


東 海 大 學

工業工程與經營資訊研究所

碩士論文

軟性顯示器製造流程
與品質特性指標之研究



研 究 生：林佳興
指 導 教 授：蔡禎騰 博士
莊淑惠 博士

中 華 民 國 九 十 九 年 六 月

**The study of manufacturing process and quality
indicators in flexible display**

By
Chia-Hsing Lin

Advisor: Dr. Jen-Teng Tsai
Dr. Shu-Hui Chuang

A Thesis
Submitted to the Institute of Industrial Engineering and
Enterprise Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science
in
Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2010
Taichung , Taiwan , Republic of China

軟性顯示器製造流程與品質特性指標之研究

學生：林佳興

指導教授：蔡禎騰 博士
莊淑惠 博士

東海大學工業工程與經營資訊研究所

摘要

軟性顯示器具有輕、薄與耐衝擊等特性，被視為下一代的明星顯示產業，許多研究單位和企業紛紛投入軟性顯示器的開發，在軟性顯示器技術漸趨成熟之際，國內廠商欲進行軟性顯示器之生產，就必須儘快完成量產製程之開發。因此，若能建立適用於軟性顯示器的品質特性指標，使其掌握最佳的製造流程與品質控制方式，便可降低錯誤判斷的情形發生，亦能使產品迅速地進入量產。

本研究從文獻探討瞭解訂定品質指標的方法、平面顯示器的製造流程與品質指標。接著進行個案研究，透過實地訪查和深入訪談的方式來瞭解軟性顯示器的發展情況，並整理出電子紙製造流程，而訪談的資料則採用紮根理論進行分析。

本研究嘗試以新的方式對軟性顯示器產業進行研究，歸納出軟性顯示器之品質特性指標，並將軟性顯示器和平面顯示器的製程技術和指標進行比較，呈現出其中的差異，可作為往後的研究學者和廠商進行量產時之參考，以期能夠協助企業減少製造不良所造成之浪費，進而提高製造的價值。

關鍵詞：軟性顯示器、電子紙、品質特性指標、紮根理論

The study of manufacturing process and quality indicators in flexible display

Student: Chia-Hsing Lin

Advisor: Dr. Jen-Teng Tsai
Dr. Shu-Hui Chuang

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

Since the Flexible Display (FD) has the characteristics of being light, thin and bendable, it is believed that the FD will be the focus of the display industry in the next generation. A good number of research institutes and enterprises have invested in the development of FD. While the manufacturing techniques of FD are becoming in form, it is important for Taiwan's firms to have a well-designed mass production process in order to be competitive in the market. Therefore the quality indicators of FD need to be established to enable the manufacturing process and quality control to be performed accordingly.

Based on literature review, the methods of establishing quality indicators of flat panel displays are presented. A case study is then adopted to investigate the state of the art of FD and the manufacturing process of e-paper by field research and in depth interview. The data obtained from the interview is analyzed by Grounded Theory.

In this study, a new method to evaluate the FD industry is proposed. By categorizing the quality indicators of FD and comparing the manufacturing techniques and quality indicators of FD and flat panel displays, the outcome will help the enterprises to reduce the amount of defectives in the manufacturing of FD. The research result can be of value to the future studies as well.

Keywords: Flexible Display, E-Paper, Quality Indicator, Grounded Theory

致謝

東海校園裡的鳳凰花盛開之時，代表著學校所栽培的一群學子將完成學業，邁向人生的另一段旅程。感謝蔡禎騰老師和彭泉老師在兩年前讓佳興成為 ISA LAB 的一份子，可以在這麼好的環境中學習。由衷地感謝蔡禎騰老師和莊淑惠老師的悉心教導，兩位老師總是不厭其煩地指點迷津，透過持續地討論和修正，讓研究能朝著正確的方向前進，使得本論文能夠順利完成，佳興在心中的感激實在是難以言語。研究室的彭泉老師、林水順老師、邱文志老師和邱創鈞老師在平時也都熱心的提供意見和協助，讓學生受惠良多。

本研究感謝行政院國家科學委員會對專題研究計畫 NSC97-2221-E-029-019-MY3 的經費補助，也感謝工研院影像顯示科技中心的廖又萱學姐、林治民先生、冉菁菁小姐、張明偉先生和其他的專家們所提供的協助，讓本研究所能夠順利進行。

兩年的碩士學業，一轉眼就過去，和夥伴們一同努力成長的光景，著實令人難忘。感謝任志、玠昀、珈綸、鉉文、美瑜、子平等已畢業的研究室學長姐們在平時的照顧與協助，也謝謝良州、冠豪、子芳、益泓以及其他研究室的同學們，能和你們一起學習、一起畢業，真的很令人感動。當然也要謝謝研究室可愛的學弟妹們，有菡倩、秋蓉、柏雅、倩如、雨馨和彬辰的陪伴，讓研究室的生活充滿樂趣。感謝同窗六年的好友政祐、明修、禹灃等等，不論是課業上的討論，或是天南地北的閒聊，讓我的研究生生活中的添增了許多色彩，希望這份友誼能繼續持續下去。系上的陳助教、素卿姐、玉玲姐、宏華姐和雅惠姐，謝謝您們在行政上的幫助！

最後，要感謝我的家人，謝謝您們的付出及支持，謝謝您們的體諒和包容，謝謝您們的照顧和鼓勵，才能讓佳興能夠順利地完成學業，希望佳興在日後能貢獻一份力量，回饋給更多的人。

林佳興 謹誌於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

中華民國九十九年六月

目錄

摘要.....	I
ABSTRACT.....	II
致謝.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	V
表目錄.....	VI
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 研究方法與流程	2
1.4 論文架構.....	3
第二章 文獻探討	5
2.1 平面顯示器簡介	5
2.1.1 液晶顯示器技術與製程	5
2.1.2 電漿顯示器技術與製程	13
2.1.3 有機電激發光顯示器技術與製程	18
2.2 製造管理與績效指標	22
2.3 品質特性指標	31
第三章 研究方法與研究設計	36
3.1 個案研究法	36
3.2 資料收集方法	37
3.3 資料分析方法	39
第四章 資料分析及研究發現	43
4.1 軟性顯示器	43
4.2 個案介紹.....	47
4.3 工研院軟性顯示器製造流程	48
4.4 資料分析與結果	49
4.5 品質特性指標比較	56
第五章 結論與建議	61
5.1 研究結論與貢獻	61
5.2 未來研究方向與建議	61
參考文獻.....	63

圖目錄

圖 1.1 軟性顯示器市場預測圖.....	1
圖 1.2 研究流程.....	3
圖 1.3 論文架構.....	4
圖 2.1 平面顯示器分類圖.....	5
圖 2.2 薄膜電晶體液晶顯示器結構圖.....	7
圖 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器製造流程圖.....	7
圖 2.4 薄膜電晶體陣列製造流程圖.....	8
圖 2.5 洗淨方式分類圖.....	9
圖 2.6 曝光方式分類圖.....	10
圖 2.7 彩色濾光片陣列製造流程圖.....	11
圖 2.8 面板組合製造流程圖.....	12
圖 2.9 傳統液晶注入方式與液滴式液晶灌注法.....	13
圖 2.10 電漿顯示器結構圖.....	14
圖 2.11 交流型前板製造流程圖.....	15
圖 2.12 直流型前板製造流程圖.....	15
圖 2.13 交流型背板製造流程圖.....	17
圖 2.14 直流型背板製造流程圖.....	17
圖 2.15 電漿顯示器組裝流程圖.....	18
圖 2.16 有機電激發光顯示器基本結構圖.....	18
圖 2.17 畫素並置法製程示意圖.....	19
圖 2.18 色轉換法全彩化面板結構圖.....	20
圖 2.19 共振腔結構圖.....	21
圖 2.20 有機電激發光顯示器面板製造流程圖.....	22
圖 2.21 Yurdakul 之製造績效系統分類圖.....	24
圖 2.22 簡禎富等之半導體製造管理指標分類圖.....	25
圖 2.23 晶圓製造績效評估架構圖.....	26
圖 2.24 晶圓製造之機台績效指標架構圖.....	27
圖 2.25 晶圓製造之整體性績效指標架構圖.....	28
圖 2.26 楊長林等之製造績效分類圖.....	29
圖 2.27 軟性顯示器之品質績效分類圖.....	30
圖 4.1 軟性顯示器分類圖.....	44
圖 4.2 微膠囊式顯示結構圖.....	45
圖 4.3 工研院電子紙製造流程圖.....	49
圖 4.4 軟性顯示器品質特性分類圖.....	54

表目錄

表 2.1 製造管理量測指標分類表.....	23
表 2.2 績效指標建構方式彙整表.....	31
表 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器的品質特性指標.....	32
表 2.4 電漿顯示器的品質特性指標.....	34
表 2.5 有機電激發光顯示器的品質特性指標.....	35
表 3.1 個案研究設計的類型.....	37
表 3.2 編碼重點整理表.....	42
表 4.1 開放編碼實例.....	49
表 4.2 選擇編碼實例.....	51
表 4.3 類別整理.....	53
表 4.4 主軸編碼整理.....	56
表 4.5 液晶顯示器與軟性顯示器品質特性指標整理.....	57
表 4.6 電漿顯示器與軟性顯示器品質特性指標整理.....	58
表 4.7 有機電激發光顯示器與軟性顯示器品質特性指標整理.....	59
表 4.8 品質特性指標比較.....	60

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

顯示技術以飛快的速度在不斷演進，傳統的 CRT 顯示器具有體積大、重量重、輻射量高等缺點，以致於各種平面顯示器(Flat Panel Display, FPD)不斷地被開發出來（紀國鐘與鄭晃忠，2002）。現在更出現了軟性顯示器(flexible display)的概念，一個具有輕、薄、可捲曲、堅固耐用且不易破碎的顯示器，再度掀起另一波顯示器的革命。

從國內知名的產業經濟與趨勢研究中心(IEK)對軟性顯示器所進行的市場預測可以瞭解到軟性顯示器的市場應用將大幅的成長，可參考圖 1.1。因此，國內廠商也積極的投入研發的行列，如元太科技藉由併購 E-Ink 來取得電子紙關鍵技術與材料；友達光電(AUO)入主 SiPix 並利用旗下觸控與系統模組資源，全力研發電子紙產品；台達電則與 Bridgeston 技術合作，採用其特有的 QR-LPD (Quick Response Liquid PowderDisplay)技術；高通光電(QMT)也以其 MEMS 技術 mirasol 與正崴(Foxlink)合作開發電子書產品（楊智仁，2010）。

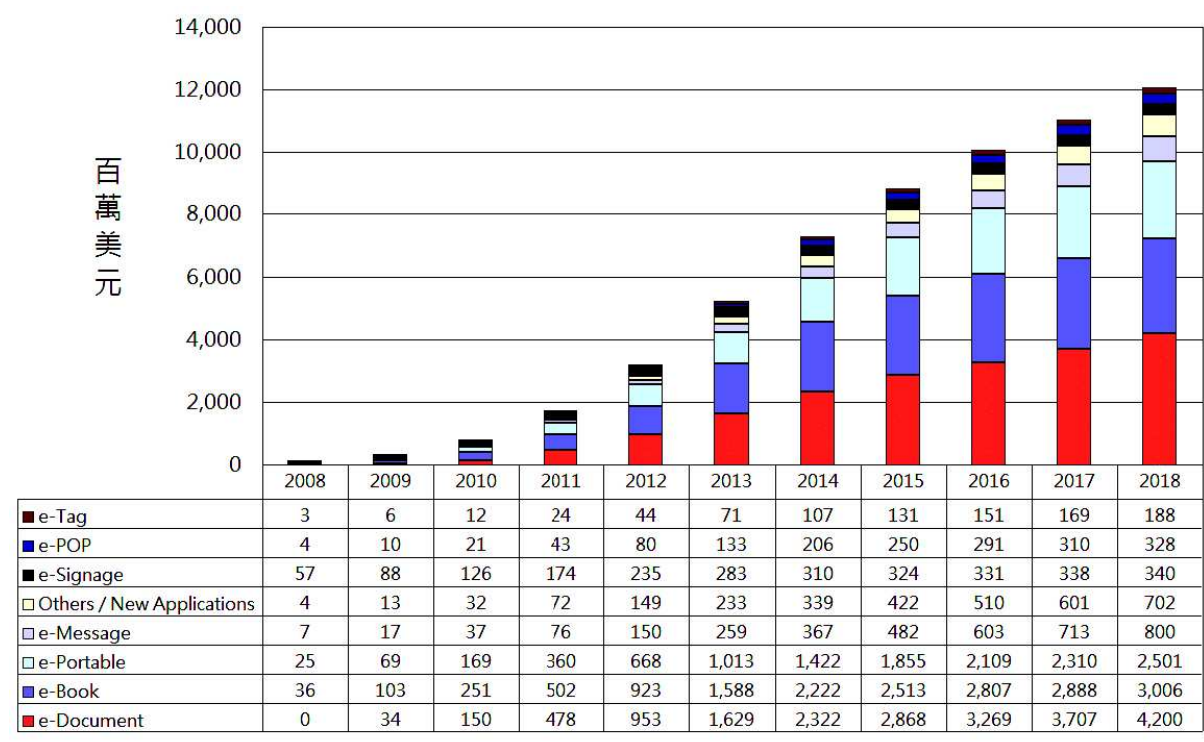


圖 1.1 軟性顯示器市場預測圖

（資料來源：產業情報網，2009）

在新產品研發時期，將品質、成本和可靠度納入考量，是確保未來量產時能夠達到高品質、低成本之目的的最佳方法。因此，建立適用於新產品的品質特性指標，能夠在量產之前就提供最佳的製造流程與品質控制方式，可以降低錯誤判斷的情形發生，也能使產品迅速地進入量產（張原豪，2007）。故本研究欲針對軟性顯示器的製造流程與品質特性指標進行研究，找出適合軟性顯示器的品質特性指標。

1.2 研究目的

本研究透過對文獻的回顧，瞭解過去研究在建立品質特性指標的方式，也探討平面顯示器的製造流程和其品質特性指標，並以工研院做為個案研究對象，藉由實地訪查和深度訪談的方式來瞭解其軟性顯示器的發展情況，以紮根理論分析訪談資料，歸納出軟性顯示器之品質特性指標，本研究之目的整理如下：

1. 藉由文獻探討和實地訪查，確立軟性顯示器之製造流程。
2. 試圖以紮根理論將訪談內容進行分析，找出軟性顯示器之品質特性指標，可作為日後軟性顯示器量產製程之參考依據。並提供此一新的研究方法，用於品質特性指標議題之研究。
3. 將軟性顯示器和平面顯示器的品質特性指標進行比較，提供後續的研究學者和廠商瞭解其差異之處。

1.3 研究方法與流程

本研究之流程如圖 1.2 所示，透過文獻探討的方式，瞭解軟性顯示器產業相關知識和平面顯示器之製程與品質特性指標。而軟性顯示器之產品與製程都還是處於實驗室研發階段，所以可以收集到的實驗數據有限，故以工研院作為探索性研究之對象，透過實地訪查和深入訪談的方式獲得研究資料。訪談資料採用紮根理論進行分析，歸納出軟性顯示器的品質特性指標。

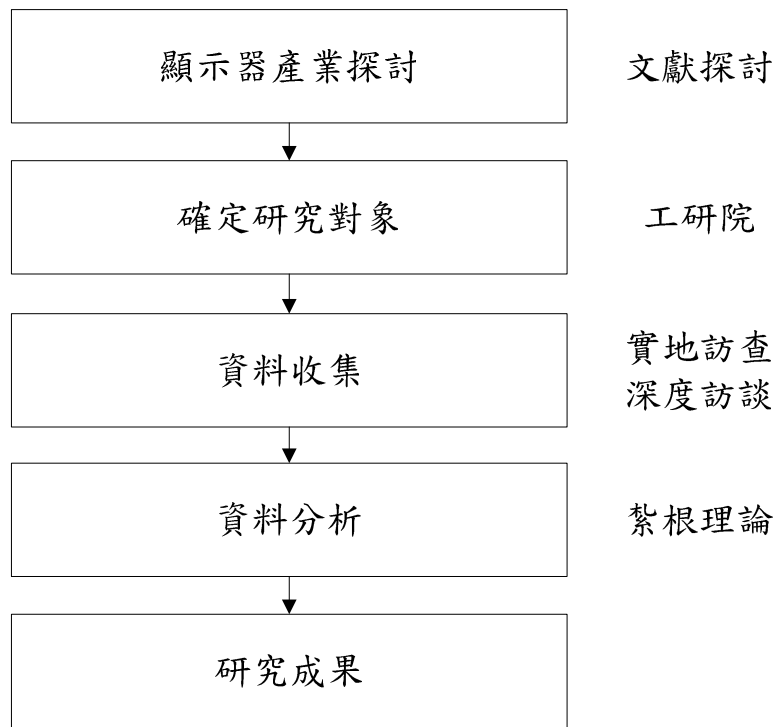


圖 1.2 研究流程

1.4 論文架構

論文分為五個章節，其架構如圖 1.3。以下為論文中各章節之說明：

第一章 緒論

包含研究背景與動機、研究目的、研究方法與流程，以及論文架構。

第二章 文獻探討

對平面顯示器之三大主流技術與製程、製造管理與績效指標和品質特性指標之相關文獻進行探討。

第三章 研究方法與研究設計

將本研究使用的個案研究法、資料收集方法和資料分析方法進行探討。

第四章 資料分析及研究發現

透過對軟性顯示器的文獻探討、實地訪查和深度訪談來取得研究資料，訪談的部份採用紮根理論法進行分析，歸納出軟性顯示器之品質特性指標。

第五章 結論與建議

於本章節提出研究結論與貢獻、未來研究方向與建議。

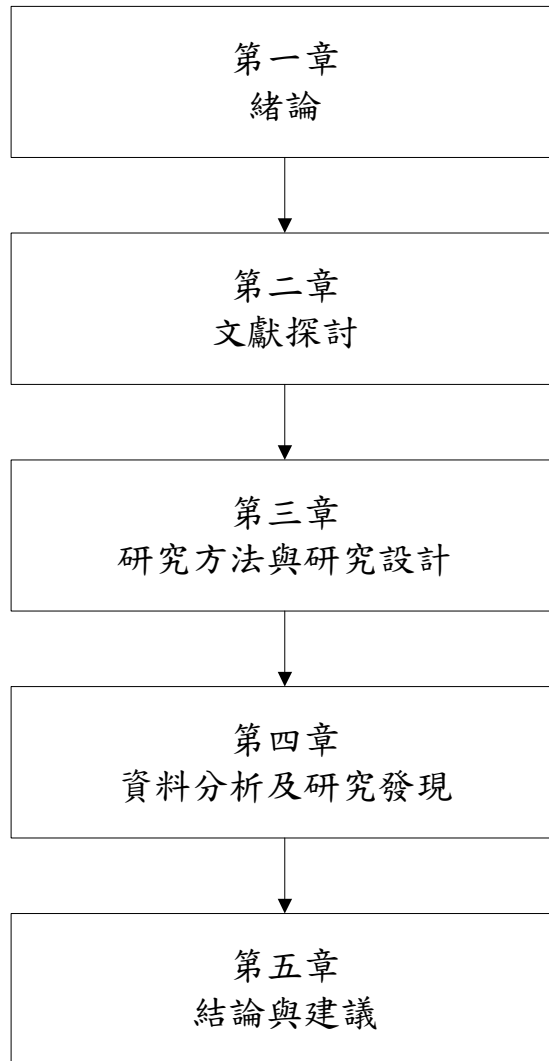


圖 1.3 論文架構

第二章 文獻探討

本章節對平面顯示器的製程與技術、高科技產業之在製造管理和品質特性指標相關文獻進行探討，以累積足夠知識，縮短後續個案研究之時間。

2.1 平面顯示器簡介

本節內容為目前平面顯示器的三大主流技術之製程簡介，分別是液晶顯示器(Liquid Crystal Display, LCD)、電漿顯示器(Plasma Display Panel, PDP)和有機電激發光顯示器(Organic Light Emitting Display, OLED)，平面顯示器的分類可參見圖 2.1。根據顯示器對於背光源的需求與否，分為需要背光的非自發光型(non-emissive)顯示器和不需要背光(back light)的自發光型(emissive)顯示器兩大類。自發光型顯示器除了電漿顯示器和有機電激發光顯示器以外，還包括發光二極體(Light Emitting Diode, LED)、場發射顯示器(Field Emission Display, FED)等等；非自發光型顯示器則以液晶顯示器為主。

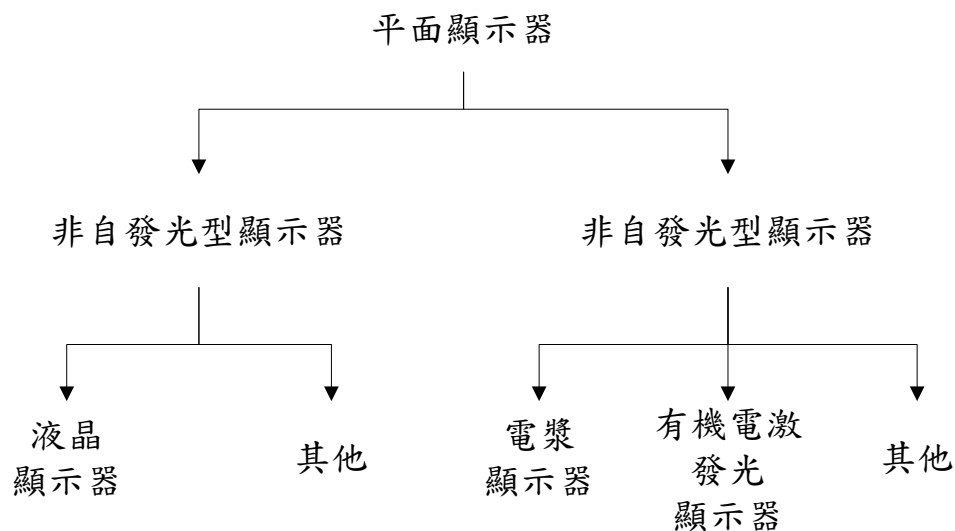


圖 2.1 平面顯示器分類圖

2.1.1 液晶顯示器技術與製程

常見的液晶顯示器有扭轉向列型(Twisted Nematic, TN)、超扭轉向列型(Super Twisted Nematic, STN)、非晶矽薄膜電晶體(Amorphous Silicon Thin Film Transistors, a-Si TFTs)和複晶矽薄膜電晶體(Polycrystalline Silicon Thin

Film Transistors, Poly-Si TFTs)等類型，依照不同的驅動方式，可分為主動矩陣式(Active Matrix, AM)和被動矩陣式(Passive Matrix, PM)兩種。TN型和STN型運用於小尺寸的顯示器屬於被動矩陣式驅動液晶顯示器(PM-LCD)，PM-LCD具有行列排列的條狀電極導線，行導線稱為信號導線(signal line)，而列導線稱為掃描導線(scan line)，行列交插所形成的方格稱之為畫素(pixel)，驅動時，脈衝會依序選擇不同的掃描導線，當掃描導線被選擇的時候，訊號導線就會給予一個電壓，而決定該畫素之顯示；筆記型電腦和桌上液晶顯示器等大尺寸螢幕常用的TFT型顯示器屬於主動矩陣式驅動液晶顯示器(AM-LCD)，AM-LCD是在每一個畫素中製作一個薄膜電晶體，直接做為液晶扭轉的控制器，所以AM-LCD的反應速度會比PM-LCD快。

接下來會以薄膜電晶體液晶顯示器(Thin Film Transistor - Liquid Crystal Display, TFT-LCD)做為主要介紹內容，TFT-LCD結構包含背光模組(back light module)、偏光板(polarizing filter)、配向膜(alignment layer)、液晶(liquid crystal)、彩色濾光片(color filter)和間隙子(spacer)等，其結構如圖2.2，功能簡介如下：

1. 背光模組：由於液晶本身不具發光功能，所以必須要外加背光模組來提供光源，背光模組是由發光源、燈罩、反射板(reflector)、導光板(light guide plate)、擴散片(diffusion sheet)、增亮膜(brightness enhancement film)及外框等元件組裝而成。可以當作發光源的元件有冷陰極螢光管(Cold Cathode Fluorescent Lamp, CCFL)、熱陰極螢光管(Hot Cathode Fluorescent Lamp, HCFL)、LED等等，傳統的LCD大部分都採用CCFL作為背光源，而LED技術日新月異以及其省電的特性，現在以LED為背光源之產品有逐漸增加的趨勢。
2. 偏光板：偏光板之作用是將發光源射出的非偏極光，轉為有特定方向的偏極光，液晶顯示器便是利用此偏極光加上液晶扭轉的控制來形成明暗。
3. 配向膜：其作用在於使液晶分子能夠對準排列，通常為有機材料所構成。
4. 液晶：液晶材料有很多種，以分子排列區分的話，可分為向列型(nematic)、層列型(smectic)、柱狀型(columnar)和膽固醇型(cholesteric)，而LCD所使用的液晶是以向列型液晶為主的混合液晶。經由外加電壓

控制液晶扭轉量，可決定光線通過的量與方向。

5. 彩色濾光片：彩色濾光片為紅(R)、綠(G)、藍(B)三原色所構成，藉由液晶控制光的通過量，使通過彩色濾光片的光可以混合出各種顏色，達到全彩化的顯示效果。
6. 間隙子：具有支撐液晶面板上下兩片玻璃基板的作用，用於控制液晶層的厚度。

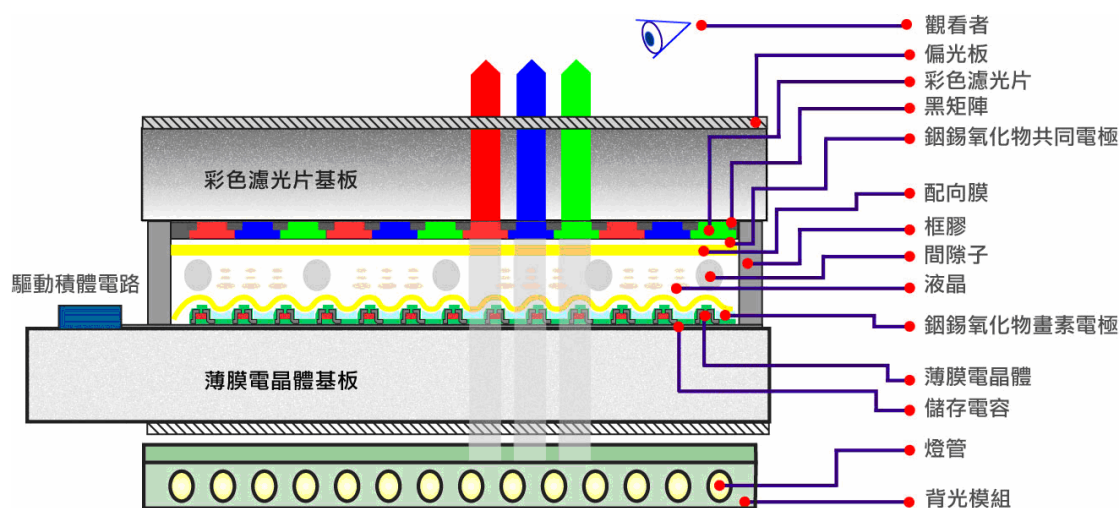


圖 2.2 薄膜電晶體液晶顯示器結構圖

(資料來源：奇美電子，2010)

TFT-LCD 之製造流程可分為薄膜電晶體陣列製程(TFT array process)、彩色濾光片陣列製程(color filter array process)、面板組合製程(cell assembly process)、模組組裝製程(module assembly process)四大製程。國內業界常將兩種陣列製程視為一個階段，分為三階段製程，見圖 2.3。

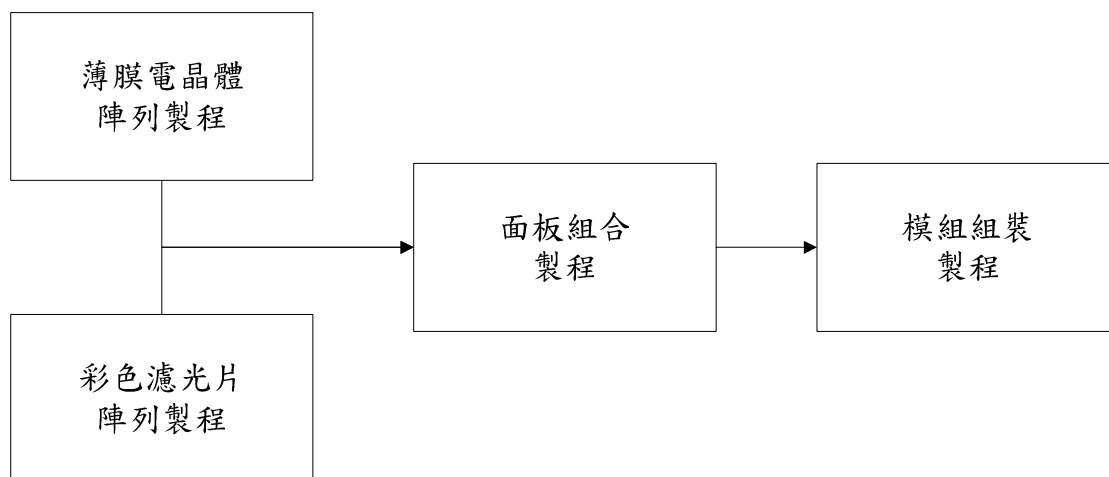


圖 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器製造流程圖

以下製程之說明參考自蔡信行主編(2005)最新化工製程及材料和紀國鐘、鄭晃忠(2002)液晶顯示器技術手冊二書，將 TFT-LCD 製程分為四個部份進行說明：

1. 薄膜電晶體陣列製程(TFT array process)：

TFT 之製造流程可參考圖 2.4，以下將 TFT 製程分為七個部分，依序詳加說明：

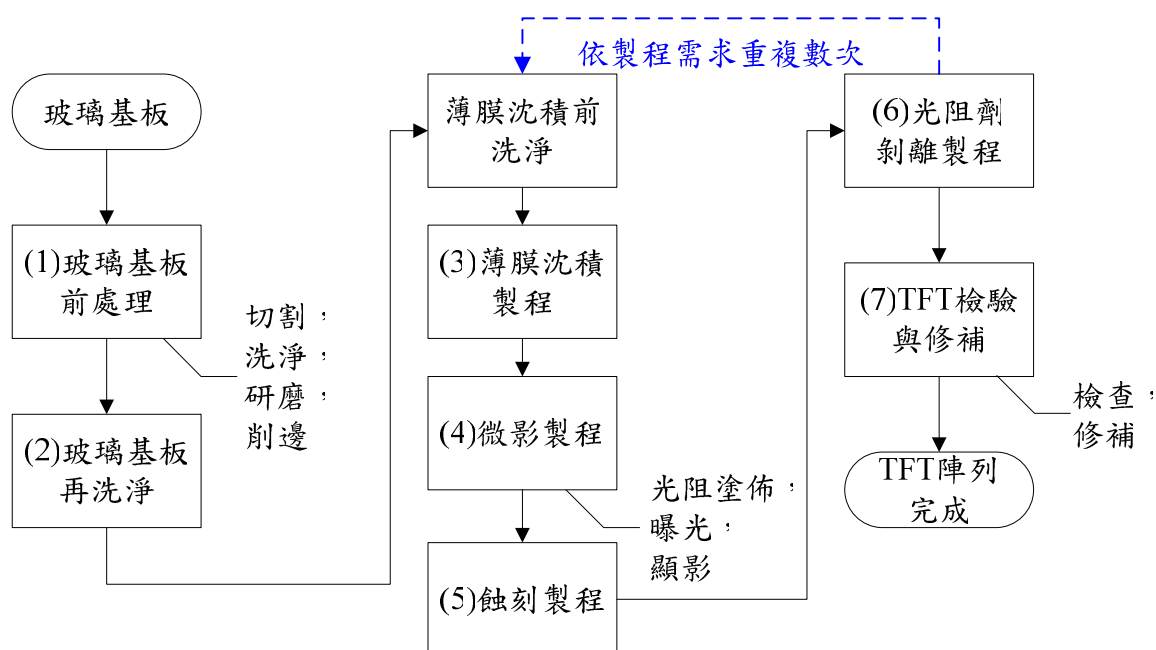


圖 2.4 薄膜電晶體陣列製造流程圖

(1) 玻璃基板前處理

TFT 製造採用之玻璃基板，常因邊緣處的破損而在製造時產生缺陷，故玻璃基板於製造前先進行前處理，對玻璃基板端面進行研削，並於此時作上記號，提升後續製程在進行對位時的精準度。

(2) 玻璃基板洗淨

TFT 之厚度僅數微米，空氣中的懸浮微粒、金屬粒子、有機物等污染物附著於玻璃基板會造成點缺陷，所以在每一程序處理前或處理後，常進行洗淨的動作。主要的洗淨方式可分為乾式和濕式洗淨兩種方法，洗淨方式的分類可見圖 2.5，為了有效清潔玻璃基板之表面污垢，清洗設備通常搭配上上述兩種方法多種方式來進行洗淨程序，洗淨後常用高速旋轉法將水分甩乾。

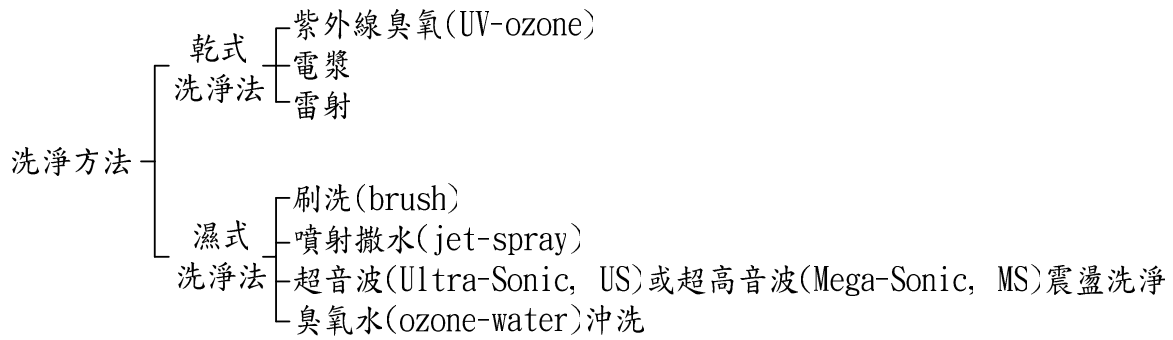


圖 2.5 洗淨方式分類圖

(3) 薄膜沈積(thin-film deposition)製程

薄膜沈積製程可分為物理氣相沈積(Physical Vapor Deposition, PVD)和化學氣相沈積(Chemical Vapor Deposition, CVD)。在 TFT-LCD 的薄膜沈積製程中，PVD 常用濺鍍法(sputtering)來沈積閘極金屬與閘極導線、汲極金屬及信號線等金屬或氧化銦錫(Indium Tin Oxide, ITO)薄膜；PVD 則以電漿輔助化學氣相沈積(PECVD)最為常見，用於沈積半導體活性層、閘極絕緣層和保護層等非金屬薄膜。

(4) 微影(lithography)製程

微影製程也有人稱為黃光製程，因為牽涉到光阻劑的使用而使用黃光作為照明光源，此製程包含光阻(PhotoResist, PR)塗佈、軟烤(soft bake)、曝光(exposure)、顯影(development)、硬烤(hard bake)等步驟。

光阻可簡單分為正型光阻和負型光阻兩種。使用正型光阻時，受到曝光的區域會形成可溶性的酸，可使用顯影液去除之；使用負型光阻時，受到曝光的區域則不會受顯影液影響。一般而言，TFT array 製程使用的是正型光阻，光阻塗佈經常使用的方式有：旋轉塗佈(spin coating)和滾筒塗佈(roll coating)。在光阻塗佈之後進行軟烤，將光阻中之溶劑去除，增加光阻之附著力，接著透過曝光的動作讓光罩(mask)上的圖案投射至光阻上，曝光方式整理於圖 2.6，曝光的光源採用混合式紫外光。接著使用鹼性之顯影液將受到曝光之區域去除，完成顯影之步驟，再進行硬烤去除顯影液。

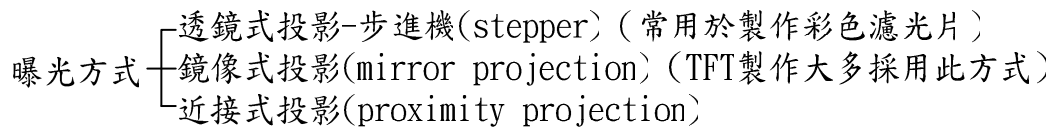


圖 2.6 曝光方式分類圖

(5) 蝕刻(etching)製程

蝕刻製程之目的在於移除薄膜的部份區塊，以化學反應或物理作用之方式將微影後的光阻圖案轉印至薄膜上，製作出線路圖案(pattern)。蝕刻技術可分為濕式蝕刻和乾式蝕刻。濕式蝕刻是採用化學溶液產生化學反應以達到目的；乾式蝕刻則是利用電漿產生物理作用或化學反應來達成目的。

(6) 光阻劑剝離(stripping)製程

光阻劑去除方式也有濕式和乾式兩種。濕式法利用化學溶劑來洗去光阻劑；乾式法則是採用電漿去除之。視製程需求重複步驟(2)~(6)，以五次最為常見。

(7) TFT檢驗與修補

對TFT array進行電性量測，有缺陷的地方，以雷射的切割、熔接、結線等技術修補，將亮點暗點化、短路切斷和斷線連接。至此，TFT陣列才算完成。

2. 彩色濾光片陣列製程(color filter array process)：

彩色濾光片陣列製程是要在玻璃基板上作出含有紅(R)、綠(G)、藍(B)三原色之矩陣圖樣。目的是要讓白色背光穿透彩色濾光片後，產生三原色光。過去曾開發出許多不同的方法來製造彩色濾光片(Color Filter, CF)，著名的方法有染色法(dying)、電著法(electro deposition)、印刷法(printing)、顏料分散法(pigment dispersion)和噴印法(ink jet)五種。業界採用顏料分散法居多，流程圖請參見圖 2.7，以下說明顏料分散法製作 CF 陣列之流程。

在完成前處理之玻璃基板上製作黑色矩陣(black matrix)，黑色矩陣的製造順序先是微影製程，然後進行蝕刻，最後將光阻剝離。接著將含有紅、綠、藍三種顏料之光阻分別進行 3 次微影製程循環，形成三原色濾光層，在濾光層上以塗佈方式製作保護層，再濺鍍 ITO 導電薄膜，經過檢驗後結

束 CF 陣列製程。

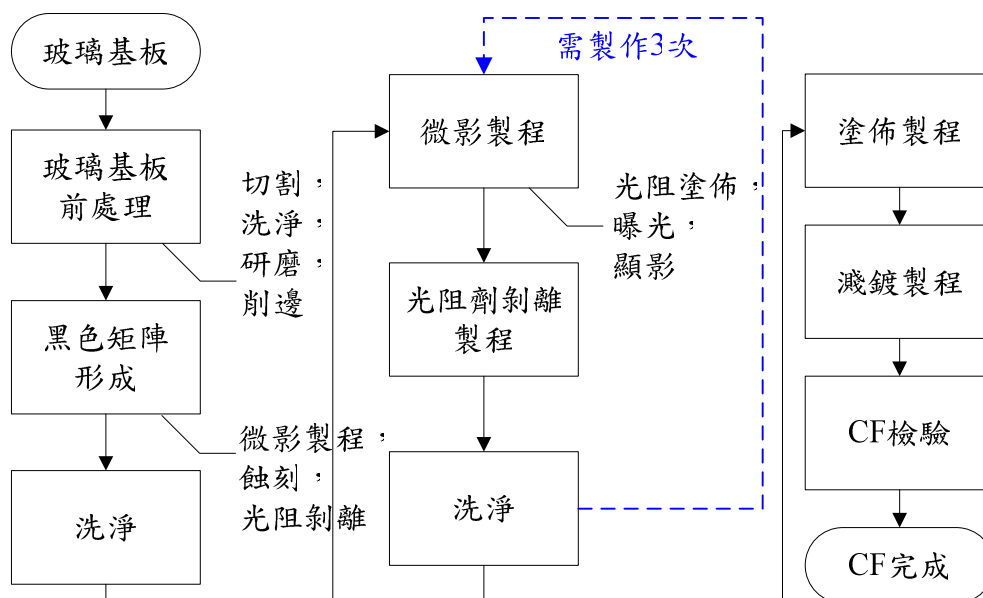


圖 2.7 彩色濾光片陣列製造流程圖

3. 面板組合製程(cell assembly process)：

此製程是將 TFT 基板和 CF 基板進行組立並注入液晶，流程請參考圖 2.8，詳細流程說明如下。

CF 和 TFT 基板在此製程中，前面 4 個處理程序是一樣的，且在製作之前皆需再次洗淨。先把基板洗淨後，將聚亞醯胺(PolyImide, PI)塗佈於基板並進行熱處理形成配向膜。再以絨毛布滾筒朝單一方向刷磨(rubbing)，使後製程中注入之液晶能整齊排列。

CF 和 TFT 基板後續製程分別如下：在 CF 基板四周塗上封合劑(seal)，留下一缺口用來注入液晶；而 TFT 基板則進行間隙子(spacer)散佈，散佈方式分為濕式和乾式兩種，但現今散佈間隙子之製程多放在 CF 製程中，在 CF 製程多加一道微影製程，產生固定高度之高分子柱作為間隙子。

兩片基板貼合的流程為 LCD 製程中最重要的一步，若組立時對位不準，則前功盡棄，CF 基板和 TFT 基板就白費了。在貼合後，以熱壓合之方式讓框膠硬化，固定此二基板，然後對面板進行切割，在注入液晶後進行檢驗，接著在液晶面板的兩側貼上偏光膜，再作一次檢查，液晶面板之製造流程就大功告成。

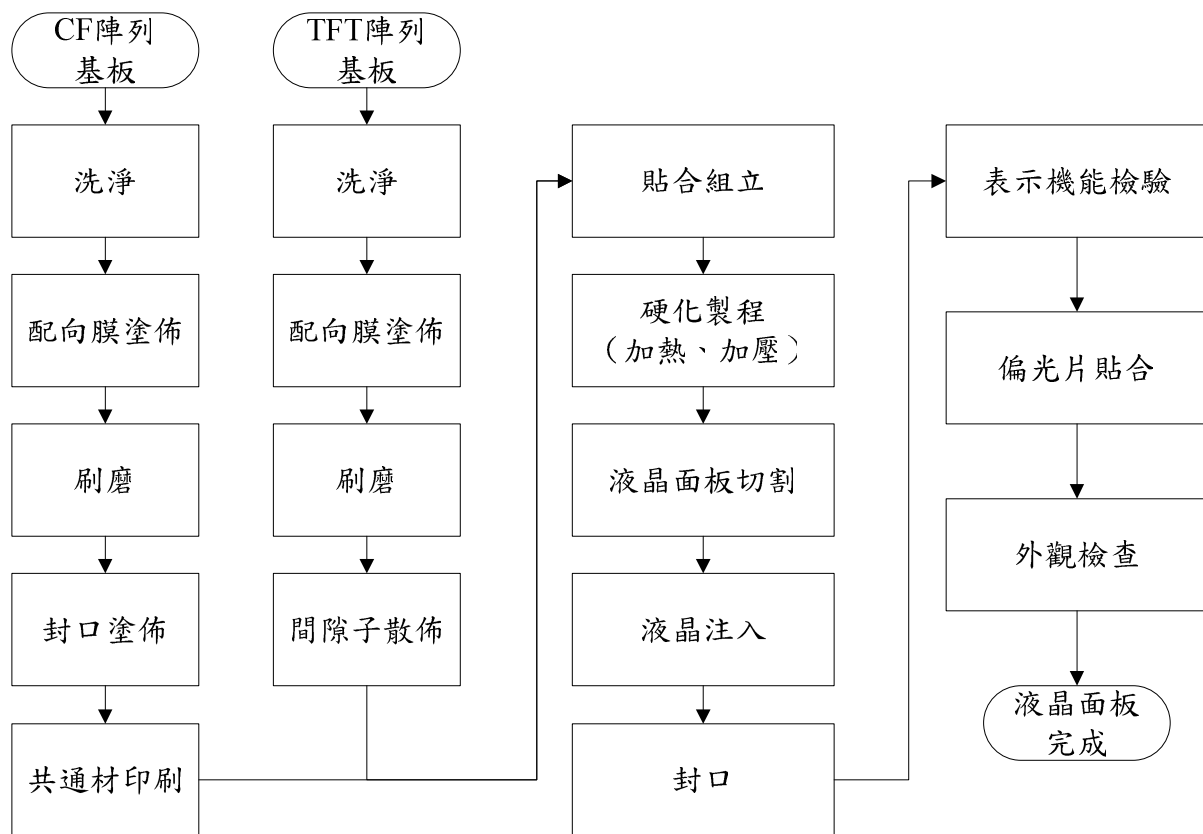


圖 2.8 面板組合製造流程圖

傳統注入方式採用直立式真空液晶灌注法，此法乃利用毛細現象和壓差原理將液晶注入面板，但頗為費時，且會隨著面板尺寸增加，面板內部殘留氣體也跟著增加。近幾年發展出液滴式液晶灌注法(One Drop Fill, ODF)，傳統液晶注入方式與液滴式液晶灌注法可參考圖2.9。ODF製程是先於CF基板上進行TFT與CF基板組合所需之框膠塗佈，然後將尚未貼合之CF基板和TFT基板置於真空槽內，直接將液晶滴在其中一片基板上，再將兩片基板進行貼合，採用這種方法不僅比一般傳統液晶注入式製程省時，也降低了液晶注入時所耗費之液晶使用量。

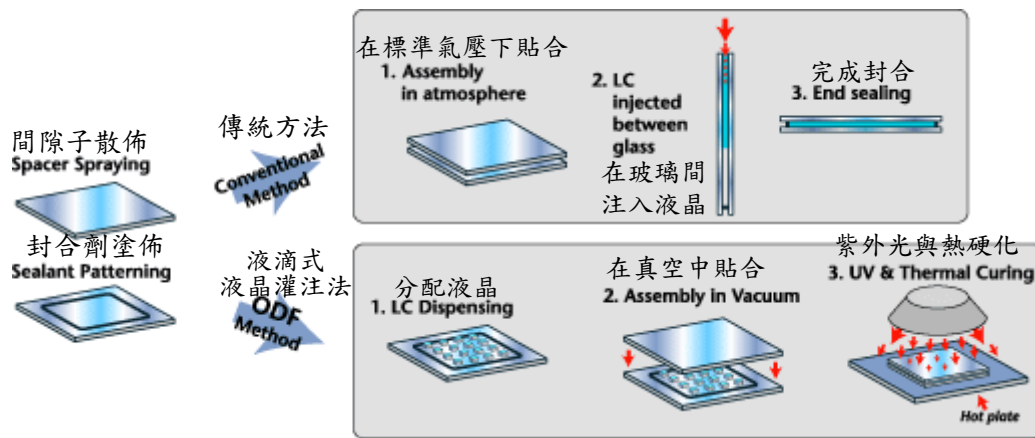


圖 2.9 傳統液晶注入方式與液滴式液晶灌注法

(資料來源：友達光電，2010)

4. 模組組裝製程(module assembly process)：

將液晶面板與驅動 IC 之連結，並與背光模組及顯示器外框組裝在一起，然後進行最終檢驗。連接液晶面板和驅動 IC 的方法主要有兩種，分別是 TCP(Tape Carrier Package)法/TAB(Tape Automated Bonding)法和 COG(Chip On Glass)法。由於 COG 法可將驅動 IC 直接架置於玻璃基板上，且具有較高解析度與低成本之優勢，為目前主流技術。以上為 TFT-LCD 各階段製程與相關技術簡介，TFT-LCD 的誕生需要經過 300 道以上的製程，各廠商會因追求的目標有所不同，而產生些微差異。

2.1.2 電漿顯示器技術與製程

電漿顯示器(Plasma Display Panel, PDP)的技術原理是以惰性氣體放電時產生的紫外線來激發彩色螢光粉，產生人眼能接收到的可見光，其工作原理和霓虹燈、螢光燈類似，為自發光型顯示器。電漿顯示器是由很多個放電空間(cell)所組成，每個放電空間中所封入的氣體為氖(Ne)與氙(Xe)或氦(He)與氙(Xe)等類型的惰性混合氣體，而一個畫素(pixel)由三個放電空間所組成。電漿顯示器可依照其放電時所施加電壓之方式，分為交流(AC)與直流(DC)兩種類型，直流型電漿顯示器比交流型電漿顯示器多了電阻層的存在，構造較為複雜，所以交流型 PDP 逐漸成為主要製造方式，交流型電漿顯示器概略的結構可參考圖 2.10。前板加工後會產生透明電極(Transparent Electrode)、Bus 電極(Bus-Electrode)、透明介電層(Dielectric

Layer)、封合層(Seal)和保護層(protective layer)，而背板則會製造出螢光體層(Phosphor Layer)、阻隔壁(Barrier Rib)、下板透明介電層(Dielectric Layer)和位址電極(Address Electrode)。

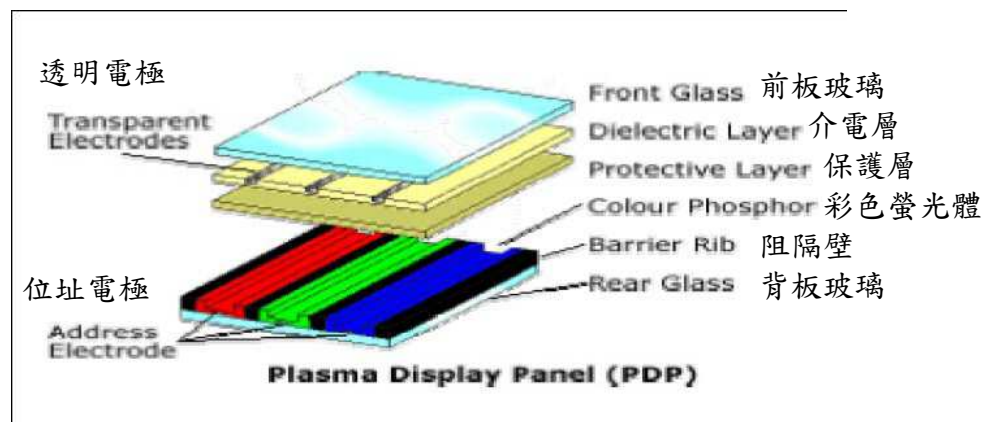


圖 2.10 電漿顯示器結構圖

(資料來源：張德安與鄭玫玲，1999)

張德安與鄭玫玲(1999)於電漿顯示器一書中，將電漿顯示器的製造工程分為 4 大製程，分別是玻璃基板製程、前板製程、背板製程與組裝製程。後面將針對電漿顯示器面板之前板製程、背板製程與組裝製程三個部份進行說明：

1. 前板製程

由於電漿顯示器之生產，含有高達 500°C 之製程，故 PDP 製造所使用之玻璃基板是採用浮式法(float)所製造之鈉玻璃。此處將交流型和直流型之前板製程分開說明，交流型前板製程流程圖請見圖 2.11；直流型前板製程流程圖請見圖 2.12。

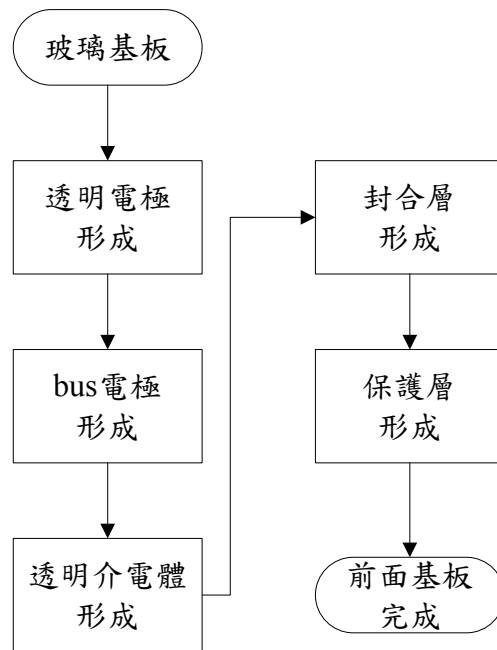


圖 2.11 交流型前板製造流程圖

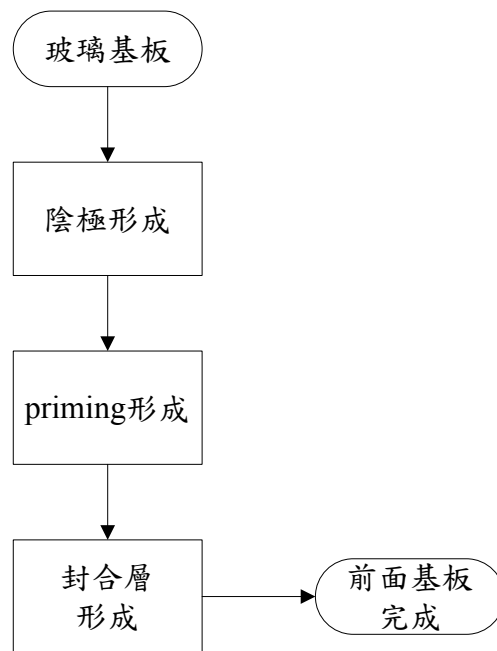


圖 2.12 直流型前板製造流程圖

交流型電漿顯示器前板之製造是依序製作透明電極(transparent electrode)、bus 電極(bus-electrode)、透明介電層(dielectric layer)、封合層(seal)和保護層(protective layer)。透明電極是由 SnO_2 和 ITO 等薄膜所製成，先以濺鍍法將 ITO 膜附著於玻璃基板，再利用光蝕刻(photolithography)製程產生電極圖案(pattern)，光蝕刻製程指的是在已形成 ITO 膜之玻璃基板上塗佈光

阻(photoresist)，然後放置光罩並以紫外光進行曝光，再將基板浸入顯影液中顯影，接著進行蝕刻，把沒有光阻保護的 ITO 膜去除，最後去除光阻劑的幾個步驟。而 SnO_2 所形成之薄膜很難用蝕刻法去除，故使用剝蝕法(lift-off)形成透明電極，剝蝕法之步驟則是先在玻璃基板上塗佈光阻，然後進行曝光，把欲形成 SnO_2 圖案之處的光阻，以顯影液去除，然後以 CVD 法形成 SnO_2 膜，最後將光阻劑去除。在完成透明電極之後，進行 bus 電極的製作，利用蒸鍍法或濺鍍法形成 Cr/Cu/Cr 三層導電膜後，再以光蝕刻法製作圖案，亦有研究使用感光性漿料之金屬材料來製作 bus 電極，用此法可省略蝕刻製程。透明介電層是利用低熔點玻璃粉製成漿料，用平面印刷方式完成。然後在介電層上以接觸式的印刷法或非接觸式的點膠法塗佈封合層。交流型電漿顯示器前板製造的最後步驟是製作當成保護層的 MgO 膜，可利用電子束蒸鍍法或真空蒸鍍法形成 MgO 保護層。

直流型電漿顯示器前板之製造有三個步驟：第一步驟是將混合了玻璃粉、樹脂和鋁所形成之鋁漿料，用印刷方式在玻璃基板上製作陰極；接著第二步驟是以玻璃漿料形成阻隔壁；最後一個步驟是封合層形成，使用在電漿顯示器製程之材料必須耐高溫，而 LCD 製程中使用之封合劑是在 100°C 上下就會融化的高分子材料，不適用於製造電漿顯示器，故採用低熔點玻璃粉漿料作為封合劑。

2. 背板製程

背板又可稱下板，交流型和直流型背板製程大部分相同，流程可參考圖 2.13 和圖 2.14，製造內容包含位址電極、白色反射層、阻隔壁、螢光體層等等。首先於玻璃基板上以厚模印刷法製作 SiO_2 ，再於其上製作位址電極，其製作材料為銀及鋁等，而製作方法有很多種，可使用的方法有圖案印刷法、化學蝕刻法、剝蝕法、薄膜成形後再圖案化等等，而白色反射層的部份可以用平面印刷法製作，然後是阻隔壁的形成，以低熔點玻璃混合氧化鋁等金屬氧化物為材料，可採用的方法包括印刷法、感光性漿料法（使用乾膜光阻和噴砂法）、膠膜狀阻隔壁材料應用法、加成法等，以噴砂法較為常見。阻隔壁形成後，接著製作螢光層，一般多採用印刷法將紅、綠、藍三色之螢光漿料分別填入各阻隔壁之間，每次印刷一色，需印刷三次。

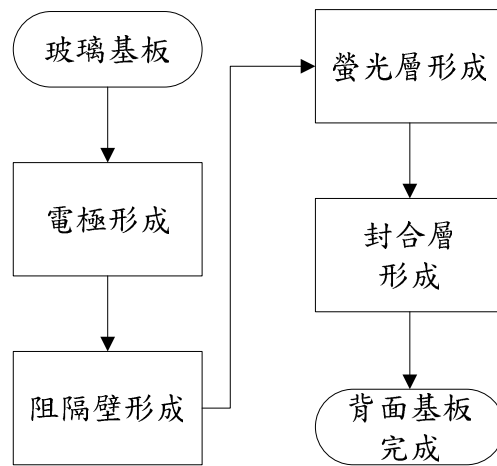


圖 2.13 交流型背板製造流程圖

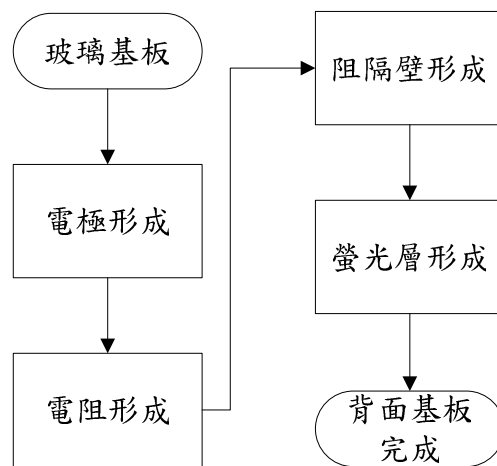


圖 2.14 直流型背板製造流程圖

3. 組裝製程

將前板和背板貼合後，加熱至 500°C ，熔化封合劑以黏著兩片基板。其次是將貼合後兩基板之間抽成真空，然後封入氖和氬或者氦和氬等混合氣體。接著進行老化(aging)，透過長時間放電檢測各放電空間發光穩定性，確認沒有問題才連接驅動 IC，經過以上冗長的程序後，電漿顯示器的製造流程到此完成，流程可參考圖 2.15。

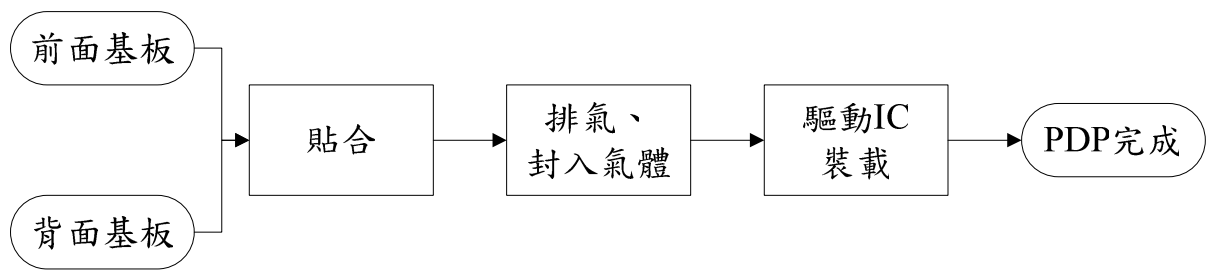


圖 2.15 電漿顯示器組裝流程圖

2.1.3 有機電激發光顯示器技術與製程

有機電激發光顯示器(Organic Light Emitting Display, OLED)可依發光材料的種類以及不同的成膜方式，分為小分子有機發光二極體(Organic Light Emitting Diode, OLED)和共軛高分子發光二極體(Polymer Light Emitting Diode, PLED)，OLED 之結構可參考圖 2.16。

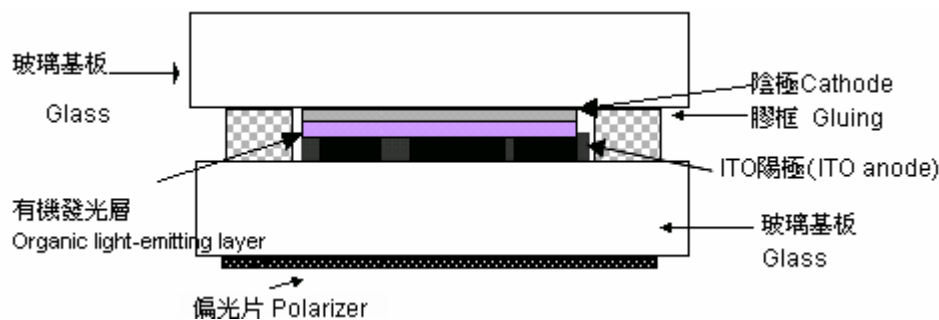


圖 2.16 有機電激發光顯示器基本結構圖

(資料來源：鈗寶科技，2010)

OLED 依照其驅動方式可以分為主動矩陣式 OLED(Active Matrix OLED, AMOLED)和被動矩陣式 OLED(Passive Matrix OLED, PMOLED)。AMOLED 是利用 TFT 結合電容來控制 OLED 之亮度灰階，此處 TFT 的製造方式和 TFT-LCD 中的製程類似；PMOLED 之驅動方式則較為簡單，掃描線根據資料線所傳送之電流值依序點亮陣列中的發光二極體，亦類似於 PM-LCD 的驅動方式。

陳金鑫與黃孝文(2007)提到 OLED 之製程較 LCD 簡單，而現今的 OLED 製程設備還在不斷改良，所以沒有標準的量產技術，其製程會因採用的驅動方式和全彩化方法而出現差異。AMOLED 和 PMOLED 製程些許不同在

於：AMOLED 需要先在基板上製作 TFT 陣列；PMOLED 在完成蝕刻製程之後要製作分隔柱（阻隔壁）。全彩化的方式可分為 RGB 畫素並置法 (side-by-side pixelation)、色轉換法(Color Conversion Method, CCM)、彩色濾光片法、微共振腔調色法和多層堆疊法五種（陳金鑫與黃孝文，2007），介紹如下：

1. RGB 畫素並置法

此技術為最早被量產製程所使用的技術，發展此技術的廠商有 Kodak、Toshiba、Pioneer、Epson，國內廠商也大多以此技術為發展重心。其製作方法是當 RGB 其中一色有機材料在蒸鍍時，利用遮罩 (shadow mask) 將另外兩個畫素的位置遮蔽，並使用高精度的對位系統移動遮罩或基板，一種顏色的蒸鍍完成再繼續下一種顏色的蒸鍍，最後產生具有 RGB 三原色畫素的 OLED，其製程可參考圖 2.17。而以此種方式製造會面臨到對位系統的精確度、遮罩開口尺寸的誤差、遮罩開口阻塞及污染等重要課題。

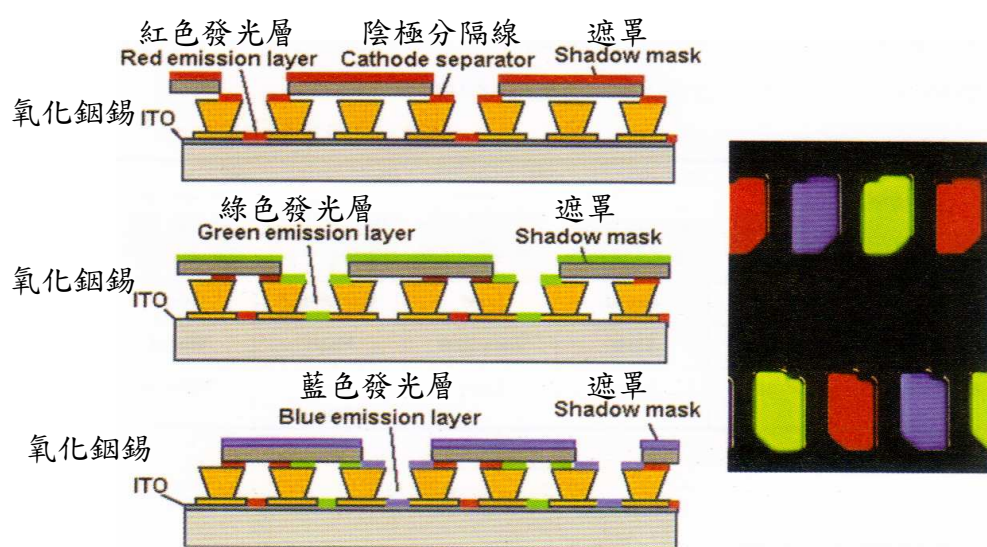


圖 2.17 畫素並置法製程示意圖

（資料來源：陳金鑫與黃孝文，2007）

2. 色轉換法

色轉換法主要是利用藍光 OLED 發光，透過螢光染料和彩色濾光片 (CF) 轉換出 RGB 三原色光，其結構可參考圖 2.18，發展此一技術的廠商有日商出光興產和富士電機。和畫素並置法比的話，具有可以不考慮 RGB 三種元件之效率而設計不同的驅動電路，也不受到 RGB 三種元件壽命不同而

需要發展電路補償之優點。

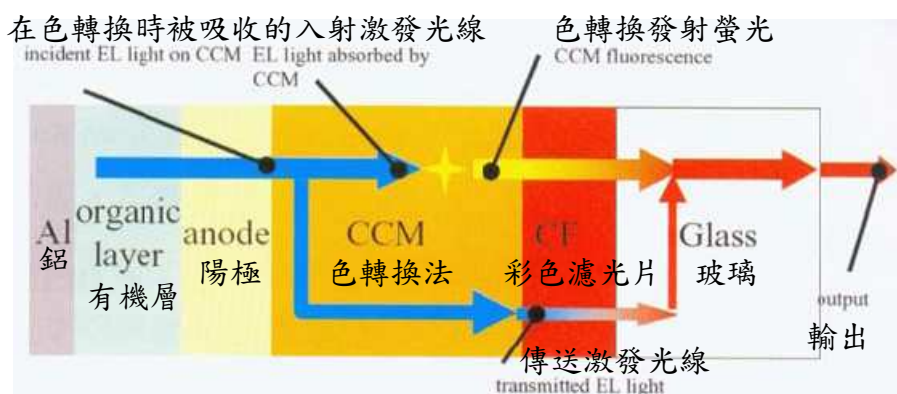


圖 2.18 色轉換法全彩化面板結構圖

(資料來源：陳金鑫與黃孝文，2007)

3. 彩色濾光片法

此法和 LCD 全彩化方式相同，利用白光 OLED 發光穿過彩色濾光片後，轉成人眼可視光。此種方法的好處與色轉換法相同，採用單一光源可使 RGB 三原色的亮度壽命一樣，不會出現色彩失真的現象，也不需考慮到遮罩對位的問題，能增加畫面精細度，因而有機會應用在大尺寸的面板上。

4. 微共振腔調色法

2004 年 SID 年會上，Sony 利用白光透過微共振腔效應製作出全彩主動式上發光面板，其結構可參考圖 2.19 所示，在反射陽極上依不同的顏色需求，製作出不同厚度的 ITO 膜，經由光學長度的調整，而將原本多波長的白光變成 RGB 三原色，最後再搭配彩色濾光片得到飽和的三原色、改善視角問題、降低反射並增強對比。

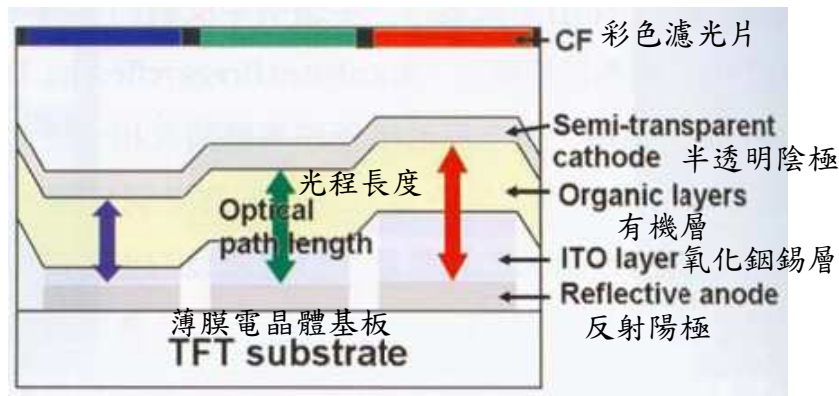


圖 2.19 共振腔結構圖

(資料來源：陳金鑫與黃孝文，2007)

5. 多層堆疊法

此種元件結構複雜，因此無人用於量產計畫，其方法是將 RGB 發光元件一層一層堆疊起來，可以由一個元件發出 RGB 三原色光和白光。

以下為 OLED 之主要製程介紹，製造流程圖請參照圖 2.20，主要流程有基板 ITO 玻璃前處理、有機層蒸鍍、陰極金屬蒸鍍和封裝四個部份：

1. ITO 玻璃基板前處理

正式進行 OLED 製程之前，ITO 基板需要先蝕刻出特定的圖案，這個部份包含了微影製程和蝕刻製程。由於主動面板的陰極是共電極，不需要特別的圖案，但被動面板則的陰極線必須和陽極線垂直交錯，因此需要製作分隔柱，使其在蒸鍍時能夠隔開陰極掃描線。接著是基板的清洗，清洗有乾式清洗和濕式清洗，最後使用電漿處理機進行乾式清洗。

2. 有機層蒸鍍

OLED 使用小分子材料製造有機層通常採用真空熱蒸鍍法，蒸鍍源的發展從點蒸鍍源到線蒸鍍源，材料的使用率和蒸鍍均勻性之表現也愈來愈好，蒸鍍過程則可採取蒸鍍源移動或者基板移動的方式進行，除了蒸鍍法以外尚有其他鍍膜技術，例如鍊寶公司採用的有機氣相沈積(Organic Vapor Phase Deposition, OVPD)系統。PLED 和 OLED 製造上的最大差異在於薄膜形成的方式，高分子材料在有機層和陰極金屬層的製造上無法採用熱蒸鍍法，故以濕式製程為主，如：(1)旋轉塗佈法；(2)Seiko-Epson、Philips、工研院等所採用的噴墨列印法(Ink-Jet Printing, IJP)；(3)3M 和 Samsung SDI 所發展的雷射熱轉印成像技術(Laser-Induced Thermal Imaging, LITI)等等。

3. 陰極金屬蒸鍍

陰極金屬的製造方式可採用熱蒸鍍法或濺鍍法。

4. 封裝

封裝製程包含封裝蓋前處理、吸濕劑添加、塗佈框膠、對位貼合、照光固化和裂片之步驟，封裝蓋可以使用金屬蓋、玻璃蓋或高分子封裝蓋，而近來亦發展出不需要封裝蓋的薄膜封裝。封裝蓋前處理主要目的是去除吸附在其表面之水汽和污染物，為了進一步避免水汽附著而添加吸濕劑，然後才塗佈框膠，接著進行基板和封裝蓋之對位貼合，在框膠照光固化後進行裂片，再來是安裝驅動 IC，即 OLED 製程的最後一個步驟。

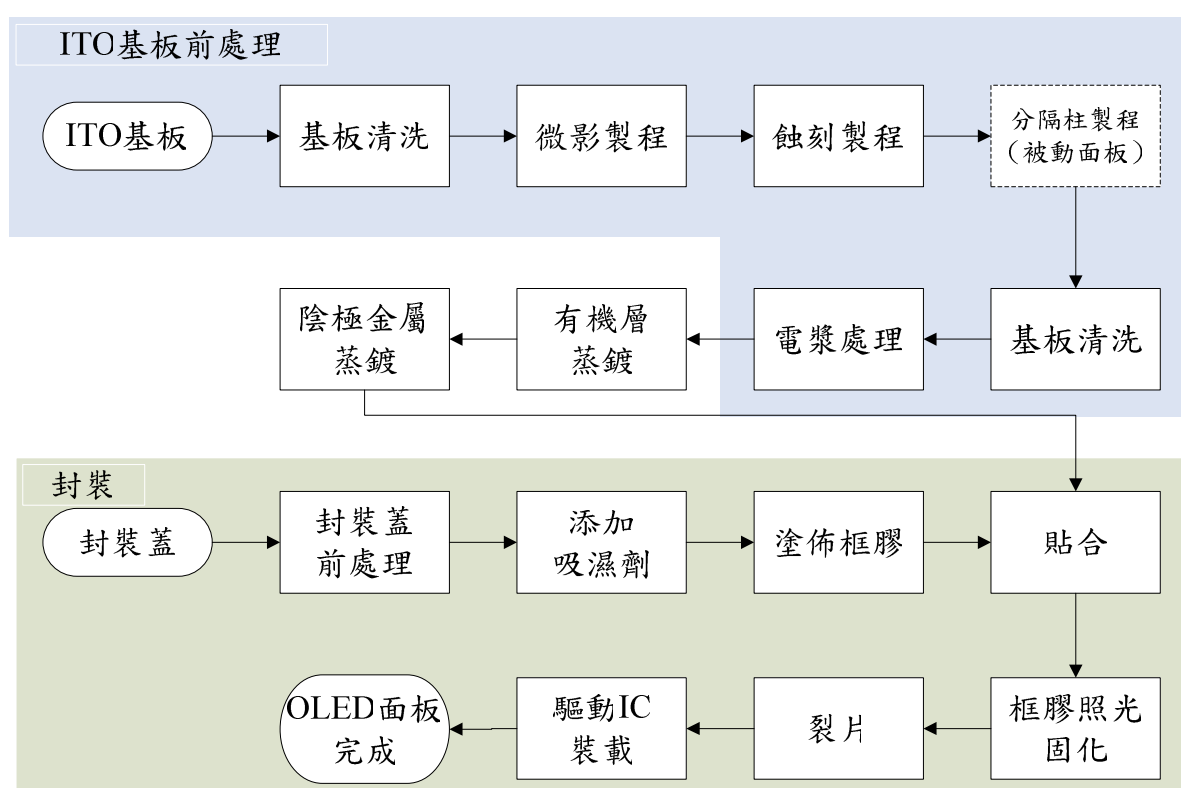


圖 2.20 有機電激發光顯示器面板製造流程圖

2.2 製造管理與績效指標

製造管理的目的是在探討產品製造過程中相關的管理活動，包括品質管理、產品的研究發展、生產流程的管制與規劃、物料的管理和運送與工廠佈置等等重要項目。黃嘉若(2006)將製造管理定義為有效的利用有限資源，來製造出最佳品質、最多產量、最低成本之產品，而獲得最大的顧客滿意度。而企業的資源包含了資金、土地、機台、原料和各種軟硬體設備

等有形的資源，以及管理能力、專業知識和技能等無形的資源。

黃嘉若(2006)把製造管理的指標區分為績效指標和決定因素這兩種，而指標又可依據計量性和與製造績效的關聯性分為四個類別，可參考表 2.1，各類別說明如下。

第一類指標可以用簡單的量化單位表示，並且與製造管理績效相關；第二類指標無法以計量的方式評估，需要使用描述的方式表達，且與製造管理績效相關；第三類指標可以用量化單位表示，並且與製造管理績效不一定相關；第四類指標使用描述的方式表達，且與製造管理績效不一定相關。楊長林、黃榮華與何錦軒(2008)指出績效(performance)代表員工達成其職務內的任務之程度，而績效包括效率(efficiency)和效能(effectiveness)兩個層次。效率是用實際產出和投入的比率來衡量；效能則是指組織目標是否達成。

表 2.1 製造管理量測指標分類表

	可量化	無法量化
與製造管理績效相關	1	2
與製造管理績效不一定相關	3	4

簡禎富、蕭禮明與王興仁(2004)指出製造管理的研究有三個種類：第一類研究在探討製造管理的策略性目標；第二類研究是各參數在理論與實例的驗證，分析指標的關聯性來找出特殊模式或參數特性作為管理之依據；第三類研究則是利用績效指標作為該產業製造系統評估與管理的依據。根據第三類的研究可以知道，要進行製造管理就必須建立有效的績效指標，過去已經有許多學者投入這個領域來做研究，故本研究將國內外績效指標相關文獻探討整理簡述如下。

Yurdakul (2002)建構一個多準則的製造績效系統來衡量製造系統的獲利能力，其模型是以層級分析法(AHP)和其延伸出的系統回饋法發展而來，所得之製造績效可分為五大類，分別是可靠性、品質、彈性、時間、成本，詳細分類可參考圖 2.21。該研究中所發展的績效衡量系統之層級架構之間存在著競爭與相互依存的關係，使得製造系統能更真實、更準確的被反映出來。

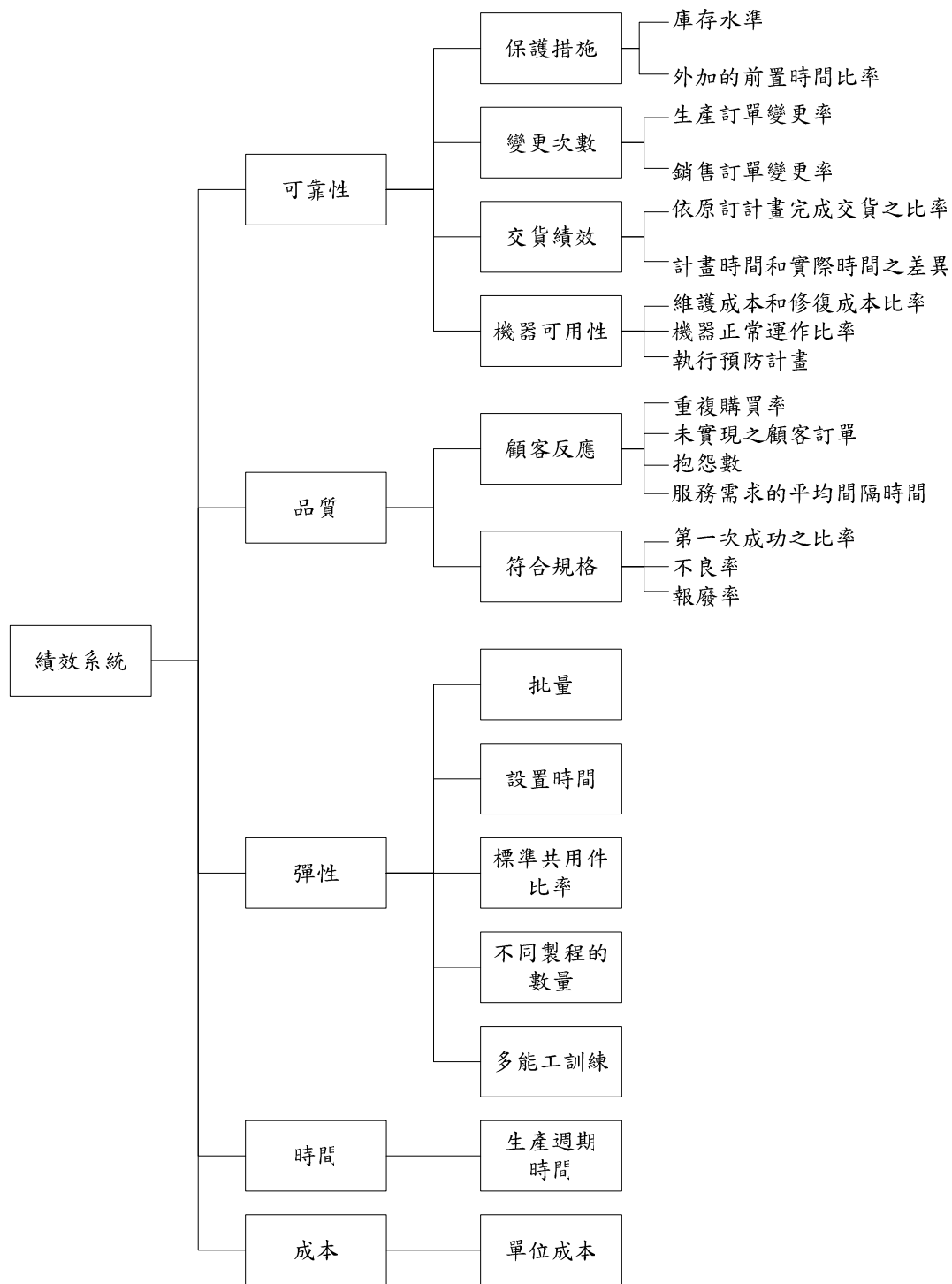


圖 2.21 Yurdakul 之製造績效系統分類圖

簡禎富、蕭禮明與王興仁(2004)以文獻回顧和專家訪談整理出半導體製造管理指標，可參考圖 2.22，該研究依據目標分類原則將績效指標分為策略目標、根本目標和工具目標三類，並利用由上而下的分析層級法和由下而上的合成法建構目標層級，決定晶圓製造廠的產出績效指標，而針對關鍵績效指標做資料挖礦，讓管理者能從資料挖礦的結果中看出關鍵績效指標間的權衡關係，找出合適的生產操作範圍。

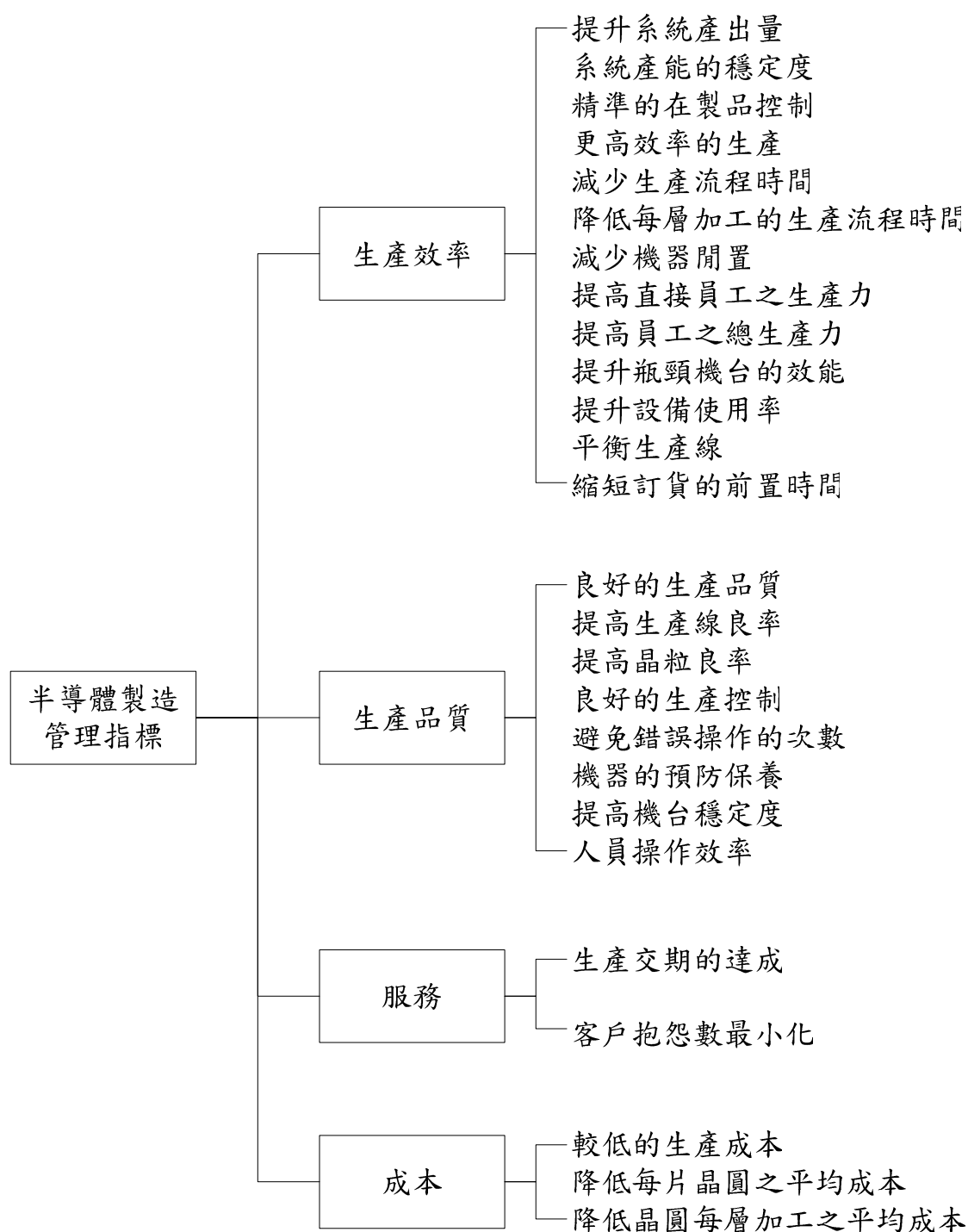


圖 2.22 簡禎富等之半導體製造管理指標分類圖

黃嘉若(2006) 提出以馬氏田口法進行績效指標的篩選來簡化 AHP 的層級架構，化簡後的績效指標採用 AHP 進行分析，其結果和原本績效指標以 AHP、模糊 AHP(Fuzzy AHP)、模糊多屬性分析(Fuzzy MADA)所作出來的衡量結果一致。該研究以半導體晶圓製造廠和筆記型電腦製造廠作為實例驗證，其中以半導體晶圓廠案例所建立之層級架構可參考圖 2.23, 2.24, 2.25。

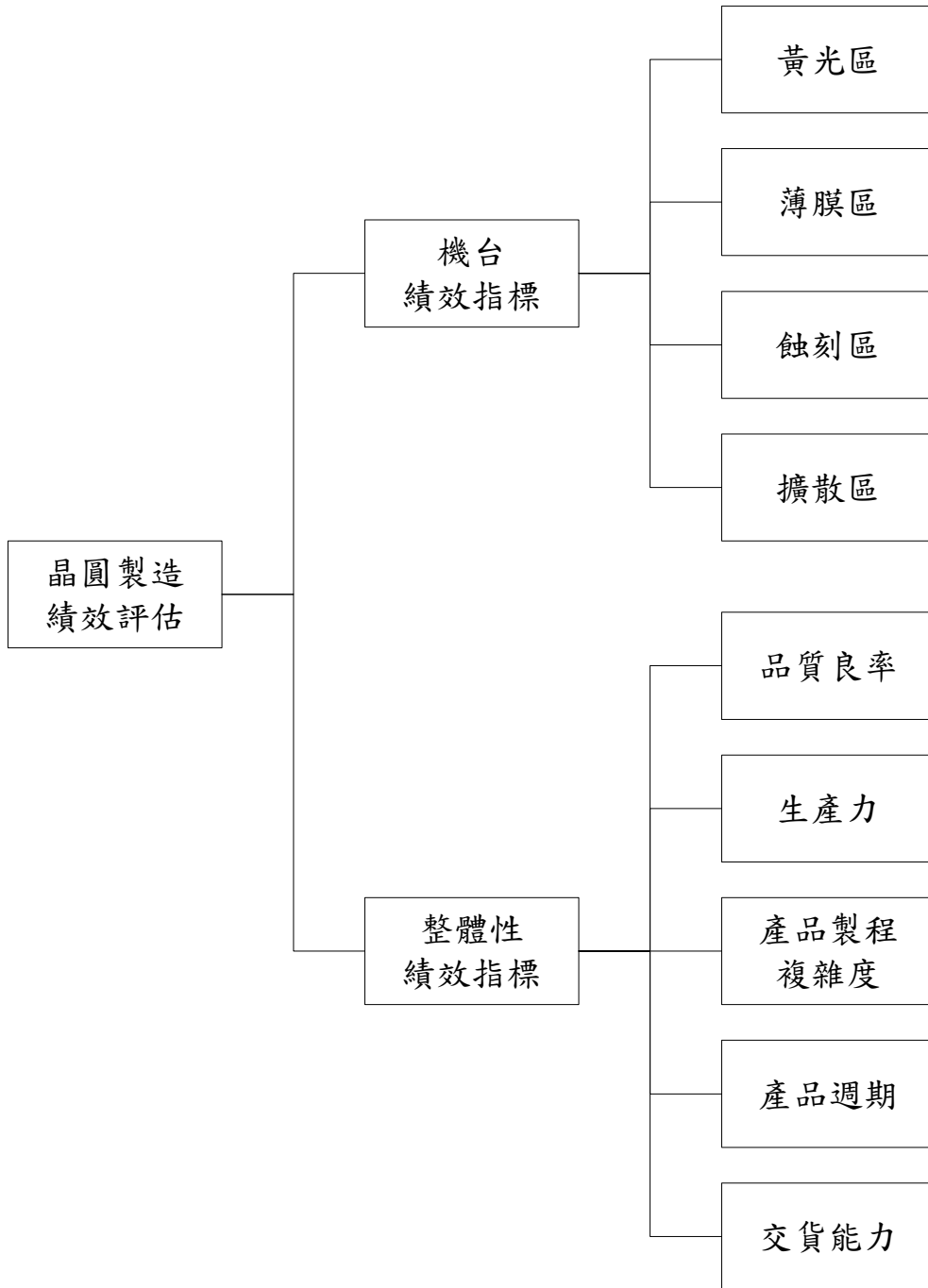


圖 2.23 晶圓製造績效評估架構圖

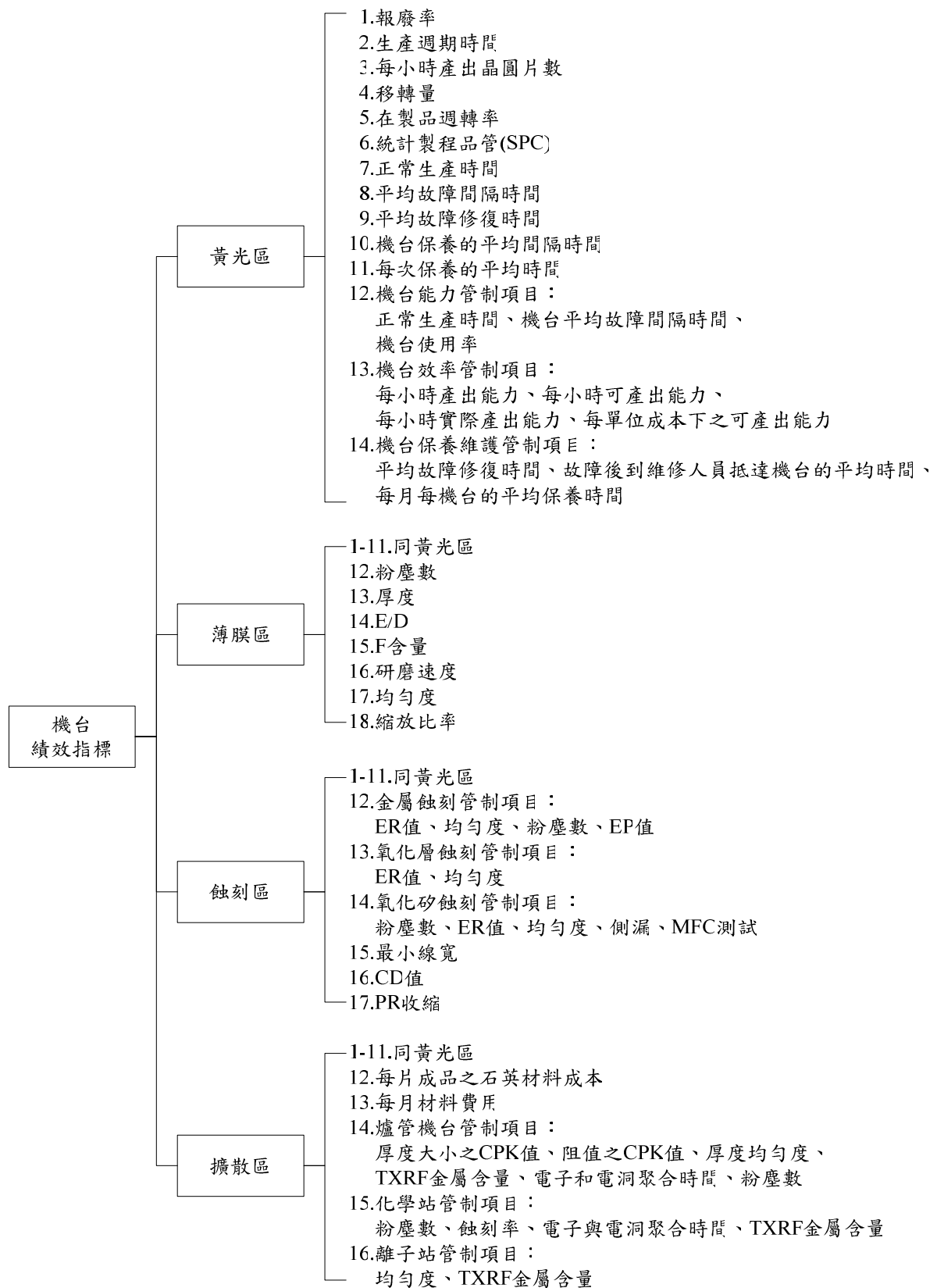


圖 2.24 晶圓製造之機台績效指標架構圖

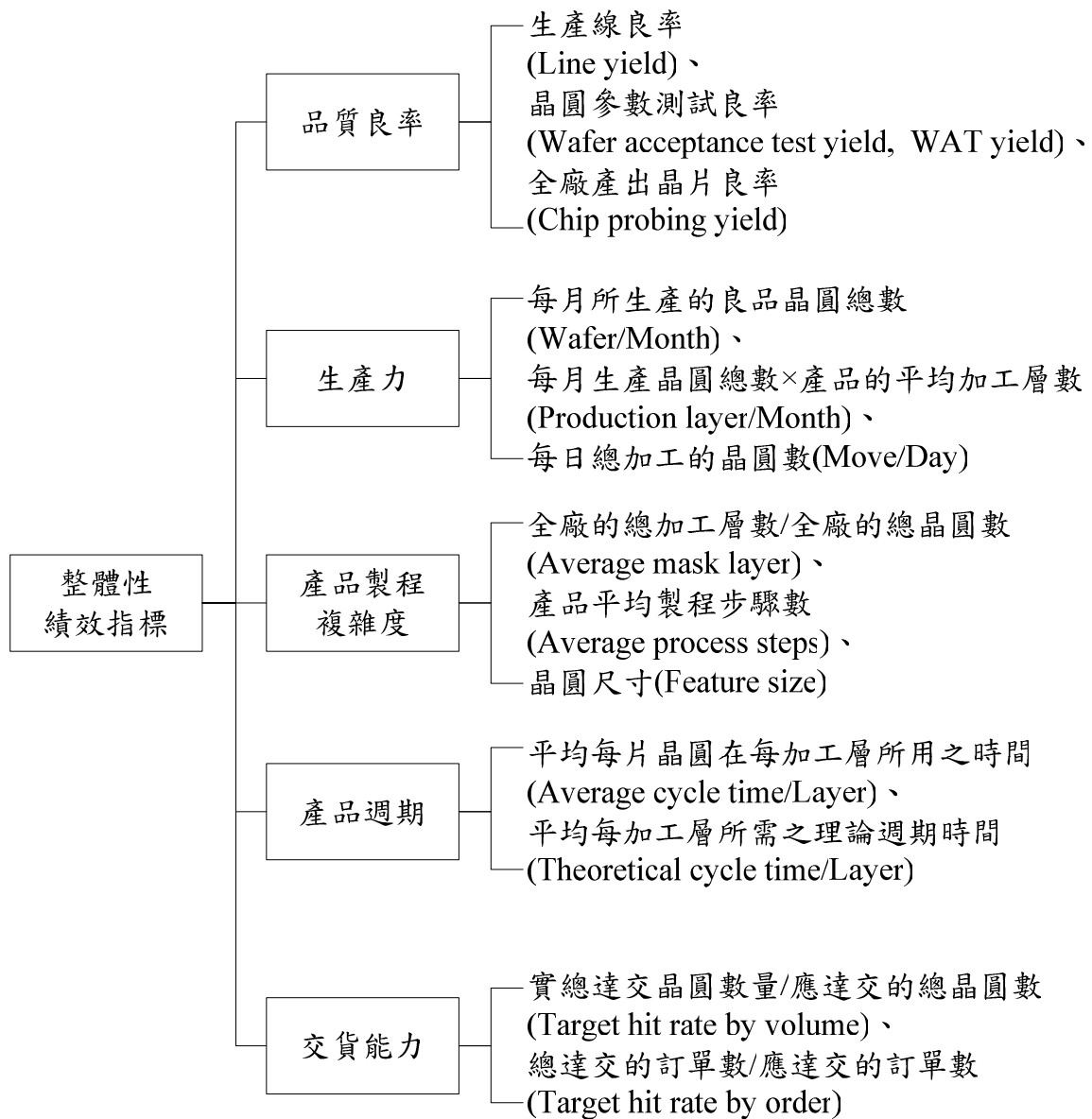


圖 2.25 晶圓製造之整體性績效指標架構圖

楊長林、黃榮華與何錦軒(2008)透過對製造績效衡量指標文獻的回顧、專家問卷搭配層級分析法(analytic hierarchy process, AHP)計算權重的方式來建構一符合製造業之製造績效評估模型，其績效指標可以分為交貨的可靠性、品質、彈性、稼動能力、成本和人員六個主要構面 44 個衡量指標，並以光儲存媒體產業進行其製造績效模型之驗證，製造績效之分類可參見圖 2.26。

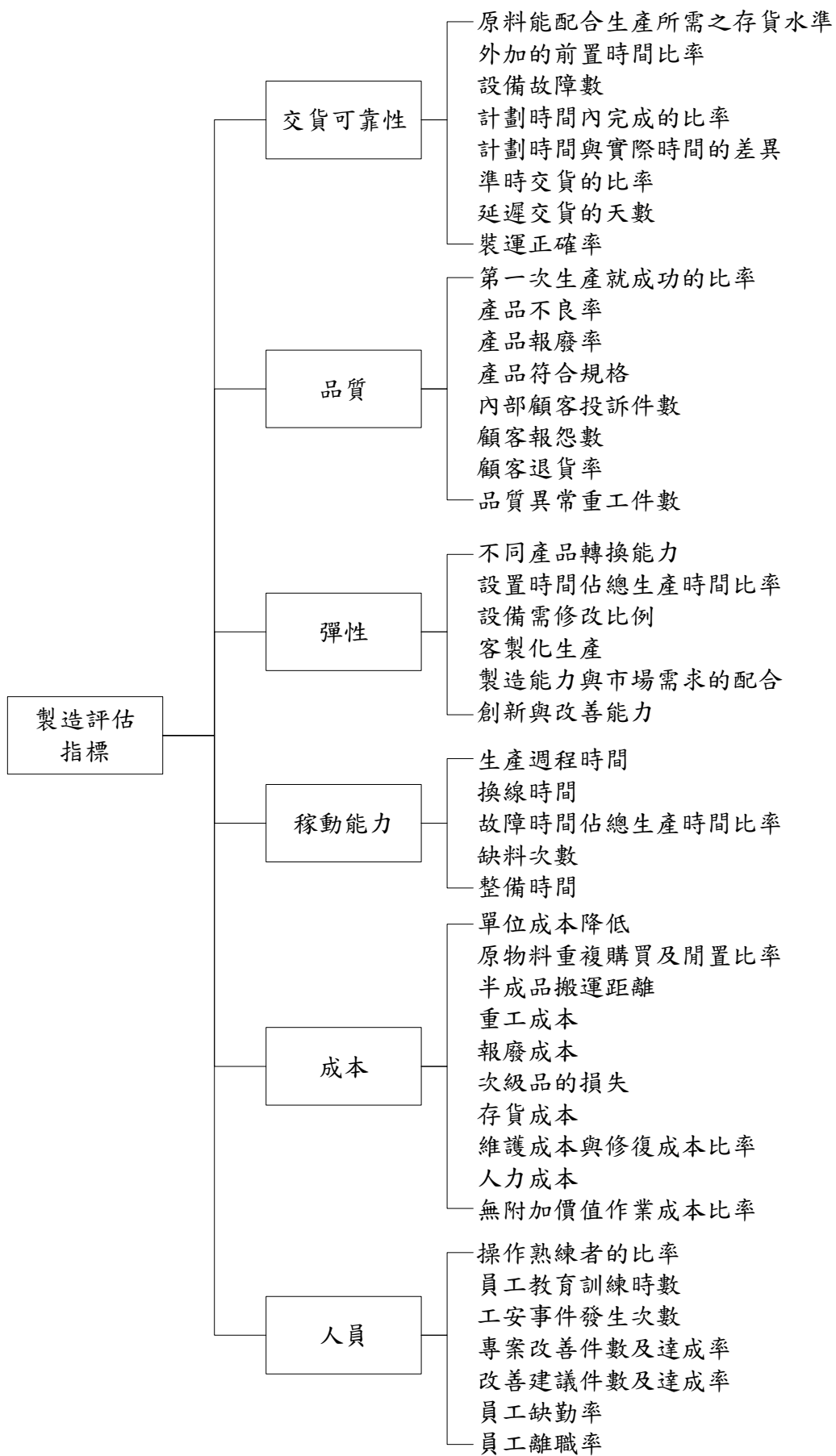


圖 2.26 楊長林等之製造績效分類圖

范珈綸(2009)利用文獻探討建立軟性顯示器的品質績效指標，透過專家問卷及 AHP 分析來獲得績效指標之權重，其品質面之績效指標分類可參考圖 2.27。該研究亦提供系統模擬的方式來模擬建置生產線之情境，作為實際生產線建置之參考。

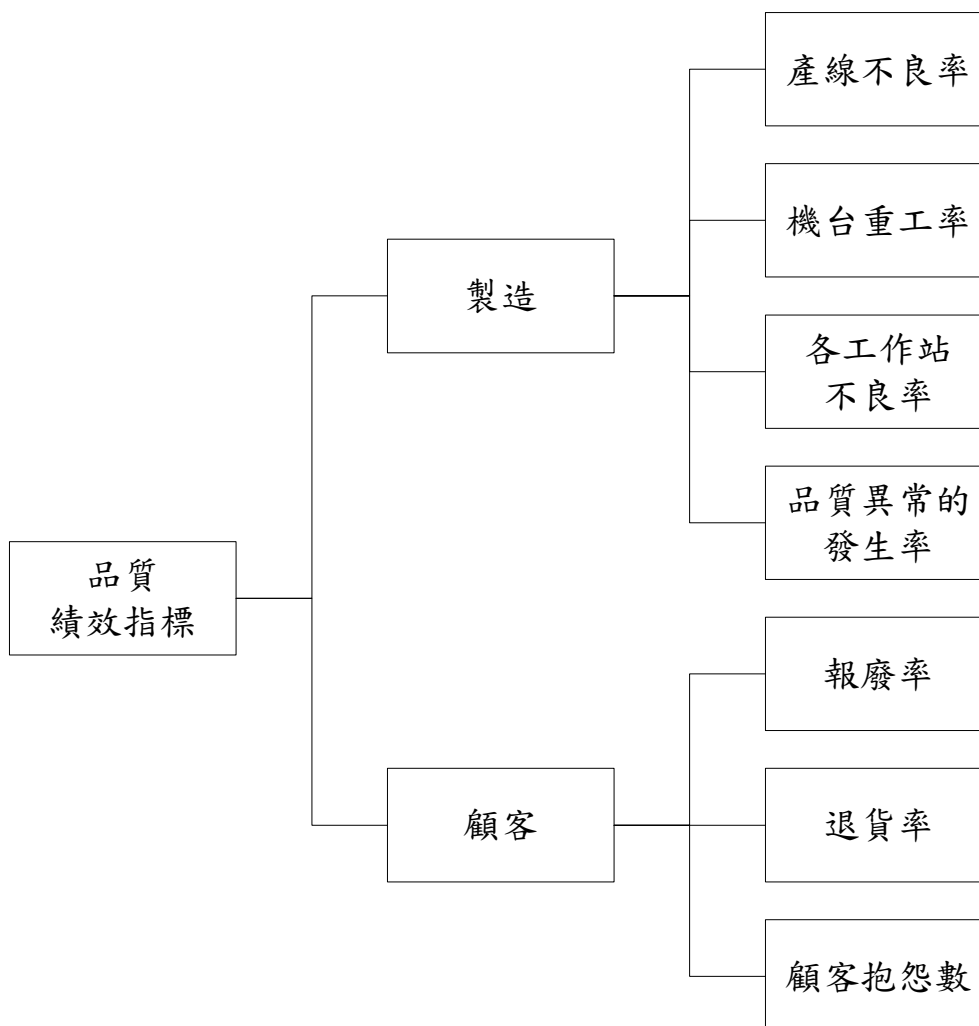


圖 2.27 軟性顯示器之品質績效分類圖

透過以上文獻探討，可以了解到高科技產業中有許多不同的績效衡量辦法，以及績效指標層級建構之方式，表 2.2 為文獻中績效指標建立方式之整理，其中大部分是以文獻探討和問卷的方式取得指標資料，然後再更進一步的篩選出重要指標。

表 2.2 績效指標建構方式彙整表

作者	指標類別	建構方式
Yurdakul (2002)	可靠性、品質、彈性、時間、成本	層級分析法、系統回饋法
簡禎富、蕭禮明與王興仁(2004)	生產效率、生產品質、服務、成本	文獻回顧、專家訪談、層級分析法、合成法
黃嘉若(2006)	機台績效、整體性績效	文獻回顧、專家問卷、馬式田口法
楊長林、黃榮華與何錦軒(2008)	交貨可靠性、品質、彈性、稼動能力、成本、人員	文獻回顧、專家問卷、層級分析法
范珈綸(2009)	製造、顧客	文獻回顧、專家問卷、層級分析法

2.3 品質特性指標

楊長林、黃榮華與何錦軒(2008)在研究中提到品質已經成為全球製造領域上之競爭關鍵，而品質的展現存在於產品和服務之中，所以在產品設計和生產製造的流程之中就必須要融入品質的概念。

Montgomery(2005)將使用者或消費者對於產品品質所描述出的共同要素稱為品質特性(quality characteristics)，品質特性可以分為下列幾種類型：

1. 物理性的(physical)：長度、重量、電壓、黏性等等。
2. 感受性的(sensory)：辨嘗、外觀、顏色等等。
3. 時間取向的(time orientation)：可靠度、持久度、耐用度等等。

鐘清章(1993)將品質特性的種類分為計量特性、計數特性和動態特性三大類：

1. 計量特性(measurable characteristics)：可以用連續尺度測量者。
2. 計數特性(attribute characteristics)：產品用計數數據之方式表現品質優劣者，如不良率、缺點數等。
3. 動態特性(dynamic characteristics)：藉由輸入不同的訊號值而輸出符合需

求的品質特性，如汽車排檔、車削加工時進刀深淺等。

田口玄一博士將不同的品質目標值特性歸納為望小特性(the Smaller-The Better, STB)、望大特性(the Larger-The Better, LTB)和望目特性(the Nominal-The Better, NTB)三類，其說明如下（李輝煌，2005）：

1. 望小特性：數值愈小愈好的品質特性，具有一個規格上限(Upper Specification Limit, USL)，且為非負數值。此類品質特性之目的在於減少目標值的數值，其理想值為零，如環境污染、金屬輻射量、晶片表面缺陷數等等。
2. 望大特性：數值愈大愈好的品質特性，具有一個規格下限(Lower Specification Limit, LSL)，且為非負數值。通常希望此類品質特性之數值愈大愈好，如產品的使用壽命、每單位時間的生產量等等。
3. 望目特性：數值達到目標值最好的品質特性，具有一個理想的目標值，且規格上限和規格下限在此目標值的兩側。若產品的特性值偏離此一目標值，則產品的功能就會受到影響，發生退化，如光線折射率、尺寸特性等等。

本研究欲以平面顯示器之製程與品質特性指標為基礎，進行軟性顯示器之研究，故將平面顯示器品質特性指標相關文獻進行整理，薄膜電晶體液晶顯示器的品質特性指標可參考表 2.3，電漿顯示器的品質特性指標可參考表 2.4，有機電激發光顯示器的品質特性指標可參考表 2.5。

表 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器的品質特性指標

作者	著作名稱	製程內容	品質特性
鄒民欽 (2003)	TFT-LCD 製程 探討-以模組廠 製程的改善為案 例	薄膜沈積	物理（薄膜均勻度、厚度、附著度、應力、階梯附著度） 電性（開與關電流值、電阻值、電子遷移率、臨界電壓）、光學（反射率、穿透率）、 線路表面粗糙度、雜質顆粒、 相鄰電路完整性

表 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器的品質特性指標 (續)

作者	著作名稱	製程內容	品質特性
鄒民欽 (2003)	TFT-LCD 製程探討-以模組廠製程的改善為案例	微影	物理 (光阻均勻度、厚度、附著度、對位精度、線路寬度、層間錐度、影像殘留、靜電破壞)、雜質顆粒
		蝕刻	物理 (蝕刻均勻度、深度、線路寬度、層間錐度、蝕刻殘留、靜電破壞)、雜質顆粒
		光阻劑剝離	光阻殘留、雜質顆粒
		洗淨作業	水痕、雜質顆粒
		配向膜塗佈	膜厚度、均勻度、 表面狀況 (針孔、雜質異物)
		刷磨	方向、溝深、表面狀況 (靜電破壞、針孔、雜質異物)
		間隙子撒佈	撒佈範圍、撒佈均勻度
		貼合組立	X-Y 軸向精度、框膠位置、寬度
		面板切割	切割位置
		液晶注入	充填是否完全、氣泡、雜質異物
		封口	封口填滿情形、膠封口尺寸
		偏光片貼合	氣泡、雜質異物、貼付位置

表 2.3 薄膜電晶體液晶顯示器的品質特性指標 (續)

作者	著作名稱	製程內容	品質特性
Chen, Wang, Chen (2006)	A MAIC approach to TFT-LCD panel quality improvement	TFT 陣列製程	光阻塗佈厚度、 蝕刻寬度
		面板組合製程	PI 膜厚、 間隙子密度

表 2.4 電漿顯示器的品質特性指標

作者	著作名稱	製程內容	品質特性
Park, Choi, Choi, Kim, Lee (2005)	Effects of MgO thin film thickness and deposition rate on the lifetime of ac plasma display panel	前板製程	介電層厚度、 顯示電極寬度、 顯示電極間距
		背板製程	地址電極寬度、 白色反射層厚度、 阻隔壁高度、 阻隔壁間距、 阻隔壁寬度
		封入氣體	氣體壓力

表 2.5 有機電激發光顯示器的品質特性指標

作者	論文名稱	製程內容	品質特性
Zhu, Zhang, Low, Lim, Chua (2001)	Morphological and electrical properties of indium tin oxide films prepared at a low processing temperature for flexible organic light-emitting devices	ITO 膜製程	膜厚、電阻、透光率
Lee (2009)	Simulation of the thin-film thickness distribution for an OLED thermal evaporation process	蒸鍍法成膜	厚度、均勻度
Templier, Aventurier, Demars, Botrel, Martin (2007)	Fabrication of high performance low temperature poly-silicon backplanes on metal foil for flexible active-matrix organic light emission diode displays	絕緣層	膜厚

第三章 研究方法與研究設計

本研究以顯示器的製造流程和品質特性指標為主軸，並以工研院做為訪談對象，訪談內容採用紮根理論(grounded theory)分析歸納軟性顯示器之品質特性指標。第一節為個案研究法之介紹，包含個案研究簡介和個案設計的類型；第二節為資料收集方法之介紹；第三節是說明本研究資料分析的方法，包含紮根理論的基本概念、應用領域和資料分析方式。

3.1 個案研究法

Yin(1994)認為個案研究是一種實證性的研究方法，能夠以多種證據來佐證真實世界中存在的現象。研究者所需的相關資料部分是以客觀的角度所取得，而非全部來自於研究者主觀判斷之研究。適合採用個案研究作為研究策略的議題如下：

1. 組織與管理方面的研究。
2. 公共行政、政策和政治學方面的研究。
3. 都市和區域規劃的研究。
4. 社會科學領域的學術或專業研究。

另外，在面臨下列情形時，也適合使用個案研究法：

1. 當研究問題的類型是「如何」以及「為何」之時。
2. 研究者對於欲研究之事件只有少數的控制能力，甚至是無控制能力之時。
3. 研究的焦點集中在現在，而不是過去的事件或現象。

Yin(1994)將個案設計類型分為四種，請參考表3.1，下列為4種類型之說明：

類型1：研究對象只有一個，且以此對象之整體單位或其中一個單位進行研究。

類型2：研究對象只有一個，且以此對象內的多個單位進行研究。

類型3：研究對象為兩個以上，且以每個研究對象當作整體單位或採用其中一個子單位進行分析。

類型4：研究對象為兩個以上者，且對每個對象內的多個單位進行研究分析。

表 3.1 個案研究設計的類型

	單一個案設計	多重個案設計
單一分析單位	類型 1	類型 3
多重分析單位	類型 2	類型 4

(資料來源：Yin,1994)

研究者會採用單一個案設計的主要因素有三個 (尚榮安譯, 2001):

1. 對於一個滿足理論條件的關鍵性個案，進行理論的驗證、挑戰或擴充。也就是說，單一個案可以用來決定一個理論之命題是否正確，或者驗證是否有其他解釋是更貼近事實的。
2. 選擇之個案為一種極端、特殊之個案。極端、特殊的案例非常少見，甚至前人都沒有留下紀錄，遇到這種情形時，以單一個案研究設計非常適當。
3. 當研究者能觀察並接觸到一個先前科學家無法探究的情形，作為揭露用途時。

而多重個案設計是當相同的研究包含數個單一個案時所使用的研究設計，多重個案研究是複現的邏輯，不是抽樣邏輯，所以每個個案都需要謹慎選擇，其目的在於預測類似的結果 (原樣複現)，或者預測會產生出不同的結果 (理論複現)。不論是採取單一個案設計或者是多重個案設計，皆要面臨分析單位的抉擇，即使是在同樣一個個案之中，也可能包含了數個子單位，因為如此，分析單位就要依照研究者的需求，以整體性為單一分析單位，或者連同其子單位都要列入考量的多重分析單位。

本研究為單一個案設計，由於工研院投入顯示器技術研究已經有20年以上的歷史，更於2006年成立影像顯示科技中心，擁有豐富的研發資源，近期發展重點放在新世代軟性顯示技術之開發，包含軟性電晶體陣列技術、軟性顯示系統技術和軟性液晶顯示器連續式製程技術等等，因此以工研院作為個案研究對象是非常合適的。

3.2 資料收集方法

個案研究法可以讓研究者從數個不同的觀點來詮釋不同來源的資料個

案研究會針對特定群體或小群體進行資訊收集與呈現，而這些資訊通常包含研究的主題。個案研究中最常見的六種證據來源為文獻、檔案記錄、訪談、直接觀察、參與觀察和實物證據。

1. 文獻

此種以文件呈現的證據有很多種形式，包含信件、備忘錄、公報、會議記錄、內部管理文件、研究評價報告和新聞剪報等等。文獻在個案研究中，能夠證實以其他方式所取得的資料，具體而言，文獻可以驗證訪談中所提到的名詞和組織的正確性，也可以提供較詳細的資訊與其他資料做比對，出現矛盾或者推論錯誤時，更能作為下一步研究的線索。然而，文獻證據並非百分之百正確，研究者要能準確地選擇正確的文獻。

2. 檔案記錄

檔案記錄泛指電腦的檔案和記錄，探索的記錄可以是服務的記錄、組織的記錄、圖表、地圖、資料清單、調查的資料和個人記錄等等。在個案研究中，檔案記錄所提供的資訊可以結合其他資料來使用，而研究者必須有能力辨別出被扭曲的資料，維持研究的正確性。

3. 訪談

訪談是個案研究中的一個重要的資訊來源。訪談可以依照訪談者對於訪談結構的控制程度分為結構化（封閉式）訪談、非結構化（開放式）訪談和半結構化（半開放式）訪談（陳向明，2009）。

(1) 結構化訪談(structured interview)

結構化訪談經常採用類似問卷的方式，具有詳細的訪談指引，訪談的問題會依循一定的脈絡進行，當有效且具有可靠性的資料已經存在的時候，最適合用結構式訪談來進行訪談計畫。

(2) 非結構化訪談(unstructured interview)

非結構化訪談則沒有指定討論主題的問項或者順序，訪談內容為訪談者所篩選出和主題有關的重要問題，每位受測者的訪談內容都不盡相同。通常由受測者先開始敘述，談話內容為訪談者進行觀察的一部分，特別是對關鍵人物的訪談，也就是對該領域的專家訪談來獲取充分的資訊，訪談者可視情況進行一個或多個主題的探討。其訪談之目的是要瞭解受訪者自己所認為的重要問題、受訪者看待問題的角度以及他們在意

義上的解釋。

(3) 半結構化訪談(semistructured interview)

半結構化訪談較結構化訪談具有彈性，通常訪談者會事先準備訪談提綱，根據研究設計來對受訪者提出問題，但訪談者可根據實際情形，將訪談程序和內容進行調整。

4. 直接觀察

研究者親自到現場進行調查，在實地訪查期間，還可以同時蒐集到其他資料，這種觀察的證據可以為研究者帶來附加的資訊。例如：要對一個新技術做個案研究，觀察這項技術的製程與應用有助於理解實際情況並發現潛在的問題。

5. 參與觀察

使用參與觀察時，研究者扮演著個案研究情境中的一名角色，可實際參與被研究的事件，比如說成為組織中的工作人員。參與觀察的優點是研究者可以深入某些細節，而這些細節是其他方法無法得到的；而它的缺點是研究者可能因為參與其中而產生偏見，這種方法也會耗用研究者大量的時間。所以在使用參與觀察的時候，研究者必須進行全面的考量來平衡其優缺點。

6. 實物證據

實物證據的來源通常是人為製造的東西，可以是工具、儀器等等，為實地訪查時所收集和觀察的資料之一。

本研究的收集資料方法為文件、訪談和直接觀察三種，包含工研院所提供的內部管理文件、非結構化和半結構化訪談，以及實地訪查。

3.3 資料分析方法

在文獻探討中可知，過去在製造管理的指標大部份是透過文獻探討和層級分析法來進行分析，而周碩銘(2007)利用紮根理論的開放編碼、主軸編碼和選擇編碼，從訪談內容歸納出台灣中部地區憲兵隊志願役幹部的主要壓力來源；Calman(2006)利用紮根理論從訪談內容分析出病人對於護士的能力之意見。因此本研究採用紮根理論的編碼方式對訪談內容進行分析是可行的。

自 1967 年 Glaser 與 Strauss 提出紮根理論到現在，除了運用在社會科學研究上，也擴展到其他的領域，如管理學、教育、社會工作、護理、人類學、心理學等等(Strauss & Corbin, 1990)。紮根理論提供了這樣一套明確和系統化的方法，讓各領域的學者用來分析研究中所獲取之資料，可將資料概念化而建構出紮根於現實世界的理論框架。以歸納的方法對資料進行分析，由下而上的將資料持續進行濃縮，並以經驗事實作為依據，逐步歸納出結果，不是研究者自己事先設定假設，然後才進行的推理演繹（陳向明，2009）。紮根理論具有從繁雜的資料中去蕪存菁的能力，可以分辨出何者重要，何者不重要。

紮根理論的主要分析方式是比較，在資料與資料之間、理論和理論之間不斷進行比較，將資料與理論之間的關係歸納出其屬性和類別（陳向明，2009）。紮根理論的方法具有下列四個步驟(Glaser & Strauss, 1967)：

1. 對資料進行比較並產生類別。研究者先對資料進行編碼(coding)並產生概念類別，然後將已編碼之資料在相同和不同的類別中進行比較，歸納於適當的概念類別之下，並發展出每一個概念類別的屬性。
2. 整合類別與其屬性。將概念類別與它們的屬性進行整合，同時對這些概念類別進行比較，考慮它們之間存在的關係，並將這些關係聯繫起來。
3. 界定出理論的範圍。在研究者對資料進行編碼、比較並歸納至概念類別時，一個基本的解釋架構或者初步的理論框架會逐漸形成，此時可返回到原始資料進行反覆的驗證，進一步確認概念類別和概念類別之間的關係，當研究者發現其建立之類別可以解釋大部分甚至是所有的原始資料時，那麼這個概念類別就可以視為是有效且合理的。
4. 撰寫出理論。將研究者所掌握的資料、概念類別與其屬性、概念類別之間的關係摘要地描述出來，並將最後產生的理論作為對研究問題的解答。

紮根理論的基本分析方法為編碼，主要是由開放編碼、主軸編碼和選擇編碼共三個程序所構成的(Strauss & Corbin, 1990)，編碼技術之整理可參考表 3.2，以下為編碼技術過程之說明：

1. 開放編碼(open coding)

開放編碼可以把資料分解成個別獨立的事件、想法和行動，然後再將

資料予以命名並衍生出概念類別，依照類別的屬性(properties)和面向(dimensions)來發展次類別，也就是建立概念、類別並將資料分類的分析過程。藉由對資料進行逐字逐句的分析，從中產生許多的概念，這就是將資料概念化(conceptualizing)的過程。而將相關的概念群組起來並研究其屬性，進一步發展出更高層次且更抽象的類別，也就是使概念類別化(categorizing)的過程。依據類別的屬性與面向再做發展，並將之進一步分化拆解為次類別(subcategories)，以解釋可能存在於某一類別中的何時、何地及為何等問題。其中，「屬性」是一個類別的一般性或特定性特徵，「面向」則代表在屬性在一個連續範圍內的落點。透過對於屬性與面向的描述，研究者可以將某一類別與其他類別區隔開來，並賦予其精確的意義。

2. 主軸編碼(axial coding)

主軸編碼之目的是將開放編碼時分割的資料再次類聚起來，並找出類別和次類別之間的關係，以表現出資料中各部份的關聯性。研究者進行主軸編碼時，一次針對一個類別進行深度研究，以正在研究的類別做為主軸，對類別的特性和面相不斷地分析，類別之間的關係也就愈來愈清楚地呈現出來，然而研究者在處理實際的資料時，事件之間的關係並非那麼容易顯現出來，這時候研究者可以使用所謂的典範(paradigm)來協助其檢視資料，典範包含了條件(condition)、行動/互動(actions/interactions)和結果(consequences)三個要素，藉由典範進行分析時，研究者會特別探討被研究現象產生的條件或情境、經過哪些人或者團體的行為，而發生哪些結果，也就是將開放編碼後的類別分為三個部份來進行類別及其次類別之關係的連結。實際上，開放編碼和主軸編碼這兩個程序常常是交錯著進行的。

3. 選擇編碼(selective coding)

選擇編碼就是將主要的類別進行統整(integrating)和精煉(refining)，產出一個較完整的理論架構的過程。先從已發現的類別中選出能涵蓋大部分類別並且足以說明整個研究內涵的核心類別，而這個核心類別能透過條件、行動/互動和結果和其他類別產生連結，形成一個具有解釋性的理論架構。接下來，研究者可以針對其理論架構進行檢視，判斷是否具有內部一致性(internal consistency)和邏輯性，然後將尚未充分發展的類別補足，並剔除涵蓋過多資料的類別，最後再將所解釋性的理論架構和原始資料進行比對驗證。

表 3.2 編碼重點整理表

編碼程序	編碼重點
開放編碼	將資料概念化，發現並發展出類別與其屬性
主軸編碼	找出類別與次類別的關聯
選擇編碼	統整與精煉出核心類別，並發展出理論架構

第四章 資料分析及研究發現

本章分為五個小節：第一節是軟性顯示器的技術與製造方法；第二節是針對個案研究對象作簡單的介紹；第三節是透過從文獻探討以及工研院實地訪查後，彙整出工研院的電子紙製造流程；第四節是以紮根理論的編碼方式對訪談內容進行分析，並將結果呈現出來；第五節是將文獻探討中得到的平面顯示器之品質特性指標跟第三節中歸納出的軟性顯示器的品質特性指標進行比較之結果。

4.1 軟性顯示器

軟性顯示器(Flexible display)又稱為可撓式顯示器，屬於軟性電子(Flexible Electronics)的一種應用，是將微電子元件製作在軟性可撓式塑膠或金屬基板上所形成之可變形、可彎曲的顯示裝置。有部份的軟性顯示器技術是從現有的平面顯示器技術進行改良，而另一部份則是因為其技術符合現代顯示器的需求而被研發。

軟性顯示器依據需使用背光源與否，可分為非自發光型(non-emissive)顯示器和自發光型(emissive)顯示器兩大類，和前面平面顯示器分類方式一樣。非自發光型顯示器又可因有機層材料的使用，分為採用小分子材料的 OLED 和使用高分子材料的 PLED；自發光型顯示器又分為使用液晶材料與非液晶材料兩大類。軟性顯示器的分類可參考圖 4.1。下面依序介紹液晶型、非液晶型和自發光型軟性顯示器。

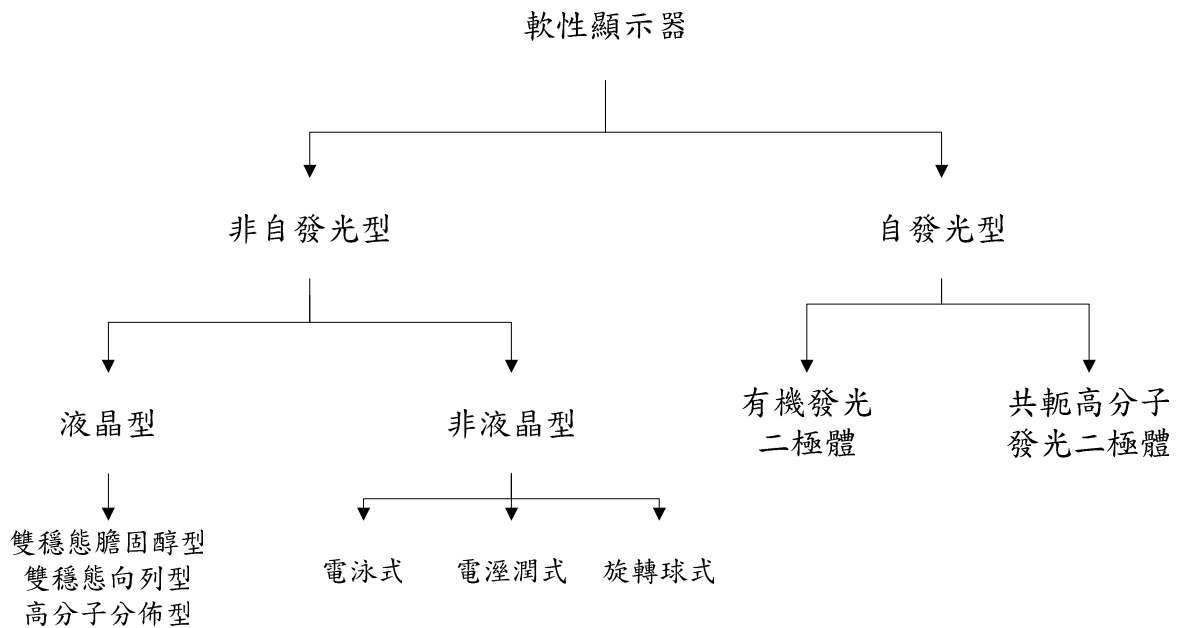


圖 4.1 軟性顯示器分類圖

1. 液晶型軟性顯示器

常見的液晶型軟性顯示器，有雙穩態膽固醇型(Bi-stable Cholesteric)、雙穩態向列型(Bi-stable Nematic)及高分子分佈型(Polymer Dispersed LC, PDLC)這三種類型。

(1) 雙穩態膽固醇型(Bi-stable Cholesteric)

膽固醇型液晶具有雙穩態效應可以以控制其透光與否，和目前 LCD 技術相較之下，有低耗能與廣可視角度等優勢，搭配單層彩色化技術和卷對卷(Roll to Roll, R2R)製程技術的概念，擁有低生產成本與快速生產之優點，未來有機會打破傳統採用玻璃基板所面臨的尺寸限制，其產品可應用於賀卡、桌曆或識別證等。

(2) 雙穩態向列型(Bi-stable Nematic)

雙穩態向列型液晶為目前 LCD 技術的改良版本，可利用向列型液晶記憶雙穩態效應來控制透光與否，和膽固醇液晶類似，比目前 LCD 擁有更高的對比與可視角度優勢。

(3) 高分子分佈型(Polymer Dispersed LC, PDLC)

高分子分佈型液晶為高分子材料和液晶之結合應用，將液晶顆粒(droplets)散佈在高分子材料中形成陣列，藉由施加電場強度來改變液晶

分子排列方向以控制透光量。

2. 非液晶型軟性顯示器

(1) 電泳顯示器(Electrophoretic Display)

電泳顯示器是以電壓控制帶電性的有色分散粒子，使其在分散介質中移動來達到顯示的效果，以電子書和電子紙做為發展目標，有 E-Ink、Plastic Logic、Sipix、Seiko Epson、Philips 及 Xerox 等企業都致力於電泳顯示器之發展，其中較為人知的技術有微杯式(Microcup Display)和微膠囊式(Micro-encapsulated)兩種。

a. 微杯式電泳顯示器

微杯式電泳顯示技術是由 SiPix 發展出來，其技術強調在連續製程中能夠完成微杯化製作及電泳材料之塗佈與封裝，並且可以使用多種顏色的微小粒子達到彩色化顯示，這種顯示技術也是以雙穩態顯示模式與低功耗量之為主要發展目標。

b. 微膠囊式(Micro-encapsulated)

微膠囊式技術為 E-Ink 所發展，將帶有正電和負電的白色顆粒與黑色顆粒密封於微膠囊內，藉由改變電場使微膠囊中帶正、負電的黑白顆粒顯示出黑或白的效果，其結構可參考圖 4.2。微膠囊式顯示器具有畫面記憶效果，只有切換畫面時才需耗電，電源關閉後顯示器仍能保持最後的畫面，因此耗電量相當低。

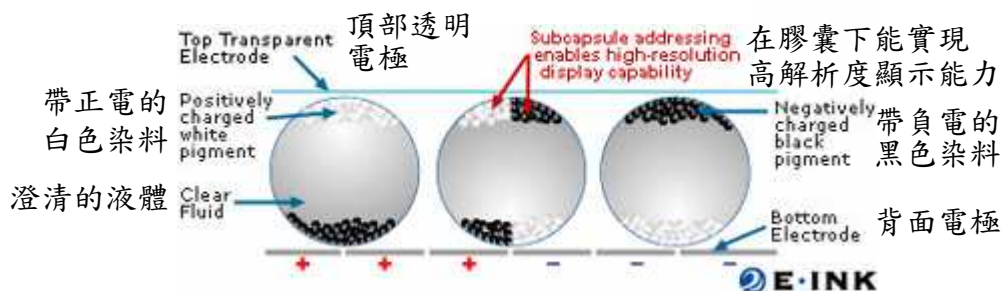


圖 4.2 微膠囊式顯示結構圖

(資料來源：E-Ink, 2010)

(2) 電濕潤顯示器(Electrowetting Display, EWD)

電濕潤顯示器技術為工研院投入研發的新興技術之一，其技術是利用油墨與水所具有不同表面張力特性作為顯示介質驅動原理，不需要透過偏光板、液晶、彩色濾光片就有彩色顯示的效果。其顏色切換的反應很快，因此適合用來播放動態影像，再加上 EWD 面板能結合現有用於玻璃基板的製程技術和工研院自主開發之數位噴墨技術，將墨水準確的塗至各像素內，亦具有大面積製造潛力。材料部分也可以使用現有的彩色油墨染料，其低生產成本和簡單的結構可以促使國內廠商在短時間內快速進入量產。

(3) 旋轉球式顯示器(Gyricon Display)

旋轉球顯示器是由 Xerox 開發，由子公司 Gyricon 進行量產。其技術是將帶有一半黑色和一半白色並具有相反電性的球封裝在兩片基板之間，以改變電場的方式控制黑色或者白色球面朝向指定方向來達到顯示的目的，而此種技術之缺點在於粒子的轉動速度很慢。

3. 自發光型軟性顯示器

(1) 軟性有機發光二極體

有機發光二極體(OLED)技術已經有被使用在平面顯示器，其製造方法是利用熱蒸鍍法或旋轉塗佈法將有機材料製作於軟性塑膠基板上。OLED 具有自發光特性而不需要背光源，而且其擁有省電和高解析度的優勢，所以被認為是高階產品的終極顯示技術。但是有機發光材料對水氣與氧氣非常地敏感，若要運用於軟性顯示器，則需於塑膠基板上鍍上一層保護層(barrier layer)，這個保護層必須能夠與基板材料結合，且在基板彎曲或受衝擊時，其隔離功效不受影響。早期只有 Vitex、UDC 等少數幾家公司與 Lehigh 大學具有此種保護層的量產能力，尤其是 Vitex 所使用的多層有機無機複合層在阻擋水和氧氣具有良好的效果，而到了 2006 年的 SID 上，Kodak、Toshiba-Matsushita DisplayTechnology、L.G. Phillips LCD、eMagin、Dupont Displays、Universal Display Corp 以及 PARC 等多家公司，都分別展出了相關的製程技術與產品。

(2) 軟性共軛高分子發光二極體

原理和 OLED 類似，但 PLED 所用的是共軛高分子材料，無法以熱

蒸鍍法製造，而需使用旋轉塗佈法來製造有機層。

4.2 個案介紹

工業技術研究院（工研院）成立於西元 1973 年，由當時的經濟部長孫運璿將分散在台灣各處的聯合工業研究所、聯合礦業研究所與金屬工業研究所合併，成立「工業技術研究院」，並改制為財團法人研究機構，不再隸屬於政府單位，為國內最大之技術研發機構，帶動台灣技術和產業的蓬勃發展。工研院的任務為應用科技的研究工作，發展前瞻技術，提供產業界技術支援、技術轉移和技術諮詢等服務，並延攬海外優秀人才回到台灣協助技術研發。從 1973 年至今，工研院的規模從一開始的三個所不斷擴增和改組為電子與光電研究所、資訊與通訊研究所、機械與系統研究所、材料與化工研究所、能源與環境研究所和生技與醫藥研究所六個基盤研究所，以及影像顯示科技中心、太陽光電中心、雲端運算行動應用科技中心等五個焦點中心。工研院在過去三十餘年來，從國外技術引進、人才的培育、資訊提供、衍生設立公司、育成中心、技術服務和技術移轉等過程，對台灣的產業發展具有舉足輕重的地位。

工研院對於顯示器的投入，可以追溯到 1987 年在其電子所開始執行的平面顯示器技術開發計畫，1997 年國內 TFT LCD 產業之廠商陸續成立，國內平面顯示器相關產業蓬勃發展。2002 年政府推動「兩兆雙星」計畫後，在產官學研各界的共同努力之下，台灣影像顯示產業創造出比半導體產業更令人吃驚的產值表現。因此，工研院 2006 年於正式成立影像顯示科技中心(Display Technology Center, DTC)，負責整合工研院內各影像顯示計畫之相關資源，更將發展重點放在新世代軟性顯示技術之開發，包含軟性電晶體陣列技術、軟性顯示系統技術和軟性液晶顯示器連續式製程技術等等。

由於世界各國對於下一世代的顯示器技術無不積極地投入研究，在追求大面積、輕薄、可捲曲、省電、環保的情況下，電子紙技術之運用首先被發掘出來，電子紙不用像 LCD 一樣使用背光源，它可以透過光線的反射將影像顯示出來，電子紙所使用的膽固醇液晶具有雙穩態的特性，只有在畫面更新時才會消耗電力，所以在切斷電源時，畫面仍會停留在最後顯示的狀態，由於其可捲曲的特性，讓生產製造的方式也跟著改變，電子紙卷對卷(roll to roll, R2R)生產方式的發展便成了重要的課題，其製作材料是以

是塑膠為基板，製程包括雷射製作電極圖案化、塗佈膽固醇液晶與吸收層、以網印方式印上銀電極，電子紙的結構相當簡單，但其製作的基板有別於過去平面顯示器所使用的玻璃基板，所以面臨到的製程技術和機台開發的問題會有很大的不同。

工研院顯示中心的技術部門先將顧客的聲音、計畫目標、製程的規格、研發部門的需求等資料進行彙總，然後才擬定生產線的跨部門開發計畫，計畫內容包含各機台的建置、各機台的製程能力提升和管理系統的建立三大項。工研院先把雷射蝕刻機台和網印機台進行單站製程能力的提昇，再進一步引進液晶塗佈機台，使得電子紙的實驗室生產線更加健全，完成整條電子紙的 R2R 實驗室生產線。在硬體設備就緒後，接著開始著手建立管理系統，管理系統的內容包含製程資訊系統的建立、製程標準化、生產管理、標準化量測方法等等。在實驗室生產線開發的過程，每兩週召開一次跨部門單位的檢討會議，包含工作進度追蹤、遭遇到的問題與其改善方式等等。而單站製程則是每週召開一次檢討會，隨時掌握最新情況，各站間若有需要對方協助時，則由製程整合人員進行協商。至於建立管理系統人員則不定期召開檢討會議，並將其規劃與事項提供給各站製程人員瞭解。

電子紙實驗室生產線的建立必須滿足顧客的需求，而顧客的需求包含單站的製造流程、單站的品質特性、設備能力的提升和管理系統的建立等。要對製造流程進行管控，必須先定義出流程、製程參數和品質特性，以網印方式製作之銀電極品質為例，作為驅動的上電極材料，會對驅動的結果和面板品質有顯著影響，因此必須建立一套標準的量測程序對膜厚、線寬、電阻特性進行量測。

4.3 工研院軟性顯示器製造流程

工研院電子紙 R2R 製程技術，為反射型電子紙軟性顯示器，使用膽固醇液晶作為顯示介質，其面板構造簡單，故具有 R2R 連續式製造之潛力，其製造流程圖可參考圖 4.3。

向外面廠商購買已塗佈 ITO 之 PET 軟性塑膠基板，在進入製程前先將 ITO 基板做品質檢驗，然後進入 R2R 連續式製程，R2R 製程中包含三道製程加工，分別是雷射蝕刻、塗佈和網印，使用雷射蝕刻的方式在 ITO 層製作下電極圖案，然後在進行液晶層和反射層的塗佈製程，最後是在塗佈的

膜層上製作銀電極，採用網印的方式進行上電極圖案化，完成 R2R 製程後進行裁切，可獲得目標大小之面板，然後進行驅動元件的組裝，實際驅動面板來進行面板品質檢驗，通過檢驗即完成電子紙面板之製程。

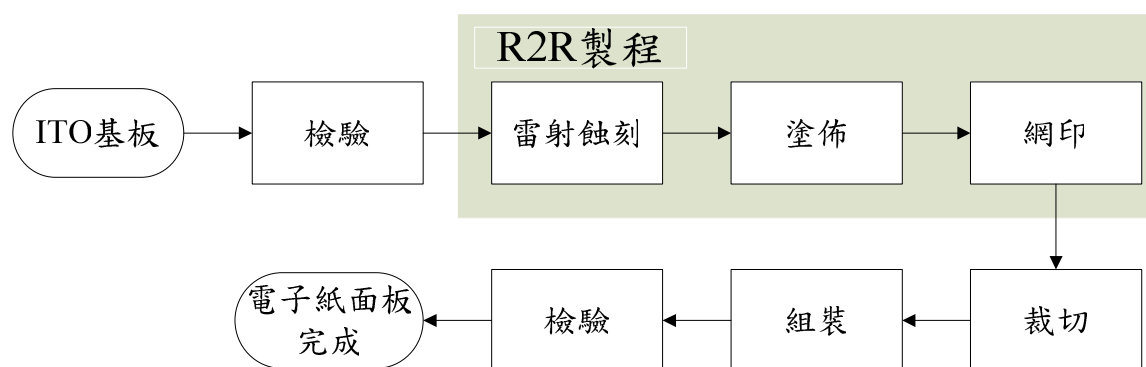


圖 4.3 工研院電子紙製造流程圖

4.4 資料分析與結果

資料來源為工研院實地訪查時所進行的非結構化和半結構化訪談，藉由開放編碼的程序對逐字稿資料進行逐字逐句的分析，將資料分解成個別獨立的事件、想法和行動，然後歸納出概念，表 4.1 為訪談的逐字稿和開放編碼之實例。

表 4.1 開放編碼實例

逐字稿	開放編碼
<p>.....工研院在台灣顯示器產業一直是先驅者的角色，我們從一些新聞瞭解到目前顯示器是朝向具有輕薄、可捲曲、大面積、省電環保的軟性顯示器來發展，.....軟性顯示器有很多種技術.....，電子紙不像液晶顯示器那樣需要背光源，它是透過光線反射來讓我們看到顯示的影像，而且電子紙在斷電後還能保留最後顯示的畫面，要更新的時候才會消耗電力，具有雙穩態特性.....，由於國內還沒有出現把顯示器用 roll-to-roll 這種連續製造的方式，所以我們這邊就有一個跨所的大型整合計畫來進行開發.....。基本上電子紙的 roll-to-roll</p>	<p>電子紙技術</p> <p>低耗電</p> <p>雙穩態特性</p>

表 4.1 開放編碼實例 (續)

逐字稿	開放編碼
<p>製程開發計畫開發計畫的包含實驗室生產線的硬體和後勤管力系統的建立.....。聆聽顧客的聲音，.....有些機台原本是用 sheet-to-sheet 的方式製造，所以需要改造機台.....，機台製造能力的提昇也是我們的計畫重點之一.....。顧客聲音這部份是指我們工研院內部開發的需求，包含製造流程的確立、整個計畫的目標，還有製程規格.....等等。那我們在擬定這個計畫之前，需要收集技術文獻來瞭解最新的研究進展，再由各所提出他們的需求.....。電子紙的結構非常簡單.....，主要的製造流程可以分為三個部份，第一個部份是將 ITO 基板做雷射蝕刻，來產生下電極圖案.....，第二個部份是把顯示介質以塗佈的方式製作在完成雷射蝕刻的軟性基板上.....，最後再將上電極圖案以網印的方式製作上電極圖案.....。關於品質的部份，我們有用田口方法.....，根據 R2R 製程的實際情形，來制定 QFD.....。品質指標的部份會因為製程不同而有所不同，比如說用雷射蝕刻的方式在製作電路圖樣，除了它精確的製造能力以外，它還有製造成本低的優勢.....。液晶塗佈的品質的話，它會受到使用原料和使用技術而影響.....。我們前面有說到銀電極的製作是採用網印的方式，作為驅動用的上電極，會對驅動的結果和面板品質有明顯地影響，所以我們這邊就必須要建立一套標準的量測程序，對於膜厚、線寬、電阻特性等進行量測.....。</p>	<p>製程開發整合計畫 顧客聲音 機台製造能力 製造流程 計畫的目標 製程規格 技術文獻 雷射蝕刻 塗佈 網印 (網版印刷) 品質 QFD (品質機能展開) 製程類別 雷射蝕刻-移除、精確、 下電極圖樣、製造成本 液晶塗佈-材料特性、製 造技術 網印-銀電極、驅動、上 電極圖樣 標準量測-膜厚、線寬、 電阻</p>

類別的產生源自於逐字稿資料中所整理的概念，以及第二章文獻探討內容中，對液晶顯示器、電漿顯示器、有機電激發光顯示器之製造流程所整理的資料。在此個案的逐字稿中，由開放編碼所產生之概念和類別有不少，因此在進行選擇編碼時，將與製造流程及品質無關之類別排除後，產生了三個主要的製程類別，分別是 ITO 層圖案形成、液晶層和吸收層形成、金屬電極層圖案形成，選擇編碼實例可參考表 4.2。

表 4.2 選擇編碼實例

概念	類別
移除 精確 下電極圖樣 製造成本	ITO 層圖案形成 (蝕刻)
材料特性 製造技術	液晶層和吸收層形成 (塗佈)
銀電極 上電極圖樣 驅動	金屬電極層圖案形成 (網版印刷)

本研究將次類別的衍生條件聚焦為能夠衡量製程類別的品質指標。各類別的說明如下，類別的整理可參考表 4.3：

1. ITO 層圖案形成

此為電子紙 R2R 製程加工的第一站，所以必須將外購的 ITO 塑膠基板之品質納入考量，以蝕刻的方式來去除 ITO 層中不需要的部份，在 ITO 層形成電路的圖案，電路的好壞會影響導電的品質，工研院採用雷射蝕刻的方式來達到下電極圖樣化的目的，因為雷射蝕刻機台在製造上的精確度相當高，能夠準確地移除目標物，而產生製程需求的圖案，近年來的雷射機台成本持續下降，在企業對於成本的考量之下，雷射機台逐漸成為蝕刻加工製程的選擇對象。因此歸納出移除、精確度、下電極圖樣和製造成本這

些概念。再根據工研院所建立的標準量測程序和研究資料，可歸納出基板電阻、下電極圖案化、下電極線寬和下電極線距這四個次類別作為 ITO 層圖案形成的品質特性指標。

2. 液晶層和吸收層形成

根據材料的不同，所使用的製造技術也會不一樣，例如 OLED 和 PLED 在有機層之製造，OLED 可以使用熱蒸鍍的方式，但 PLED 就不行用蒸鍍法而需使用塗佈法，其原因就是 PLED 製作有機層所使用的是高分子材料，而 OLED 使用的是小分子材料。在此電子紙的液晶層是採用塗佈的方式進行製造，從逐字稿得到的概念有材料特性和製造技術兩個。在這種成膜的製程中，關心的指標除了膜的厚度和均勻性，還有材料的品質，而材料的品質可以從材料的顆粒直徑來做判斷，最後結合工研院所建立的標準量測程序和研究資料，將材料粒徑、膜厚和均勻性三個次類別視為液晶層和吸收層形成的品質特性指標。

3. 金屬電極層圖案形成

電子紙在這道製程是要產生銀電極層，銀電極層的品質會影響面板的驅動，也決定了面板品質的好壞，故而產生驅動概念。這道製程並非是去除已經存在的膜，而是要製造出一層含有電路圖樣的電極。銀是屬於金屬的一種，為了使類別能包含更多概念，故產生的類別為金屬電極層圖案形成。根據工研院所建立的標準量測程序和研究資料，衍生出上電極面阻值（均勻性）、上電極線寬、上電極線距、上電極線電阻和上電極膜厚這五個次類別，當作是金屬電極層圖案形成的品質特性指標。

表 4.3 類別整理

概念	類別	次類別
移除 精確 下電極圖樣 製造成本	ITO 層圖案形成 (蝕刻)	基板電阻
		下電極圖案化
		下電極線寬(μm)
		下電極線距(μm)
材料特性 製造技術	液晶層和吸收層形成 (塗佈)	材料粒徑
		膜厚(μm)
		均勻性
銀電極 上電極圖樣 驅動	金屬電極層圖案形成 (網版印刷)	上電極面阻值
		上電極線寬(μm)
		上電極線距(μm)
		上電極線電阻
		上電極膜厚(μm)

以上為開放編碼的部份，由此可歸納出軟性顯示器之品質特性指標，可參考圖 4.4。

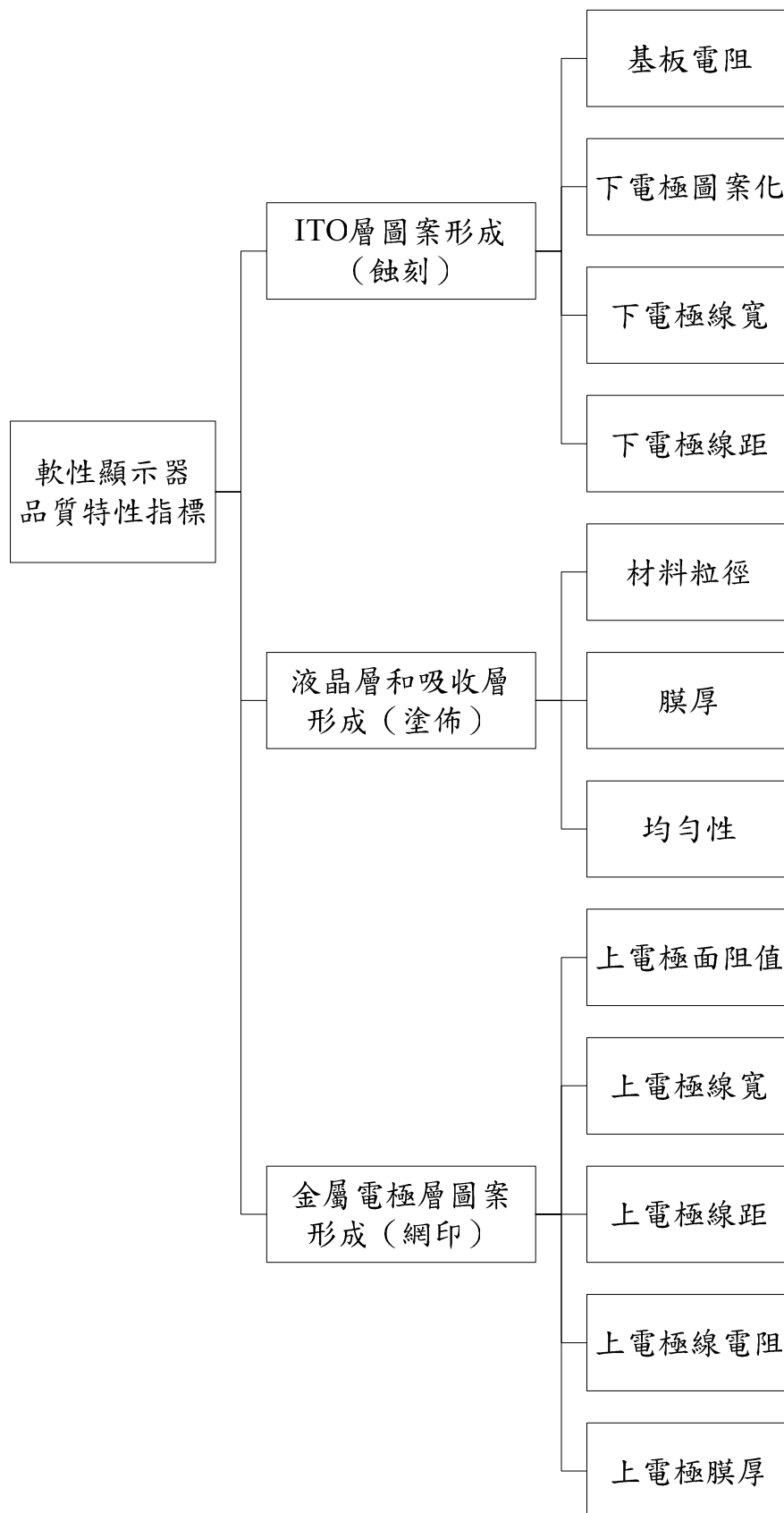


圖 4.4 軟性顯示器品質特性分類圖

根據紮根理論所提出的主軸編碼，和典範架構來分辨出與現象有關的條件、行動/互動、結果，對軟性顯示器品質特性指標之制定過程，進行個

案現象的描述，主軸編碼之整理可參見表 4.4。

1. 條件

由於世界各國對於顯示器的新技術都積極地投入研究，在追求大面積、輕薄、可捲曲、省電、環保的潮流帶動之下，電子紙技術之運用便被發掘出來，電子紙不用需使用背光源，只要透過光線的反射就可以將影像顯示出來，而且使用膽固醇液晶的電子紙具有雙穩態的特性，只有在畫面更新時才會消耗電力，所以在切斷電源時，畫面仍會停留在最後顯示的狀態。因此工研院在其研發的技術之中，挑選出反射型膽固醇液晶電子紙，進行 roll-to-roll 製程實驗室生產線的開發計畫，這個計畫是跨所的大型整合計畫，面對工研院內部以及業界廠商的需求，面臨了許多的挑戰，為了尋求低成本和大面積的製造方式，工研院必須將原廠機台的製造能力提升，還要把 sheet-to-sheet 的製造方式改為 roll-to-roll 連續式製程，同時也要進行製造品質的改善等等。

2. 行動/互動

工研院要滿足這些需求，勢必要有健全的準備，在計畫開始之前就要對於目前的製程技術做一個深入的瞭解，並由技術部門需要負責進行一項重要任務，這個任務就是聆聽顧客的聲音，顧客聲音的來源為工研院內部各所和業界廠商，可以透過跨部門的定時會議以及單站製程內不定時召開的會議來進行討論，在收集整合完資料之後，接著就是跨所的大型整合計畫的規劃工作。

3. 結果

技術部門在整合完顧客需求之後，依照顧客聲音來定義出製造流程、找出製造流程的品質特性並制定製程參數規格，才能將工作內容分配至工研院內各所來執行這項開發計畫。

表 4.4 主軸編碼整理

典範	內容
現象	軟性顯示器品質特性指標之制定
條件	低製造成本需求
	製造能力的提升
	製造品質的改善
	roll-to-roll 連續式製程
行動/互動	技術文獻收集
	聆聽顧客的聲音
	定時跨部門會議
	不定時單站製程會議
結果	完成製造流程之設計
	完成品質特性指標之訂定
	制定製程規格

4.5 品質特性指標比較

從液晶顯示器、電漿顯示器、有機電激發光顯示器和軟性顯示器之製造流程可看出各自的製程技術差異甚大，為了能夠將各顯示器技術的品質特性指標進行比較，以軟性顯示器電子紙 R2R 製程中的三個類別概念和製造目的為基準，將各顯示器製程之品質特性指標分類整理如下：

1. 液晶顯示器

軟性顯示器之製造流程和平面液晶顯示器之製程相較之下，軟性顯示器的製程步驟簡化了許多，在 TFT-LCD 之製造上，要形成金屬薄膜或 ITO 薄膜，並且圖案化，必須歷經薄膜沈積、微影、蝕刻與光阻劑剝離製程。薄膜沈積製程採用濺鍍法成膜，然後是光阻塗佈、軟烤、曝光、顯影、硬烤等步驟的微影製程，再來是以化學反應或物理作用之方式將微影後的光阻圖案轉印至薄膜上，製作出線路圖案的蝕刻製程，最後是去除光阻劑的

光阻劑剝離製程，而 TFT-LCD 液晶層的形成則要考慮面板組裝製程。因此，從上述所有加工步驟的品質特性指標中，將符合軟性顯示器製造品質特性指標者整理至表 4.5，打”○”表示有此指標。

表 4.5 液晶顯示器與軟性顯示器品質特性指標整理

製程類別	軟性顯示器 品質特性指標	LCD
ITO 層圖案形成 (蝕刻)	基板電阻	○
	電極圖案化	○
	電極線寬	○
	電極線距	
液晶層和吸收層 形成 (塗佈)	材料粒徑	
	膜厚	○
	均勻性	○
金屬電極層圖案 形成 (網版印刷)	電極面阻值	○
	電極線寬	○
	電極線距	
	電極線電阻	○
	電極膜厚	○

2. 電漿顯示器

電漿顯示器在 ITO 層形成與圖案化的方式和 TFT-LCD 類似，一樣要經過薄膜沈積、微影、蝕刻與光阻劑剝離製程。而電漿顯示器沒有使用液晶材料，但有白色反射層形成的部份。從上述所有加工步驟的品質特性指標中，將符合軟性顯示器製造品質特性指標者整理至表 4.6，打”○”表示有此指標。

表 4.6 電漿顯示器與軟性顯示器品質特性指標整理

製程類別	軟性顯示器 品質特性指標	PDP
ITO 層圖案形成 (蝕刻)	基板電阻	
	電極圖案化	
	電極線寬	○
	電極線距	○
液晶層和吸收層 形成 (塗佈)	材料粒徑	
	膜厚	○
	均勻性	
金屬電極層圖案 形成 (網版印刷)	電極面阻值	
	電極線寬	○
	電極線距	
	電極線電阻	
	電極膜厚	

3. 有機電激發光顯示器

有機電激發光顯示器有部份製程和液晶顯示器相同，故除了有機電激發光顯示器特有指標之外亦參考部份液晶顯示器之製造流程和品質特性指標，將符合軟性顯示器製造品質特性指標者整理至表 4.7，打”○”表示有此指標。

表 4.7 有機電激發光顯示器與軟性顯示器品質特性指標整理

製程類別	軟性顯示器 品質特性指標	OLED
ITO 層圖案形成 (蝕刻)	基板電阻	○
	電極圖案化	○
	電極線寬	○
	電極線距	
液晶層和吸收層 形成 (塗佈)	材料粒徑	
	膜厚	○
	均勻性	○
金屬電極層圖案 形成 (網版印刷)	電極面阻值	○
	電極線寬	○
	電極線距	
	電極線電阻	○
	電極膜厚	○

本小節從文獻探討所得的平面顯示器品質特性指標中，挑出和軟性顯示器製程類別概念和製造目的相近者之指標進行比較，其結果顯示出在新世代的軟性顯示器技術所注重的品質特性指標是相似的，這也間接證明用紮根理論分析出之品質指標是有效的，跨技術之品質特性指標比較可參考表 4.8，打“○”表示有此指標。

表 4.8 品質特性指標比較

製程類別	品質特性指標	軟性顯示器	LCD	PDP	OLED
ITO 層圖案形成 (蝕刻)	基板電阻	○	○		○
	電極圖案化	○	○		○
	電極線寬	○	○	○	○
	電極線距	○		○	
液晶層和吸收層 形成 (塗佈)	材料粒徑	○			
	膜厚	○	○	○	○
	均勻性	○	○		○
金屬電極層圖案 形成 (網版印刷)	電極面阻值	○	○		○
	電極線寬	○	○	○	○
	電極線距	○			
	電極線電阻	○	○		○
	電極膜厚	○	○		○

第五章 結論與建議

本研究以軟性顯示器為例，研究範圍為軟性顯示器製造流程與品質特性指標，軟性顯示器目前處於研發階段，故以工研院做為研究對象，採用紮根理論歸納出軟性顯示器之品質特性指標。本研究之結論與貢獻為第一節，而未來的研究方向與建議為第二節。

5.1 研究結論與貢獻

本研究彙整出工研院軟性顯示器電子紙製造流程，以紮根理論進行訪談內容的編碼分析，將軟性顯示器製造流程的品質特性指標歸納出來，並將其和文獻探討中的三種平面顯示器製造流程與品質特性指標進行比較，本研究之結論與具體貢獻如下：

1. 本研究採用新的品質特性指標研究方式。在過去的研究中，品質特性指標的訂定大部份是透過文獻探討和專家問卷後之結果，而本研究則是透過文獻探討，並深入個案進行研究，在深度訪談後，以紮根理論的方式來分析歸納出品質特性指標。
2. 從本研究使用紮根理論的編碼過程可以看出軟性顯示器製造流程和品質指標之關係，而本研究所彙整出之軟性顯示器製造流程與其品質特性指標，亦可作為往後的研究學者和廠商進行量產時之參考。
3. 本研究除了探討軟性顯示器製程與品質特性指標之外，並將其與平面顯示器中的液晶顯示器、電漿顯示器和有機電激發光顯示器三種主流技術之製造流程與品質特性指標進行比較，可看出製造方式之差異性，以及製程類別與品質特性指標的相似性。

5.2 未來研究方向與建議

本研究基於時間、人力、研究產業、研究個案和實際取得資料等因素，尚有許多不完備之處，故提出以下幾點建議，供後續研究者參考借鏡：

1. 本研究採用紮根理論法對於訪談資料進行分析與歸納，其分析範圍僅侷限於軟性顯示器製程品質特性指標，故日後可更深入軟性顯示器產業的其他議題，如組織間關係研究、計畫執行分析與人員績效衡量等。而且本研究僅針對軟性顯示器單一研發單位進行探討，未來可考慮應用於更

多進行軟性顯示器生產之廠商進行多重個案研究，亦可將此研究方法用於其他產業之研究，如精密機械、旅遊業等。

2. 本研究的訪談對象有限，樣本數量較少，因此建議後續研究者可以加入更多其他相關單位的受訪者，能獲取更廣泛的訪談內容，並使研究資料更為豐富。
3. 未來的研究者可使用其他方法來制定軟性顯示器之品質特性指標，並和本研究所得之軟性顯示器的品質特性指標進行比較與分析，對未來軟性顯示器產業的發展產生更多的正面效益。

參考文獻

中文部份 (依姓氏筆劃排序):

1. 工研院, <http://www.itri.org.tw/>, 於 2010/5/24 擷取
2. 友達光電, <http://auo.com/auoDEV/?ls=tc>, 於 2010/5/24 擷取
3. 李輝煌(2005), 田口方法-品質設計的原理與實務 (二版修訂), 台北: 高立。
4. 尚榮安譯(2001), 個案研究法, 台北: 弘智。
5. 周碩銘(2007), 憲兵隊志願役幹部壓力管理-紮根理論初探, 國立雲林科技大學企業管理研究所碩士論文。
6. 奇美電子, <http://www.chimei-innolux.com/opencms/cmo/index.html>, 於 2010/5/24 擷取
7. 紀國鐘與鄭晃忠主編(2002)。液晶顯示器技術手冊。台灣電子材料與元件協會。
8. 范珈綸(2009)。軟性顯示器生產線品質績效指標初探, 東海大學工業工程與經營資訊學研究所碩士論文。
9. 陳向明(2009), 社會科學質的研究 (初版 12 刷)。台北: 五南。
10. 陳金鑫與黃孝文(2007)。夢幻顯示器: OLED 材料與元件 (初版二刷)。台北: 五南。
11. 張德安與鄭玫玲編譯(1999)。電漿平面顯示器。台北: 全華。
12. 張原豪(2007)。應用貝式網路於製程績效評估與預測-以奈米碳管背光模組為例, 東海大學工業工程與經營資訊學研究所碩士論文。
13. 產業情報網(IEK), <http://ieknet.itri.org.tw/>, 於 2010/5/24 擷取
14. 黃嘉若(2006)。製造系統的績效評估, 清華大學工業工程與工程管理研究所博士論文。
15. 楊長林、黃榮華與何錦軒(2008), 製造部門績效評估系統建構之研究, 中華管理評論國際學報, 11(2), 1-21。
16. 楊智仁 (2010 年 3 月 31 日): 從 FPD 2009 看最新軟性顯示器及軟性基板材料發展現況。材料世界網。線上檢索日期: 2010 年 5 月 24 日。網址: <http://www.materialsnet.com.tw/DocView.aspx?id=8469>
17. 蔡信行主編(2005)。最新化工製程及材料。台北: 新文京。
18. 鄒民欽(2003)。TFT-LCD 製程探討-以模組廠製程的改善為案例。國立清華大學工業工程與管理學研究所碩士論文。
19. 銖寶科技, <http://www.ritdisplay.com/>, 於 2010/5/24 擷取
20. 簡禎富、蕭禮明與王興仁(2004)。建構半導體製造管理目標層級架構與製造資料之資料挖礦, 工業工程學刊, 21(4), 313-327。
21. 鐘清章校訂(1993), 田口式品質工程導論, 台北: 中華民國品質管制學會。

英文部分 (依姓氏字母排序):

22. Calman, L. (2006). Patients' views of nurses' competence. *Nurse Education Today*, vol. 26, 719–725.
23. Chen , K.S., Wang, C.H., Chen, H.T. (2006). A MAIC approach to TFT-LCD panel quality improvement. *Microelectronics Reliability* 46, 1189-1198.
24. Glaser, B. and Strauss, A. (1967). *Discovery of grounded theory*. Chicago: Aldine.
25. E-Ink, <http://www.eink.com/>
26. Lee, E. (2009). Simulation of the thin-film thickness distribution for an OLED thermal evaporation process. *Vacuum* 83, 848-852.
27. Montgomery, D. C. (2005). *Introduction to Statistical Quality Control* (5th ed.). John Wiley and Sons, Inc.
28. Park, C.H., Choi, J.Y., Choi, M.S., Kim, Y.K., Lee, H.J. (2005). Effects of MgO thin film thickness and deposition rate on the lifetime of ac plasma display panel. *Surface & Coatings Technology* 197, 223-228.
29. Strauss, A. and Corbin, J. (1990). *Basics of qualitative research* (1st ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
30. Templier, F., Aventurier, B., Demars, P., Botrel, J.L., Martin, P.(2007). Fabrication of high performance low temperature poly-silicon backplanes on metal foil for flexible active-matrix organic light emission diode displays. *Thin Solid Films* 515, 7428-7432.
31. Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and methods* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
32. Yurdakul, M. (2002). Measuring a manufacturing system's performance using Saaty's system with feedback approach. *Integrated Manufacturing System*, Vol. 13(1), 25-34.
33. Zhu, F., Zhang, K., Low, B.L., Lim, S.F., Chua, S.J. (2001) . Morphological and electrical properties of indium tin oxide films prepared at a low processing temperature for flexible organic light-emitting devices. *Materials Science and Engineering B85*, 114–117.