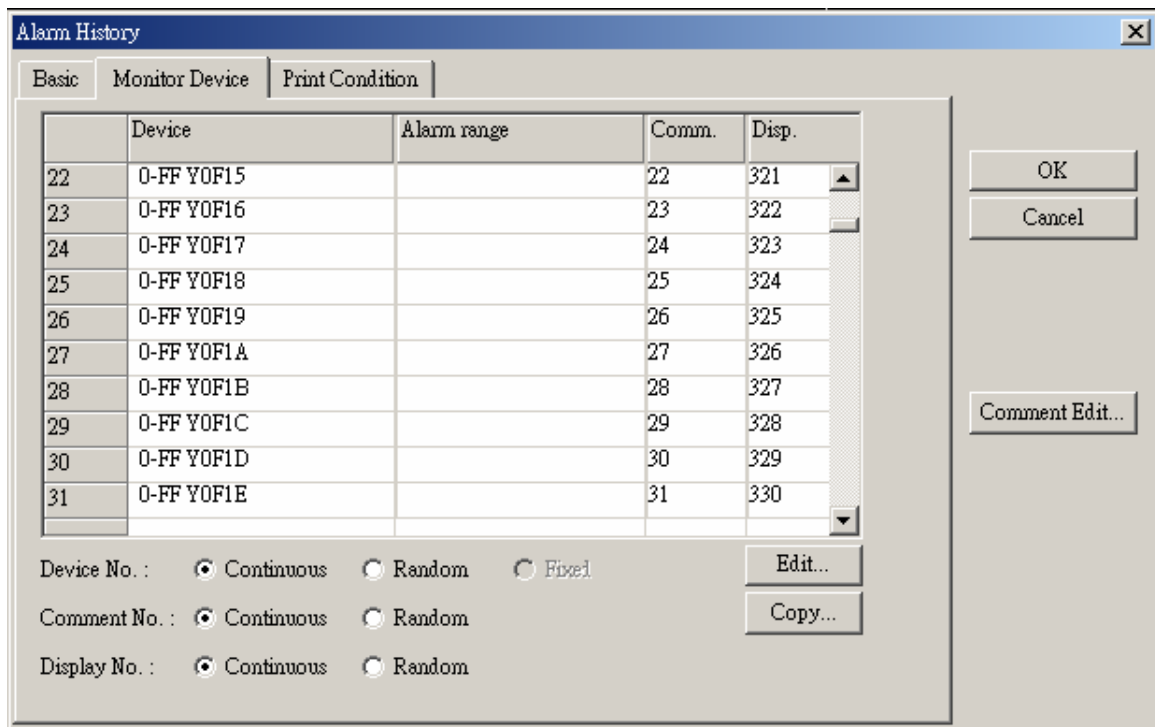


圖 6.5 Alarm History 設定頁面 (一)

顯影液的濃度超過控制上限，是設在“Alarm History”的頁面“comm.”欄位的第 28 項，此一欄位對應 28 項的位置，顯示的是 28。因此必須在“comment list”的第 28 項做故障訊息的編輯:028.Density 濃度上限警報(M1227)。M1227 是可程式控制器的內部暫存器[14]，被拿來當做可程式控制器內部濃度上限警報的觸發訊號，如果要觸發觸控式螢幕必須用 M1227 再去觸發 YOF1B 的輸出訊號。因此在可程式控制器端我們必須要撰寫對應的程式，當顯影液的濃度超過控制上限時將透過 M1227 將 YOF1B on 起來。因可程式控制器內部程式已經將 M1200 後 256 內部暫存器狀態轉以 YF00 為首的 256 點輸出，因此我們只要寫到 M1277 即可。

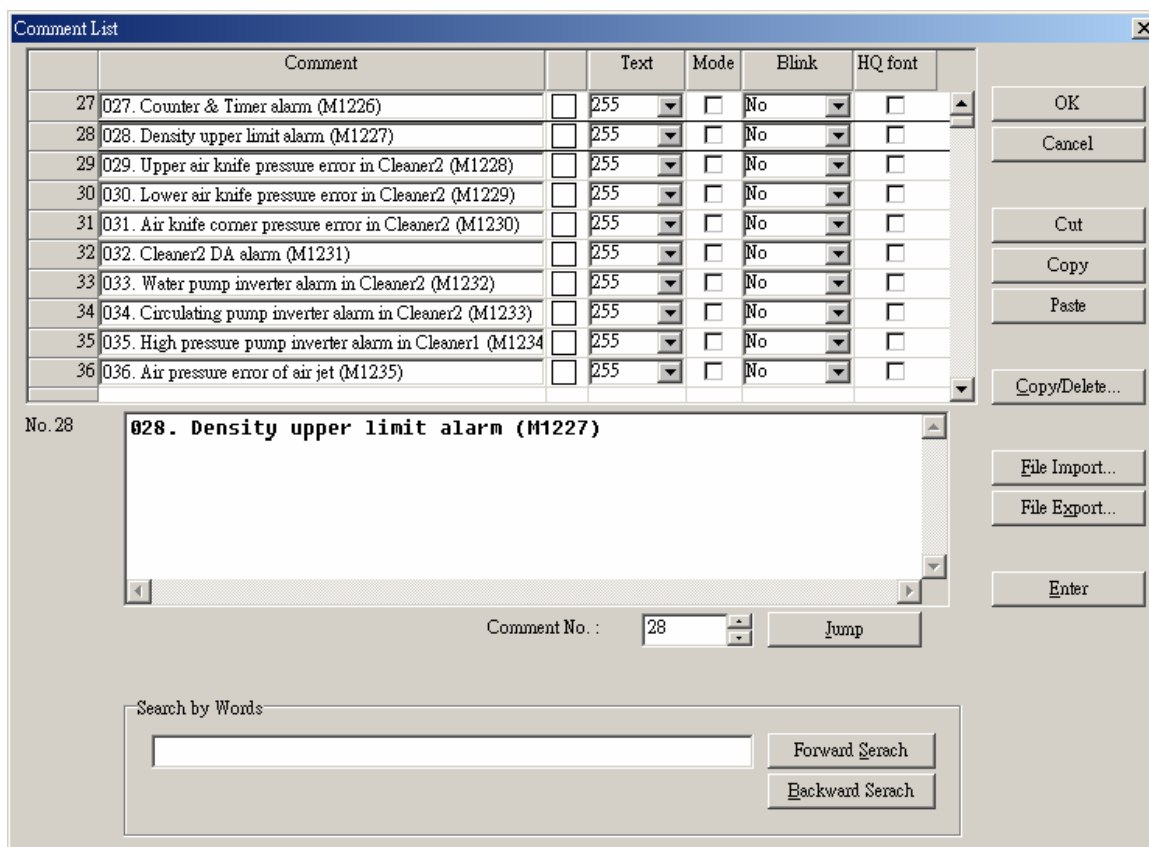


圖 6.6 Comment List 設定頁面 (一)

在“Alarm History”的頁面還有一個“Disp”的欄位，此一欄位對應 28 項的位置，顯示的是“327”。“327”指的是“Comment List”的項目，這裡所編輯的內容可以是 028. Density 濃度上限警報(M1227)的簡單說明，或是簡易的檢查或是故障排除方法。在此“327”可以這樣編:028. Density 濃度上限警報(M1227). Please check if density meter is out of function, and change chemical tank . Check with facility department to confirm if there is any density issue or not. 編輯完成按右下“ Enter”將所做的編輯存檔。

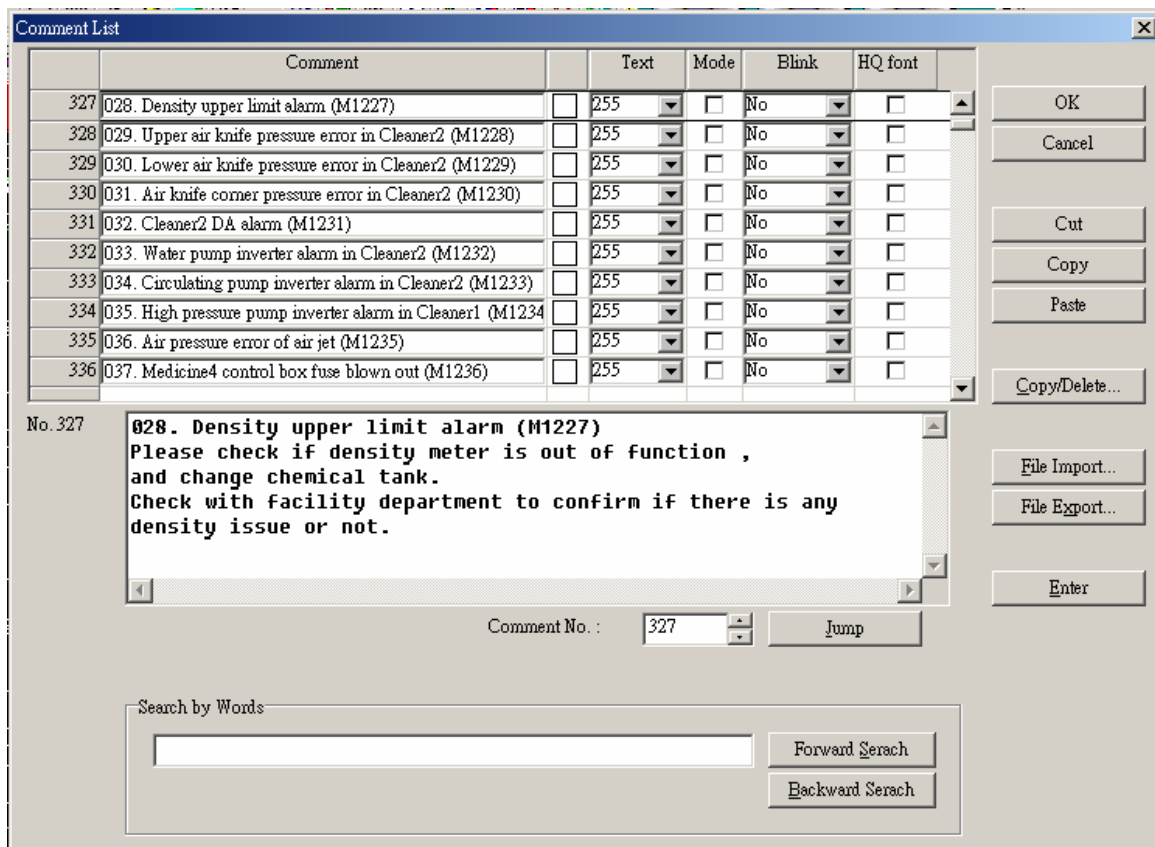


圖 6.7 Comment List 設定頁面 (二)

另一故障訊息是當顯影液暫存槽的液位下降到下限時也需要做警報。而顯影液暫存槽液位低下的警報在此的設定是: Device : Y0F9F.; comm. : 160 ; Disp : 459.

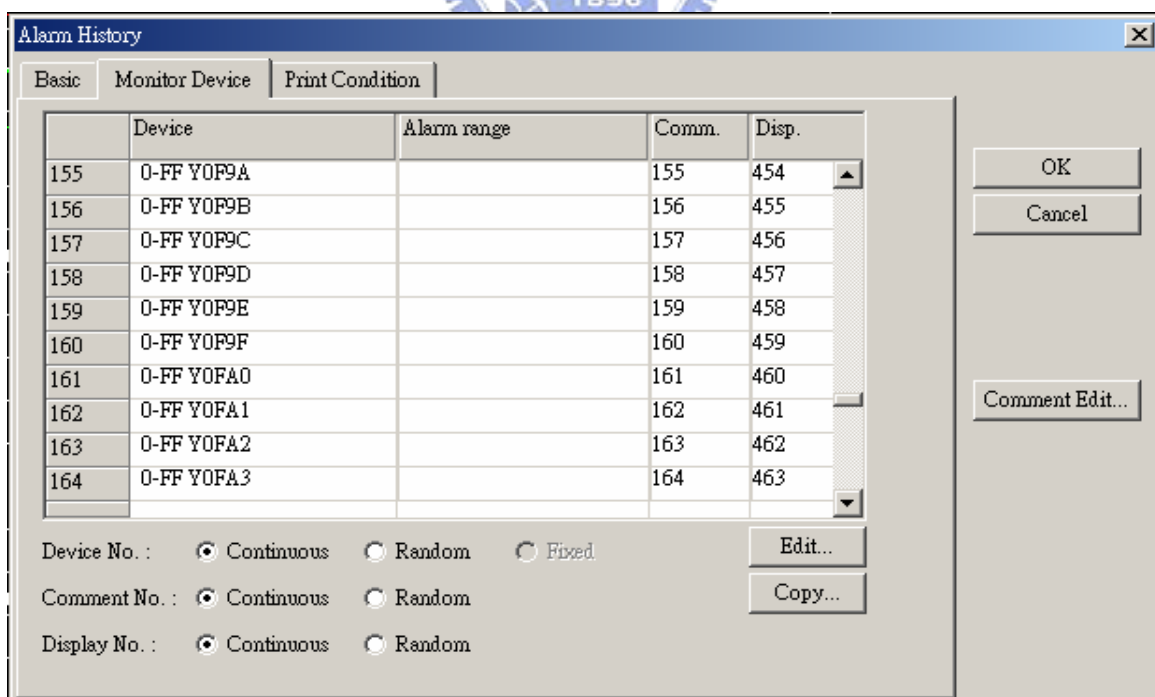


圖 6.8 Alarm History 設定頁面 (二)

依照上述方式點選右側的 “ Comment Edit”進入“Comment List”頁面

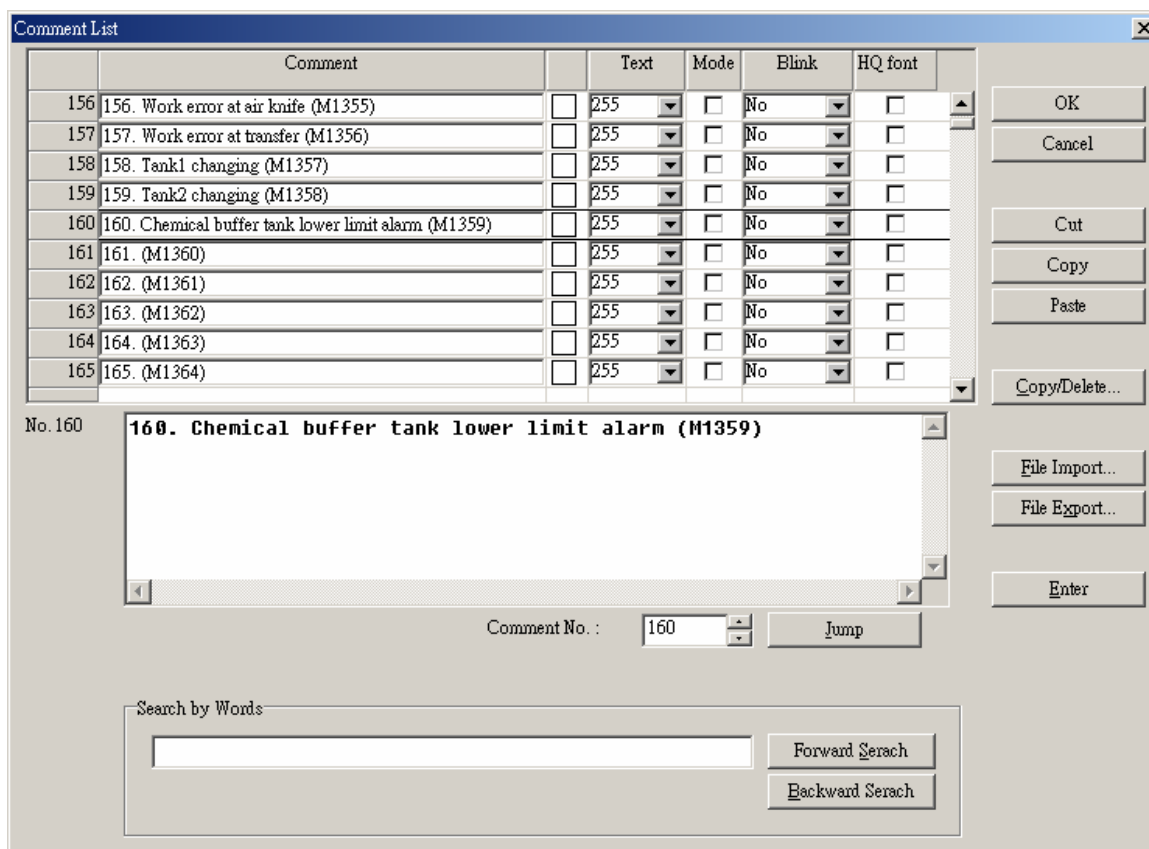


圖 6.9 Comment List 設定頁面 (三)

顯影液暫存槽液位低下，是設在“Alarm History”的頁面“comm.”欄位的第 160 項，此一欄位對應 160 項的位置，顯示的是 160。所以我們必須在“comment list”的第 160 項做故障訊息的編輯:160.顯影液暫存槽濃度下限警報(M1359)。M1359 是可程式控制器的內部暫存器，被拿來當做可程式控制器內部顯影液暫存槽濃度下限警報的觸發訊號，如果要觸發觸控式螢幕必須用 M1359 再去觸發 Y0F9F 的輸出訊號。

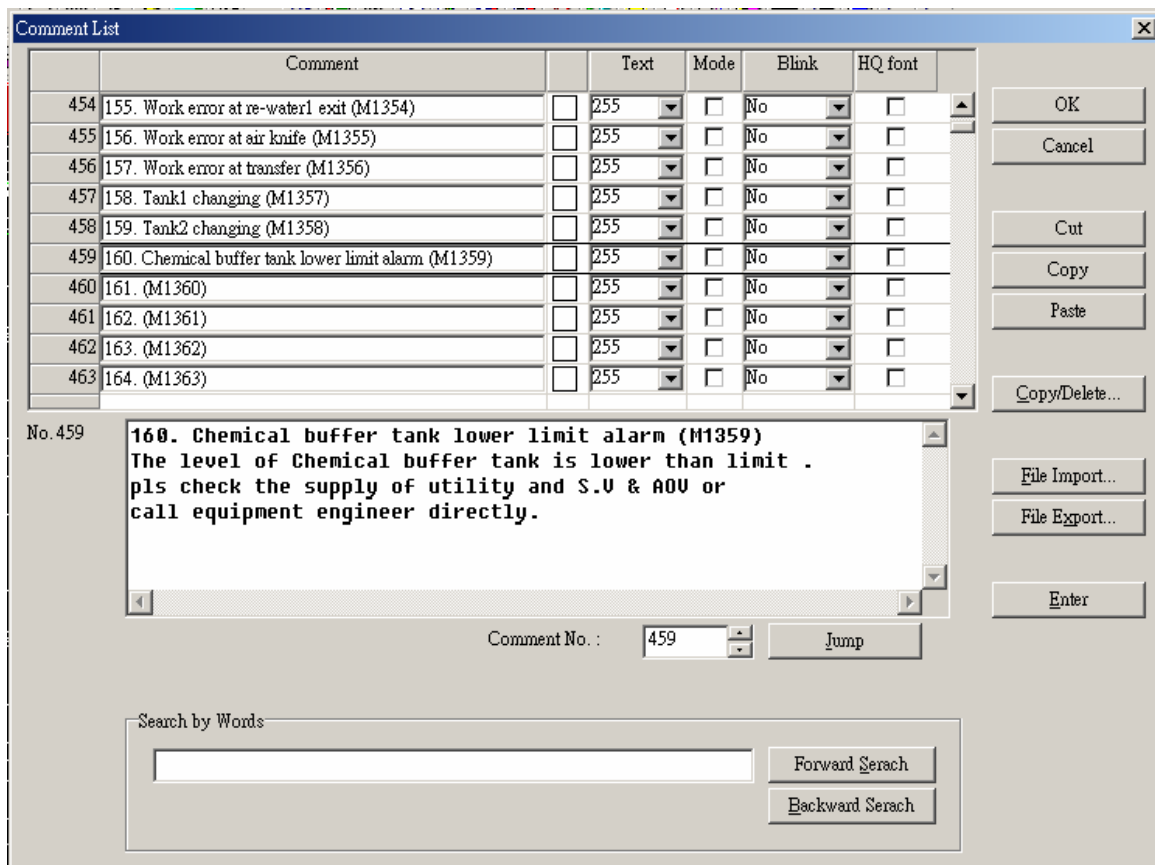


圖 6.10 Comment List 設定頁面 (四)

因可程式控制器內部程式已經將 M1200 後 256 內部暫存器狀態轉以 YF00 為首的 256 點輸出，因此我們只要寫到 M1359 即可。

在“Alarm History”的頁面還有一個“Disp”的欄位，此一欄位對應 160 項的位置，顯示的是“459”。“459”指的是“Comment List”的項目，這裡所編輯的內容可以是 160.顯影液暫存槽濃度下限警報(M1359)的故障訊息，或是簡易的檢查或是故障排除方法。在此“459”可以這樣編：160.顯影液暫存槽濃度下限警報(M1359). The level of chemical buffer tank is lower than limit . pls check the supply of utility and S.V & AOV or call equipment engineer directly.編輯完成按右下“Enter”將所做的編輯存檔。

6.2 可程式控制器程式撰寫及說明

由於本論文乃是在既有的機器設備上增加顯影液濃度控制的功能，因此，不論在硬體上或軟體上都是以原設備既有的做為基礎，再一新功能的需要而對原設備的硬體及軟體做修改。本章所節錄的程式有一部份是在原設備的程式上做修改；有一部份則是新增。修改原有設備程式新增部份以黃色為底做標誌以與原程式區分。

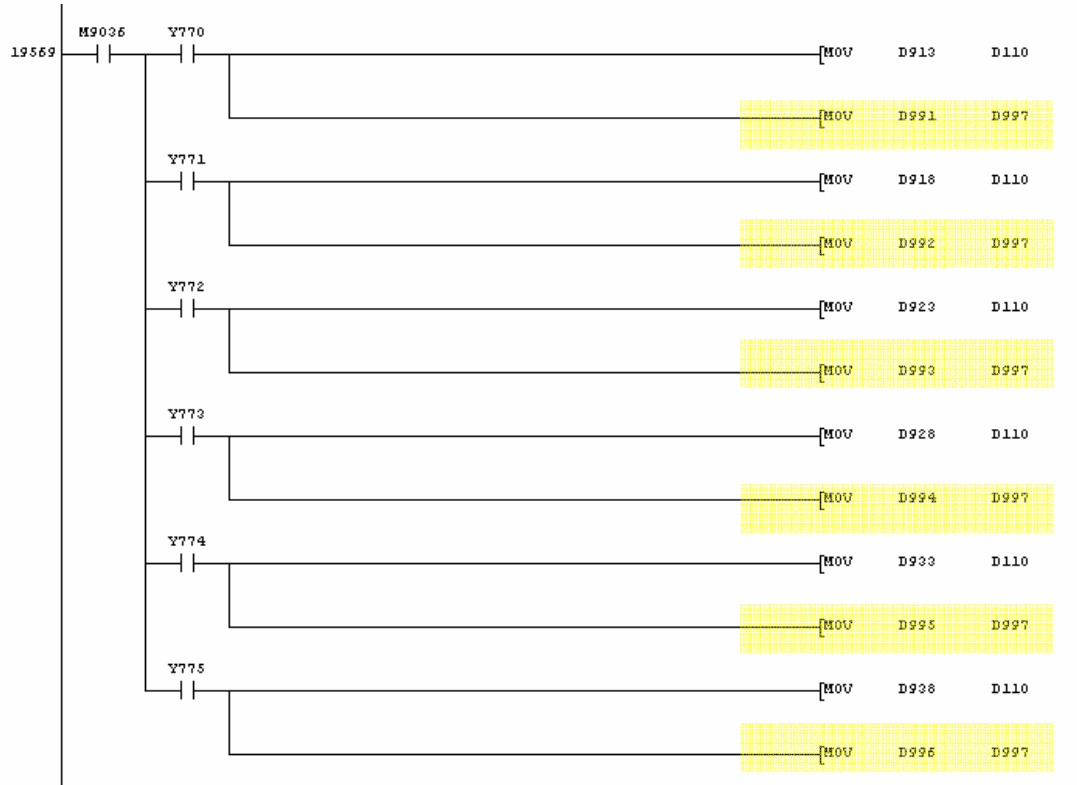


圖 6.11 顯影液濃度上限設定

Y770 ~Y775 代表參數設定 Type No.1 ~ 6，也就是當選擇的參數是 Type No.1，則 Y770 的 a 接點變成 b 接點，將 D913 的內容存到 D110，並且將 D991 的內容存到 D997。Y770~Y775 是由 X770~X775 所觸發，X770~X775 是觸控式螢幕上當 Type No.1 ~ 6 被選擇到時觸控式螢幕發給可程式控制器的一個輸入訊號，可程式控制器內部再用它們去觸發 Y770~Y775。

D913 在觸控式螢幕的設定是 Type No.1 這組參數儲存<density>即濃度下限值的資料暫存器。D991 在觸控式螢幕的設定是 Type No.1 這組參數儲存<density upper limit>即濃度上限值的資料暫存器。其餘各組的資料暫存器作用相同。在各組參數中儲存濃度下限值的資料暫存器被存入 D110 而儲存<density upper limit>值的資料暫存器被存入 D997。這一段程式主要的目的就是把各 Type No.濃度下限的值存入 D110;而濃度上限的值存入 D997。

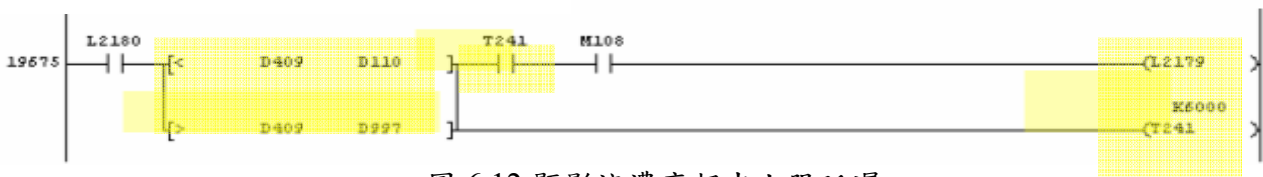


圖 6.12 顯影液濃度超出上限延遲

此外，因為系統有自動調整濃度的功能，因此當顯影液的濃度超過設定濃度的上限時，系統會大量補水，將顯影液的濃度調降或當顯影液的濃度小於設定濃度的下限時，系統會大

量補充高濃度顯影液，將顯影液的濃度調高，也就是希望先讓系統去補救，即是待一段時間後系統無法將濃度拉回設定範圍時才做顯影液桶槽的切換。

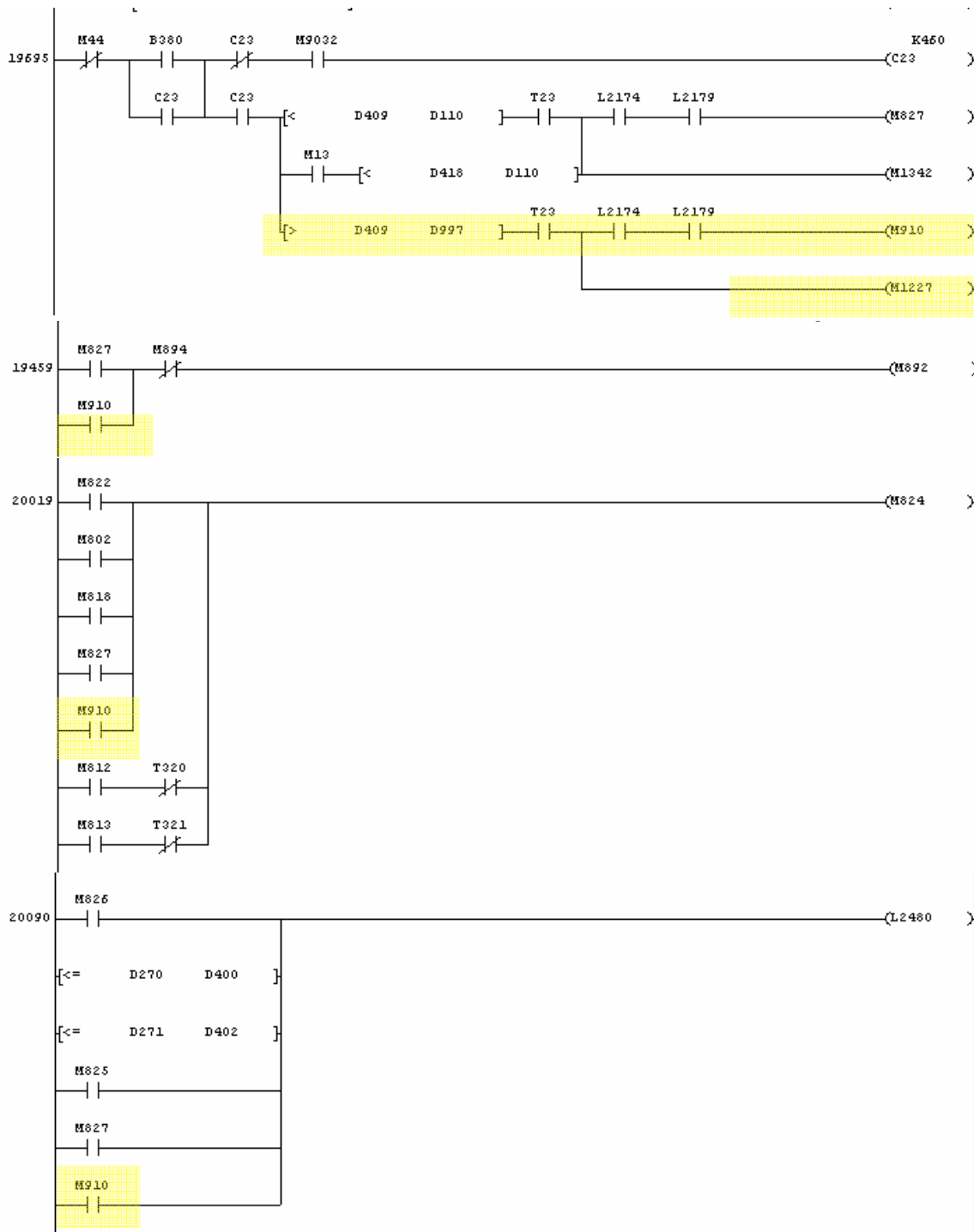


圖 6.13 顯影液濃度超出上限警報(一)

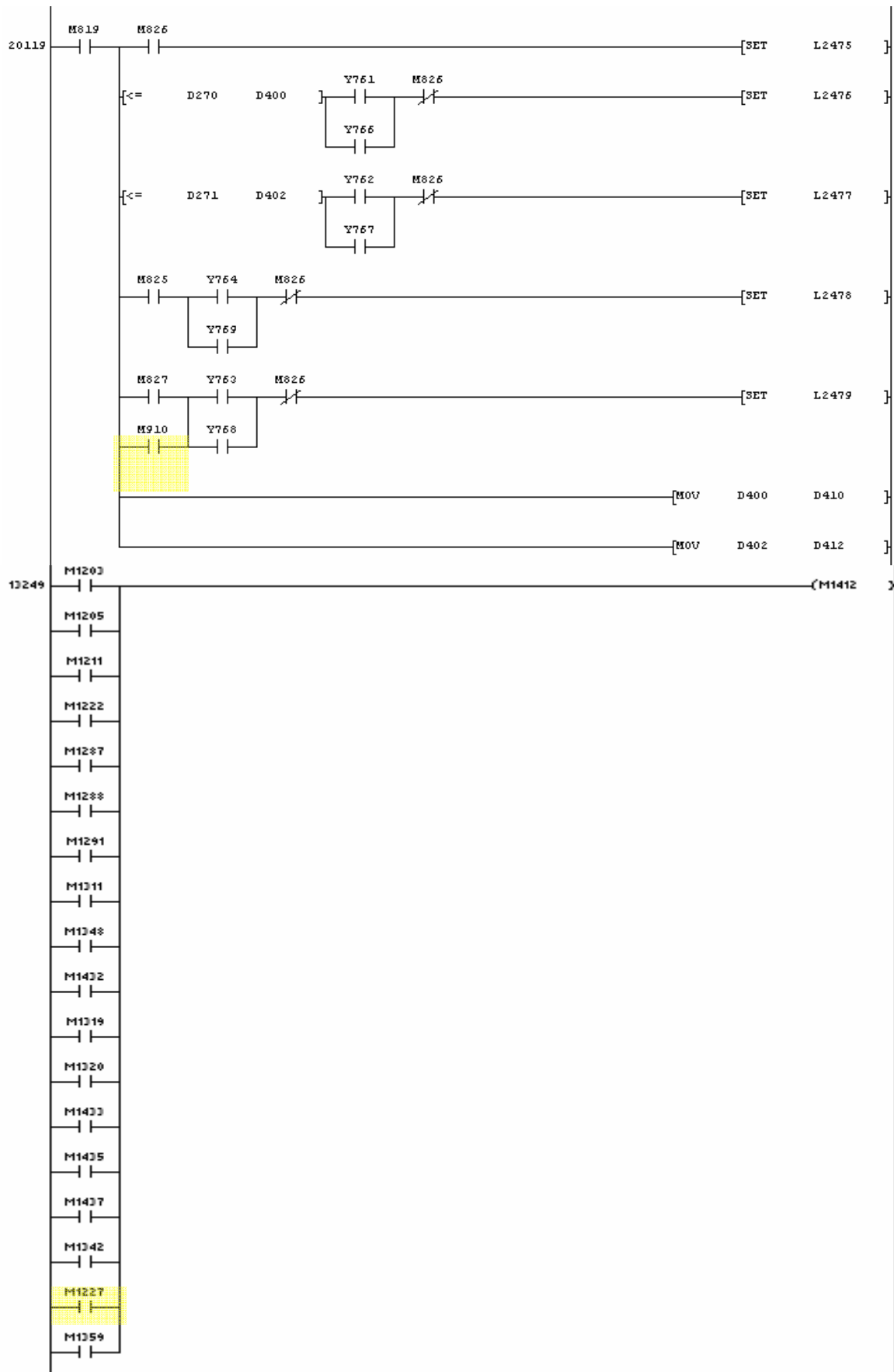


圖 6.14 顯影液濃度超出上限警報(二)

此外，還必須在化學藥液濃度超過上限時將此訊息發報出來(M1227)，並在一定的時間過後即系統無法將濃度拉回設定範圍時必須做化學藥液桶槽的切換(M910)。

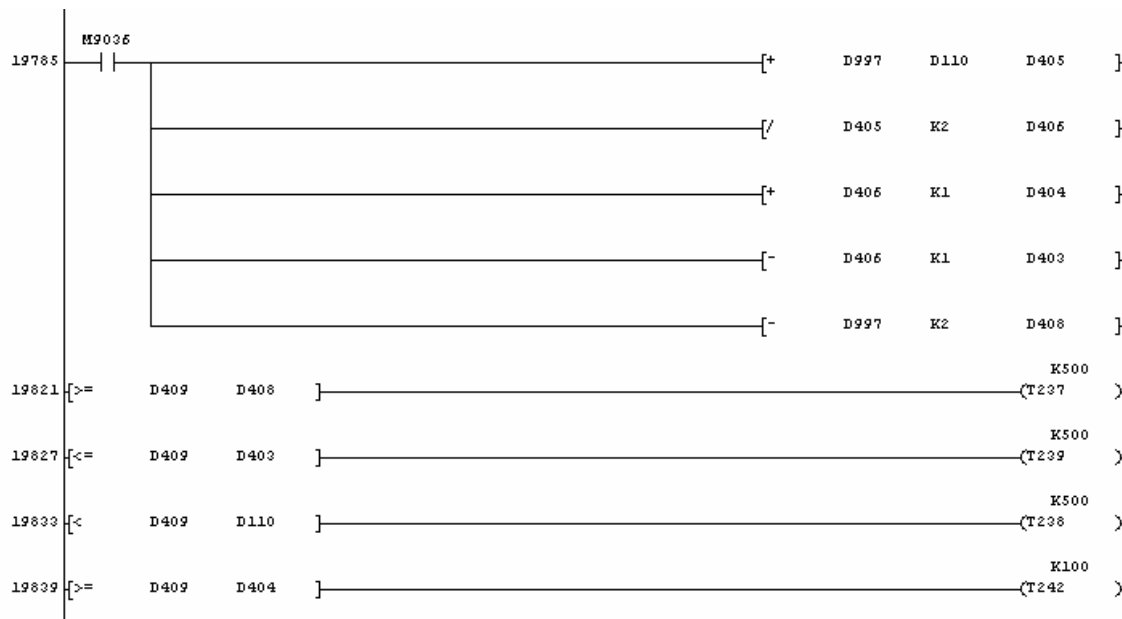


圖 6.15 濃度控制界限設定

表 6.1 可程式控制器資料暫存器說明

元件	定義	說明
D997	Density 濃度上限	顯影液桶槽濃度上限值(a)
D110	Density 濃度下限	顯影液桶槽濃度下限值(f)
D405	= D997 + D 110	上限值+下限值
D406	= D405 / 2	濃度設定中間值 (d)
D404	= D406 + 1	(c = d+1)
D408	= D997 - 2	(b)
D403	= D406 - 1	(e = d-1)
D409	Present density value	Density meter 量測值

在實際的應用上濃度會有上、下飄移的現象為了確認濃度確實已在某一區間，所以用計數器 T237,T238,T239&T242 來確認濃度位處的區間。

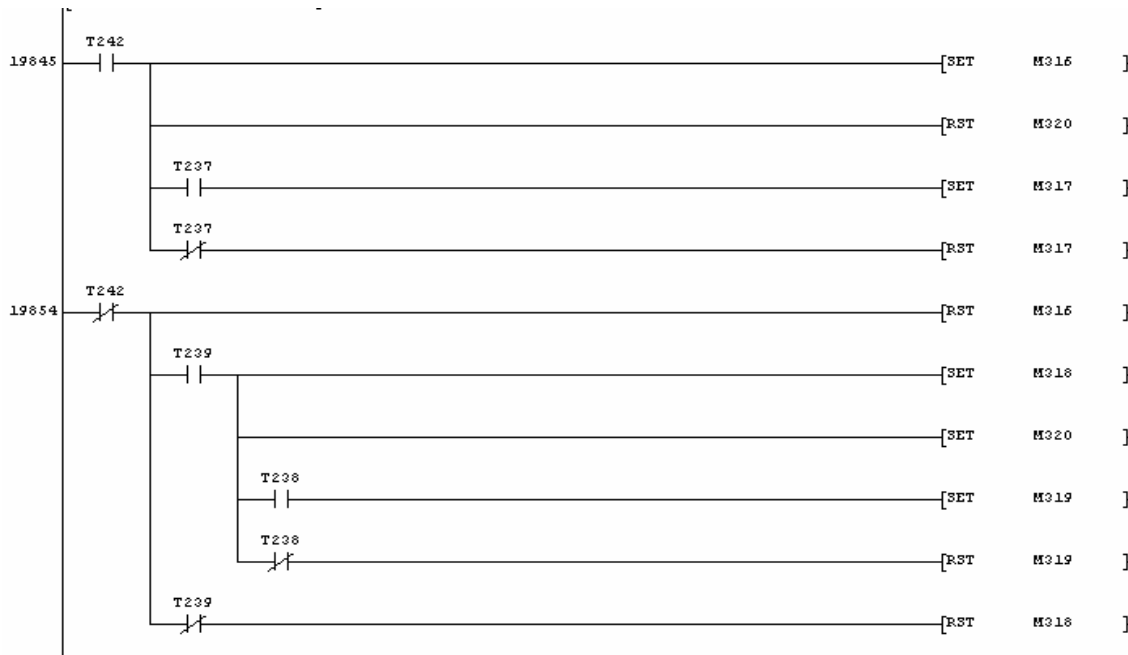


圖 6.16 濃度區間定義

圖 6.16 中當 T242 “a”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 G&H，若此時 T237“a”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 G，若此時 T237 “b”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 H。T242“b”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 I、J&K，若此時 T239“a”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 J&K，若此時 T239 “b”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 I。在區間 J&K 若此時 T238“a”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 K，反之，若此時 T238“b”接點 ON 表示顯影液的濃度落在區間 J。因此，這段程式旨在利用 T237,T238,T239&T242 找出 G、H、I、J&K 不同的濃度區間。

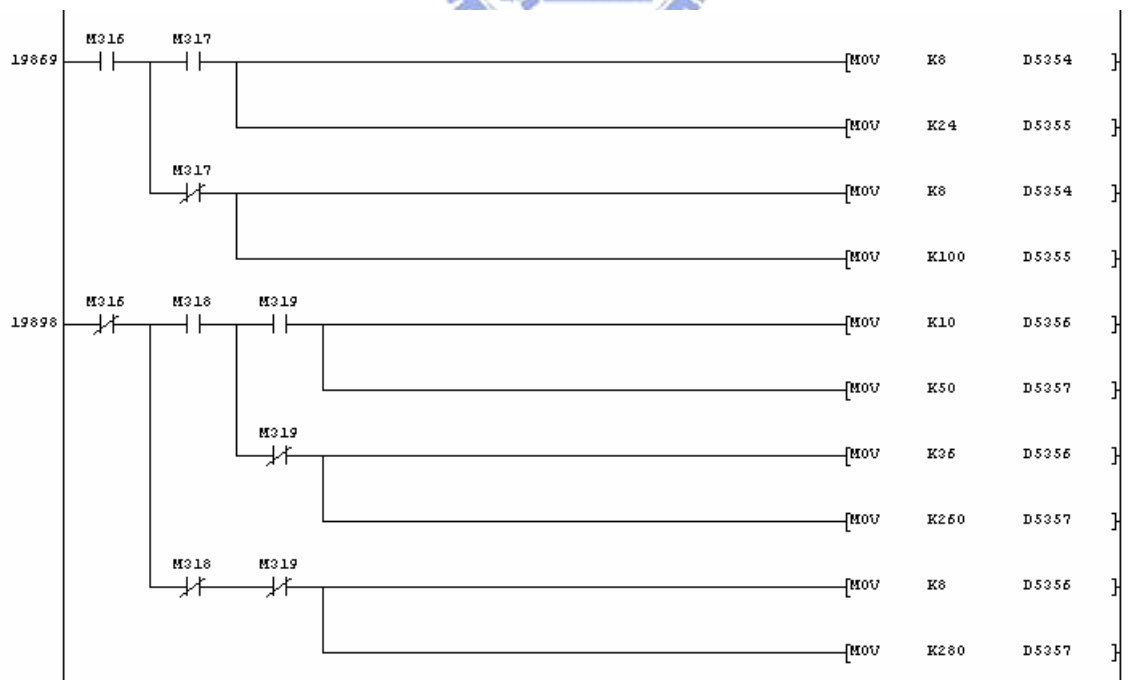


圖 6.17 職務週期設定

在先前的說明，濃度區間區間 G 為顯影液濃度最高的區間，此時對應的措施是大量補充去離子水以降低濃度。相對的濃度區間區間 K 為顯影液濃度最低的區間，此時對應的措施是大量補充高濃度顯影液以提高濃度。但不論大量的補充去離子水或高濃度顯影液會產生濃度上較大的變動，使濃度不穩定而且不易控制。一個改善的做法是將一次大量的補充分成許多次小量的補充，如此濃度的改變會比較均勻也比較容易做控制。而圖 6.17 的程式即是給予每一個濃度區間適當的職務週期(duty ratio)，此職務週期必須配合去離子水的手動閥開度及顯影液的手動閥開度，經過數次的測試才能得到對該濃度區間來講是反應快又穩定的職務週期。

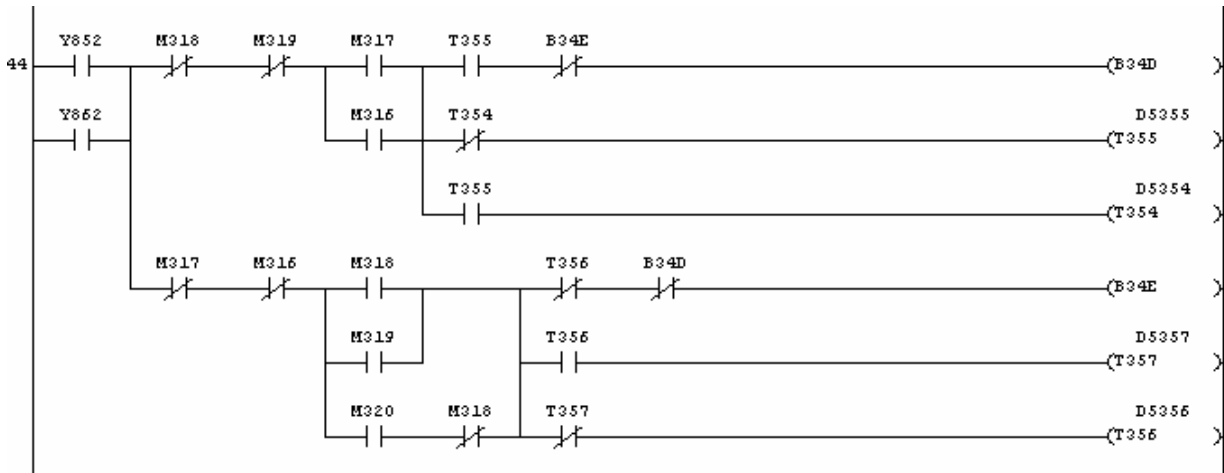
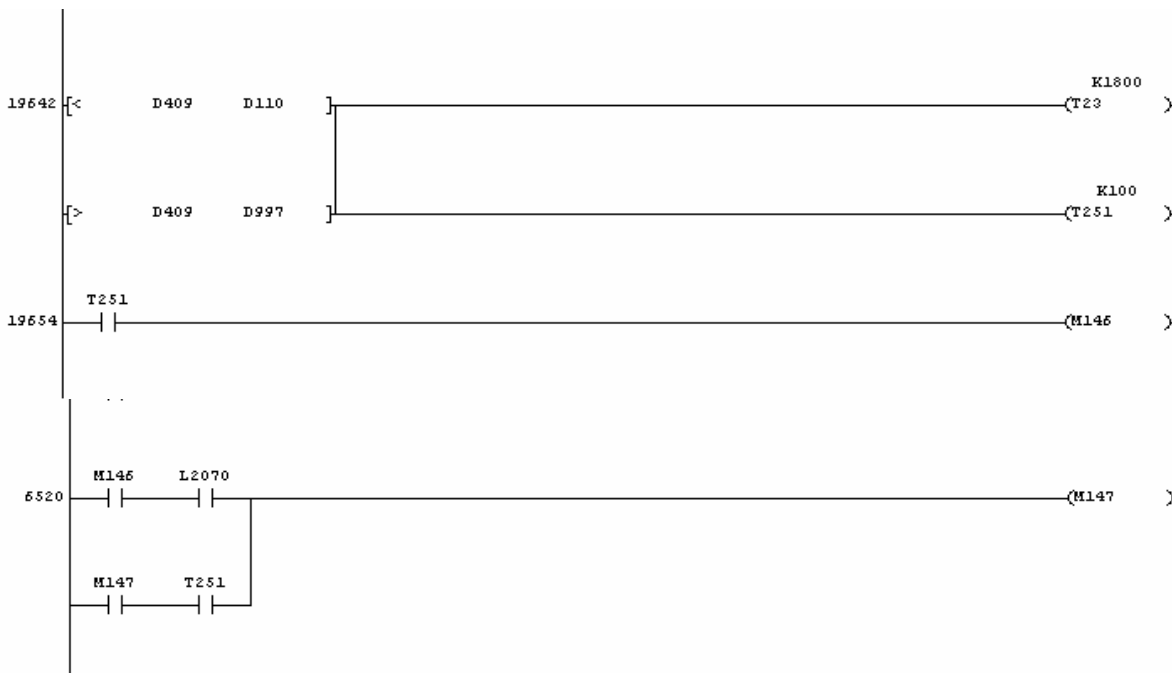


圖 6.18 濃度控制程式

以上所說明的各段程式，最終的目的便是達成顯影液濃度控制的目的。在此利用 B34E 及 B34D 兩個開關來做控制，如圖 6.18 中的程式。B34E 為補充高濃度顯影液開關即當顯影槽內濃度低於設定時補充高濃度顯影液以提高顯影槽內顯影液的濃度。相對的 B34D 即為補充純水的開關即當顯影槽內濃度低於設定時補充純水以降低顯影槽內顯影液的濃度。藉由高濃度顯影液及純水的交替使用而使顯影液的濃度維持在設定的上、下限範圍內漂移。



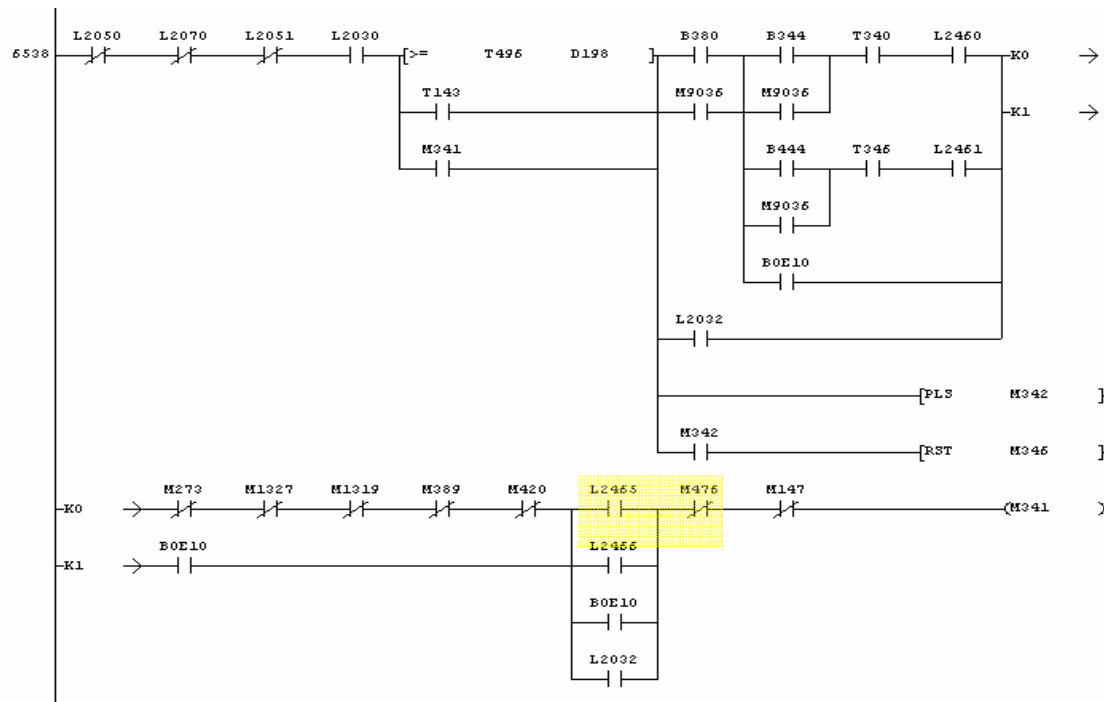


圖 6.19 顯影濃度超規停機功能

在此多加了一項功能，即是當高濃度顯影液的濃度超過設定的濃度上限或低於設定的濃度下限時，系統並不急著做顯影液桶槽切換，因為通常一個顯影液桶槽的濃度出問題另一個顯影液桶槽也會有問題。顯影液是由廠務端供給，當廠務端的顯影液濃度出問題會連續幾個顯影液桶槽的濃度都會有問題；或是當設備、生產或品質問題造成停機時間過久，顯影液會因氧化而使濃度越來越低，當使用中的顯影液桶槽的濃度因停機過久氧化而使濃度低於下限，此時備用的顯影液桶槽也是一樣的情形，所以當顯影液桶槽因上述的問題而使濃度超出上、下限時而做顯影液桶槽的切換並不是一個好的做法。一旦顯影液濃度超出上、下限所做出的產品品質容易超出規格的範圍，因此除了先前所提到的暫緩顯影液桶槽切換的動作外，還要讓設備停止進片，等待一段設定時間，試著把較低或較高的濃度拉回控制的濃度區間內，如圖 6.19 的程式。

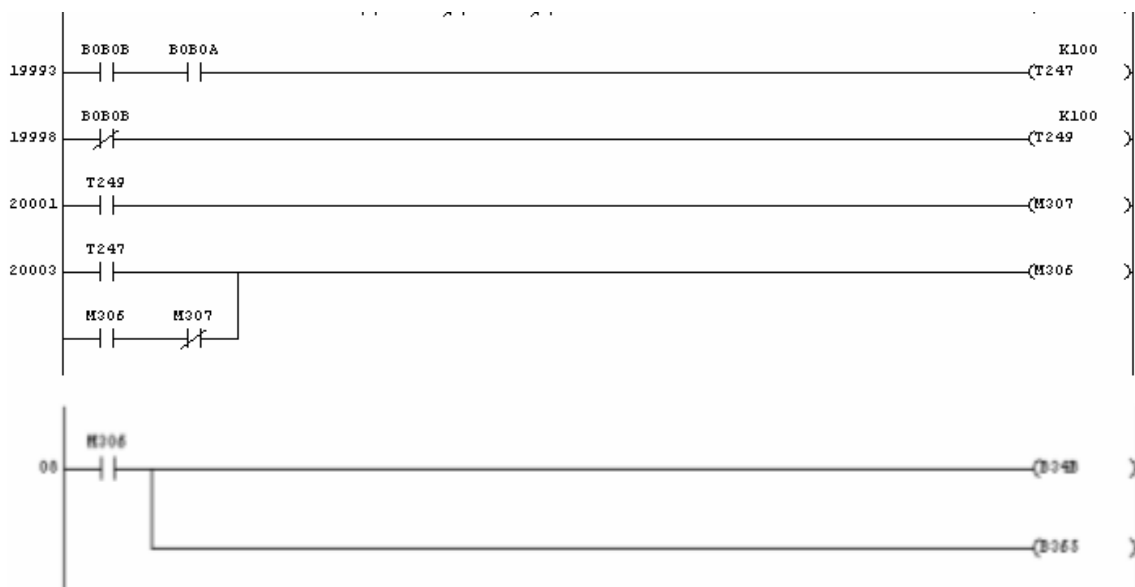


圖 6.20 暫存槽階梯圖

B0B0B 及 B0B0A[13][15]是顯影液暫存槽上液位及中液位感知器，當兩個感知器都沒有感應到液位時，兩個 a 接點 ON 觸發 B34B 向廠務系統發出補充高濃度顯影液的需求，如圖 6.20 的程式。廠務系統開始補充藥液到顯影液暫存槽，液位逐漸上升，B0B0A 的 a 接點先 OFF，藥液繼續補充，當液位上升到上液位時，B0B0B 的 a 接點也跟著 OFF，觸發 M307 而停止廠務系統補充高濃度顯影液。

於第五章表 5.6 偵查法則及監控元件屬性狀態表內所提及的兩項偵查法則:暫存槽子系統的 $P1+P4+P5+P6+P7+P9 = 1$ 和顯影濃度控制子系統的 $P1+P4+P5+P8 = 1$ 。以可程式控制器程式表示如圖 6.21。

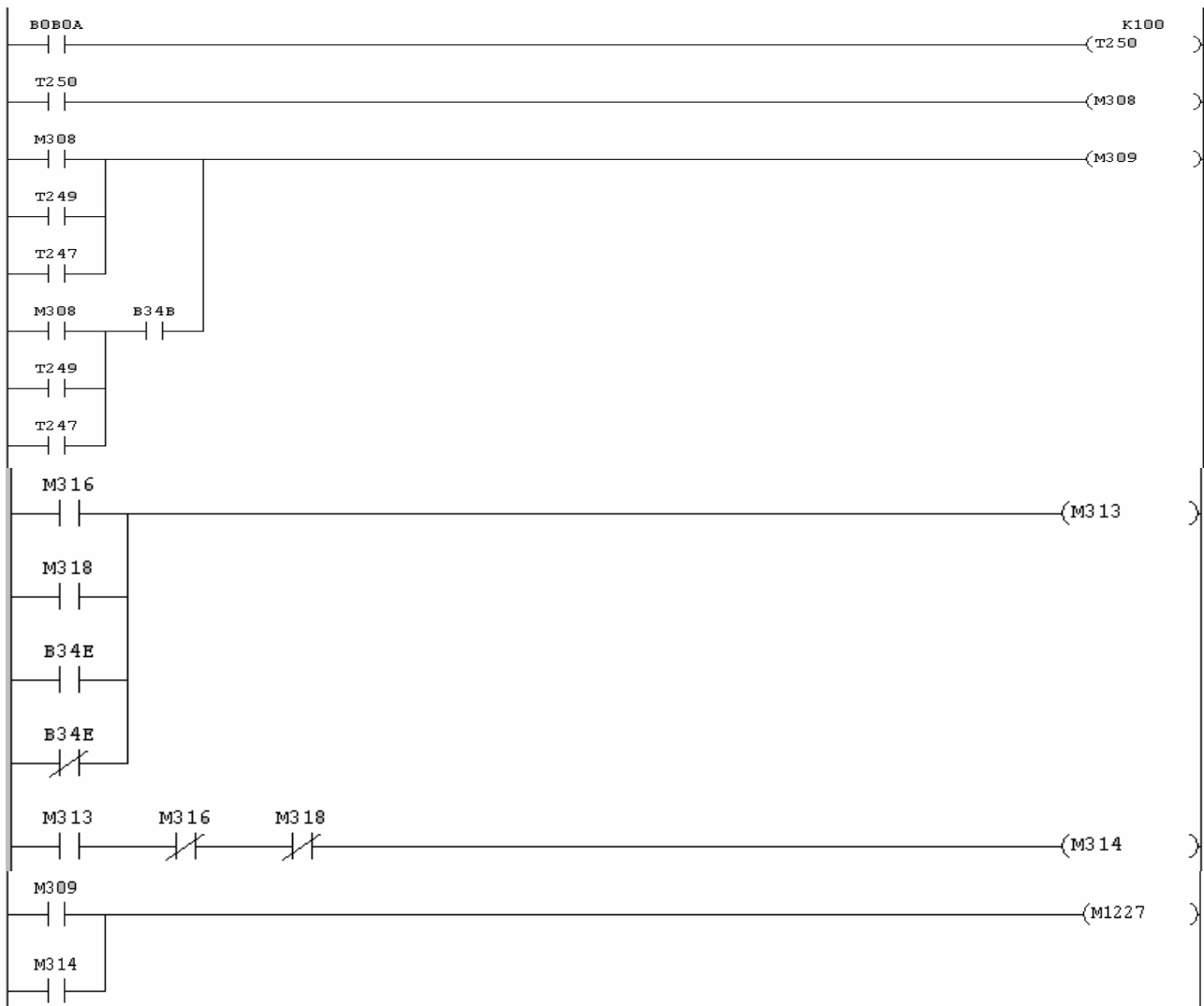


圖 6.21 偵查法則可程式控制器程式

顯影濃度控制子系統:P1:顯影液濃度上升;P4:顯影液濃度下降;P5:顯影液濃度界限“e”;P8:顯影液濃度界限“c”，濃度界限“e”及“c”在程式中分別以 M318 及 M316 表示。顯影液濃度上升，即是高濃度顯影液添加，以 B34E 表示。當顯影液濃度到達界限“c”時，高濃度顯影液停止供應顯影液濃度自然下降以 B34E 的 B 接點表示。作動時觸發 M314 當做濃度控制子系統的警報。

暫存槽子系統:P1:暫存槽液位下降;P4:高液位;P5:低液位上升;P6:暫存槽低液位;P7:暫存槽中液位;P9:中液位上升。低液位感應以 T247 表示；中液位感應以 M308 表示；高液位感應以 T249 表示；廠務供應高濃度顯影液以 B34B 表示。暫存槽液位上升以 B34B 表示。作動時觸發 M309 當做暫存槽子系統的警報。

濃度控制子系統及暫存槽子系統的警報訊號在作動時觸發 M1227；M1227 即為顯影機的輕警報，只做觸發蜂鳴器及警示燈並顯示故障訊息並不停止設備的作動。由於顯影液濃度控制系統為外加的功能並不影響原設備功能的運做，也就是說新增的顯影液濃度控制系統一旦故障，並不會對設備造成任何損害或停線。只是回復先前的運轉模式無法做顯影液的濃度控制。因此偵查法則如果偵測到異常的時候並不需要停止設備的運轉，只要驅動蜂鳴器及警報燈通知現場人員到場即可。



第七章 結論

本研究的目的旨在建構一套顯影液的濃度控制系統，期望透過系統的建立將顯影液的濃度在製程中的變異控制在一個小的濃度範圍。顯影液濃度控制系統在實際應用上，對顯影液濃度控制的效果在 7.1 節『顯影液濃度控制系統的成果』中予以說明。7.2『未來研究方向』未來研究方向節則以本論文為基礎，提出幾個可以深入探討及延伸的研究方向

7.1 顯影液濃度控制系統的成果

系統建構完成後經實際的測試與調整，包括去離子水及高濃度顯影液等的手動閥開度調整及職務週期的配合等，在工廠實地做濃度變異的改善時，如果以目標濃度即製程濃度範圍的中間值設在 5080 ppm 為例，控制的濃度範圍為 ± 10 ppm，則這套系統可以將顯影液的濃度控制在 ± 30 ppm 內，而且大部份的時間會控制在 ± 20 ppm 的濃度範圍。一般顯影製程顯影液濃度範圍約在 140~160 ppm 之間，而此顯影液濃度控制系統可以將顯影液濃度變動範圍控制在 40~60 ppm 之間。與原先的顯影液濃度範圍相較少了 100 ppm，因此在顯影液濃度變異的控制上有不錯的效果。

不論去離子水或高濃度的顯影液，當從回水管添加後會經過回水管攪拌之後流入顯影液桶槽，在被幫浦抽出，然後再被濃度計感應到。因此其間存在一個時間延遲，此時間延遲若愈小便可以將顯影液濃度控制範圍縮小。反之如果延遲時間過久就很難做好顯影液濃度的控制。

此外系統對於顯影液濃度的控制已經設在製程顯影液濃度範圍的中間值 ± 10 ppm，因此不需縮小製程顯影液濃度範圍來降低製程顯影液濃度的控制範圍。一旦製程顯影液濃度範圍設得太小在實際應用上因為延遲時間的關係，很容易造成顯影液濃度變動造成不穩定甚至失控。實際應用上製程顯影液濃度的建議範圍上限最小值 = 製程顯影液濃度中間值 + 50 ppm；下限最大值 = 製程顯影液濃度中間值 - 60 ppm，可以得到穩定的顯影液濃度控制。

7.2 未來研究方向

本論文所建構的顯影液濃度控制系統及其不變量分析，其中仍有值得深入探討或加以延伸的研究方向。

1. 程式中使用變數是一種普遍的習慣，即使在可程式控制器的階梯圖應用上亦是如此，因此可以用 CPN 來做為可程式控制器不變量的求解工具。

2. 研究一套標準的可程式控制器階梯圖的撰寫法，並設計一套轉換程式，可以直接將使用標準的可程式控制器階梯圖撰寫法的階梯圖程式轉成裴氏圖。

參考文獻

- [1] 洪信銘,「利用 IDEF/PN/G2 設計方式實作即時型現場監控系統」, 國立交通大學, 碩士論文, 民國 82 年。
- [2] 紀國鐘,鄭晃忠, 液晶顯示器技術手冊, 台灣電子材料與元件協會, 2002。
- [3] 梁高榮,農產品交易工程學, 國立交通大學出版社, 1999 年。
- [4] 盟立自動化股份有限公司網站, <http://www.mirle.com.tw>。
- [5] Atabakhche H., Simonetti D. Barbalho, Valette R and Courvoisier M., “From Petri Net Based PLCs to Knowledge Based Control”, 1986。
- [6] CANDO Corporation, Equipment Dev. Developer 設備專題報告(正型)-1,2001。
- [7] CANDO Corporation, 彩色濾光片生產流程報告。
- [8] CANDO Corporation, 彩色濾光片介紹。
- [9] CANDO Corporation, 彩色濾光片相關製程簡介。
- [10] CANDO Corporation, 彩色濾光片簡介。
- [11] CANDO Corporation, 彩色濾光片簡介(CANDO)-AU。
- [12] Kurapati Venkatesh, Meng Chu Zhou and Reggie J. Caudill, “Discrete Event Controls Design for Manufacturing System Via Ladder Logic Diagrams and Petri Nets : A Comparative Stude”,1995。
- [13] Mitsubishi A1SJ61BT11 Control&Communication Link System Master/Local Module User’s Manual (Hardware), IB66725E, 2001。
- [14] Mitsubishi A2USCPU (S1) User’s Manual, IB- 66536 –A, 1995。
- [15] Mitsubishi AJ65BT-64AD Analog/Digital Converter Module User’s Manual (Hardware), IB66748B, 2000。
- [16] Mitsubishi GOT-A900 Series User’s Manual, SH-080013B, 1999。
- [17] Mitsubishi GX Developer Version 7 Operation Manual, SH080166A, 2001。
- [18] Mohsen A. Jafari, Glenn A. Meredith and Thomas O. Boucher, “A Transformation From a Boolean Equation Control Specification to a Petri Net”, 1992。
- [19] Murata, T., “Petri Nets, Properties, Analysis and Applications,” Proceedings of the IEEE, Vol. 77, No. 4, pp. 541-580, 1989。
- [20] Petri C. A, “Kommunikation mit Automaten”, Ph. D. thysis, University of Bonn, Germany, 1962。
- [21] Wikipedia Web Sit, http://en.wikipedia.org/wiki/Programmable_logic_controller。