

國立勤益科技大學
工業工程與管理研究所碩士在職專班
碩士學位論文

製程能力指標在六標準差的應用
——以觸控面板製程為例

指導教授：陳坤盛 博士

研究生：何佩蓁

學 號：B9915015

中華民國 一〇一 年 六 月 五 日

製程能力指標在六標準差的應用
—以觸控面板製程為例

Applications of process capability indeices on six-sigma quality
improvement - take touch panel process as an example

研究生：何佩蓁
指導教授：陳坤盛 博士

國立勤益科技大學
工業工程與管理系碩士在職專班
碩士論文

A Thesis
Submitted to
Institute of Institute Engineering & Management
National Chin-Yi University of Technology
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of
Master of Engineering

June 2012
Taiping, Taichung, Taiwan, Republic of China

中華民國 一〇一 年 六 月

國立勤益科技大學

工業工程與管理系碩士在職專班

論文口試委員會審定書

本校 工業工程與管理研究所 碩士在職專班 何佩蓁 君

所提論文 製程能力指標在六標準差的應用

-以觸控面板製程為例

合於碩士資格水準，業經本委員會評審認可。

口試委員：

陳景林

王請欣

陳坤盛

指導教授：

陳坤盛

系(所)主任：

工業工程與管理系
主任 陳水涼

中華民國 101 年 5 月

製程能力指標在六標準差的應用—以觸控面板製程為例

研究生：何佩蓁

指導教授：陳坤盛 博士

國立勤益科技大學工業工程與管理系碩士在職專班

摘要

面對微利時代的來臨，如何有效降低成本、縮短產品上市時間及提升產品品質是目前許多企業所關心的一項重要議題；因此，企業為了提升產業競爭力，達到永續經營目標，紛紛導入六標準差(6-Sigma)改善手法且獲得不錯的成效，而製程能力指標(Process Capability Index)為企業進行六標準差品質改善流程時，常用於六標準差改善活動的衡量步驟中，用以衡量目前的製程水準；然而，由於製造技術的提升，許多產品都同時擁有多個品質特性，該產品必須每一個品質特性的製程能力都需符合規格，顧客才願意接受。

因此，本研究將應用製程能力 C_{pmk} 指標針對觸控面板(Touch Panel)之重要品質特性製程，發展一套可以同時評估望大、望小與望目型品質特性製程的整合評估模式，並發展多重品質特性製程能力分析圖(Multi-process capability analysis chart; MPCAC/ C_{pmk})，以正確的反應多重品質特性產品的製程能力情況，同時建立製程異常問題點知識庫，提供製程或品管工程師進行製程改善時的參考。透過本研究發展之評估模式，可有效衡量觸控面板的製程能力，提供相關產業進行六標準差品質改善時的參考，進而提升產業競爭力。

關鍵字：六標準差、製程能力指標、多重品質特性製程能力分析圖

、觸控面板。

Applications of process capability indeices on six-sigma quality improvement - take touch panel process as an example

Student: Pei- Chen Ho.

Advisors: Dr. Kuen-Suan. Chen

Department of Industrial Engineering & Management
National Chin-Yi University of Technology

ABSTRACT

Presently, in the face of the arrival for the times to low profit, it is an important topic which many enterprise to care, presently about how to lower costs, shorten time to enter market and promotion of the products quality effectively; So, the enterprise are in order to promotion the competitiveness of industrial, to reach and continue the operations objective forever, using (Six Sigma) methodology numerous and getting good performance, Process Capability Index often used six sigma methodology in the measurement step of the activity to measure the process level while carrying on six sigma quality for the enterprise and improving the procedure; However, because there are so many products have a lot of quality characteristic at the same time, the customer accepted products to wish make for every quality characteristic of manufacturing process capability take up to specification.

Therefore, this study using manufacturing process capability (C_{pmk}), and it is aimed at (Touch Panel) process of quality characteristics important, (Multi-process capability analysis chart ; MPCAC/ C_{pmk}) , Developing the

purpose that is to estimate (larger-the-better),(smaller-the-better) and (target-the-best) with the process of quality characteristics of integration to estimate mode at the same time, and developed multiple quality characteristic (Multi-process capability analysis chart; MPCAC/ C_{pmk}), manufacturing process capability situation with correct response multiple quality characteristic products.

Built up knowledge base of manufacturing process yield at the same time, and provider to manufacturing process engineer or quality management engineer, to proceed promotion of to refer index of manufacturing process.

Through this study estimation mode of development, that is useful to estimate in Touch Panel process capability effectively, and providing the related industry to proceed on the reference of using Six Sigma methodology and then promotion industry's competitiveness.

Key Word :

Six Sigma、Process capability index、Multi-process capability analysis chart ; MPCAC/ C_{pmk} 、Touch panel

誌謝

考取並完成碩士學歷，是我個人的生涯規劃之一。因為是碩士在職班的學生身份，回首就讀期間必需同時兼顧工作與學業，雖然生活十分緊湊，但心靈卻萬分充實。

能夠如此順利完成本研究，主要感謝我的恩師陳坤盛博士在研究的過程中悉心指導，從選定論文方向，資料蒐集與改善手法，引領我一步步的完成論文，教育我許多相關研究方法，獲益良多，永銘於心。

於論文審查期間，承蒙二位口試委員陳貴琳教授、王靖欣教授對本論文給予的指導，並提供寶貴的意見與指正，使我在過程中學習到正確的研究態度與方法，使本論文更臻嚴謹。謹向所有幫助與指導過我的師長、學長姊、同學、同事與摯友，致上萬分感謝。

修課期間無論在生活上還是課業上難免遭遇挫折，感謝總是情義相挺，相互扶持的同學們，共同分享專業知識與人生經驗，增添許多回憶。我會永遠記得一同討論並分工所完成的報告、登百嶽達成不可能的任務與聚餐歡樂的時光，謝謝你們，有你們真好。

將本論文獻給我的家人，在求學期間謝謝你們給予我最大關懷、體諒與包容，順利圓滿完成學業，讓我能為自己的理想更邁進一步，我愛你們。

何佩蓁 謹致

勤益科技大學工業工程與管理系研究所

中華民國一〇一年六月

目錄

摘要	i
ABSTRACT	ii
誌謝	iv
目錄	v
圖目錄	vii
表目錄	viii
第一章 緒論	2
1.1 研究背景	2
1.2 研究動機與目的	2
1.3 研究範圍與限制	3
1.4 研究架構與流程	4
第二章 文獻探討	7
2.1 觸控面板之簡介	7
2.1.1 電阻式觸控面板之動作原理	9
2.1.2 電容式觸控面板之動作原理	10
2.2 觸控面板製程介紹	13
2.2.1 表面玻璃(Cover Lens)製作流程:	13
2.2.2 銦錫氧化物導電玻璃(ITO Glass)製作流程:	14
2.3 製程能力指標介紹(process capability indices)	16
2.3.1 單邊規格製程能力指標(unilateral specification)	17
2.3.2 雙邊規格製程能力指標(bilateral specification)	17
2.4 六標準差(Six-Sigma)介紹	20

2.5 文獻小結	21
第三章 研究方法	22
3.1 建構整合型製程能力評估模式	22
3.2 C_{pmk} 指標與多項品質特性產品製程良率之關係	24
3.3 多項品質特性製程能力分析圖	27
第四章 實例驗證	31
4.1 個案實証	31
4.2 製程能力績效分析	35
4.2.1 製程能力區域圖	35
4.3 發展異常製程問題點知識庫	38
4.3.1 鍍膜製程	38
4.3.2 光阻劑塗佈製程	40
4.3.3 曝光與顯影製程	40
4.3.4 蝕刻與剝膜製程	42
第五章 結論與未來研究方向	45
5.1 結論	45
5.2 未來研究方向	46
參考文獻	48

圖目錄

圖 1	研究架構圖	6
圖 2	2009~2011 年全球觸控面板出貨量	7
圖 3	全球觸控技術市占比率 (2009 /2012 年)	8
圖 4	電阻式 Film on Glass 觸控面板工作原理	10
圖 5	SCT 表面電容式觸控面板工作原理	11
圖 6	PCT 投射電容式觸控面板工作原理	12
圖 7	Glass on Glass 觸控面板製造流程	15
圖 8	指標 C_{pmk} 等高線圖	29
圖 9	案例公司產品製程能力分析圖($MPCAC/C_{pmk}$)	34
圖 10	製程能力區域圖	35



表目錄

表 1	前段 Array 製程各站說明	16
表 2	觸控面板製程能力指標 C_{pmk} 值與品質水準表	26
表 3	重要品質特性表格	31
表 4	案例公司的等高線範圍座標表	32
表 5	重要品質特性製程參數與座標資料表	33
表 6	製程能力分析圖之品質區域分析改善對策表	37
表 7	鍍膜製程問題點與改善措施表	38
表 8	光阻劑塗佈製程問題點與改善措施表	40
表 9	曝光與顯影製程問題點與改善措施表	41
表 10	蝕刻製程問題點與改善措施表	42
表 11	剝膜製程問題點與改善措施表	44



第一章 緒論

1.1 研究背景

近年來隨著觸控面板的製程技術逐漸成熟，使得產品發展之需求量提升，簡易的人機介面操作讓其技術已廣泛的應用在各項電子產品。尤其自新一代蘋果公司(Apple Inc.)產品 iPhone 觸控型智慧手機的問世，掀起全平面式觸控面板與人性化介面之風潮，至今仍不斷地蔓延。

目前的觸控面板有分很多種類，以電阻式(Resistive)、電容式(Capacitive)、光學式(Optical Imaging)、表面聲波式(Surface Acoustic Wave, SAW)、電磁式(Magnetic)為常見的觸控技術，但限於面積、材料、靈敏度與成本等因素進行優劣評估考量下，因此電容式的市佔率最高。根據 Hoshimura(2002)、Murata and Iwase(2005)、Chen et al. (2005)與 Lynch and Chen(2008)研究均指出，電容式的觸控技術因涉及精密的數道製程與貼合疊構等製造技術，因此目前製程品質與產品良率還是低於需求的品質水準，導致觸控面板廠商獲利與成長受限。

1.2 研究動機與目的

近年來，由於觸控面板技術發展迅速，相關應用產品不斷開發，使得觸控面板需求大增，但是目前觸控面板相關製程良率仍然不高。因此若改善觸控面板的製程品質水準與良率，將可增加面板的產量與滿足整體市場需求量，同時製造商也能降低生產成本，增加獲利，提升企業經營績效。

觸控面板產品主要分為前段 Array 製程與後段 Module 組裝製程二大階段，其中前段 Array 製程項目包含玻璃基版的水洗、真空鍍膜製程、曝光顯影、蝕刻與剝膜製程。若此製程發生異常，會對後續製程或產品功能產生重大的影響，因此前段 Array 製程為相當重要的製程。

故本研究針對前段 Array 製程探討其重要品質特性，發展一套整合型製程評估模式與建立知識庫，主要探討的重點目的如下：

1. 應用製程能力 C_{pmk} 指標，發展可同時評估望大、望小與望目型的品質特性製程的整合評估模式，評估觸控面板的製程品質。

2. 發展多重品質製特性製程能力分析圖 (Multi-process capability analysis chart ; MPCAC/ C_{pmk})，透過製程能力分析圖上的落點，能迅速於製程中獲知準確度與精確度狀況，進行後續的製程分析與改善，進而達到提升產品品質水準與良率的目標。
3. 建構觸控面板知識庫，以觸控面板前段製程時常見的問題與分析解決對策進行彙整，可讓從業人員快速查詢以做為改善時參考，確保其製程品質，也避免類似問題點發生而造成改善速度與生產進度的延遲。
4. 本研究發展之整合製程評估模式，可做為六標準差(6-Sigma)的衡量工具，協助業界持續進行產品製程品質改善。

1.3 研究範圍與限制

本研究之整體研究方向為探討觸控面板製造廠於製程中產生重大異常，包含前段 Array 製程中的鍍膜、光阻塗佈與蝕刻等站別，透過本研究發展的製程整合評估模式，並應用多重品質製特性製程能力分析圖 (Multi-process capability analysis chart ; MPCAC/ C_{pmk})，以正確的反應多重品質特性產品的製程能力情況，針對改善重大異常問題點為目的，觀察實際改善之依據。

本研究的研究範圍與限制如下：

1. 本研究適用的產業範圍主要為觸控面板相關產業。主要是以如何解決觸控面板製程中重大異常為目的，並以提升產品良率與品質為目標。
2. 本研究之異常製程問題點知識庫，雖能提供問題的改善方向，但也有可能衍生出許多關聯課題，需視個案公司之現況與條件進行考量，讓分析能較貼近事實。

3. 本研究所提出個案公司之五項製程重要品質特性規格，為各家觸控面板廠業者之平均經驗值，並非真實精確之規格參數值，目的只為能進行模式評估是否完整，所求得之參數分析皆有所不同。
4. 於異常製程問題點知識庫中，尚未考慮各站別間相互影響的實際問題。

1.4 研究架構與流程

研究架構如圖 1 所示，經由國內外相關文獻之研究與探討而確定本研究的主題與目的，發展觸控面板之製程品質評估模式，同時以多重品質特性製程能力分析圖(Multi-process capability analysis chart ; MPCAC/ C_{pmk})來正確的反應出製程能力情況。建立製程異常問題點知識庫，提供製程或品管工程師進行製程改善時的參考。本研究的研究架構共分為五章節，分述如下：

第一章：緒論

說明本研究的背景、動機、研究架構與流程。

第二章：文獻探討

觸控面板之製程簡介、國內外相關產業需求分析、觸控面板製程簡介製程能力指標六標準差(6-Sigma)改善手法介紹。

第三章：研究方法

運用製程評估模式之概念，發展可同時衡量望大、望小與望目型品質特性的評估模式。透過變數轉換後繪製多品質特性產品的製程能力分析圖，根據各項品質特性座標點位置了解目前製程所在之問題，針對品質異常項目進行分析，判斷準確度與精確度是否符合品質水準。

第四章：實例應用

運用多品質特性製程評估模式與多品質特性製程能力分析圖 (Multi-process capability analysis chart ; MPCAC/ C_{pmk})來評估觸控面板的產品製程能力情況，同時建立製程異常問題點知識庫，提供相關產業進行六標準差品質改善時的參考。

第五章：結論

說明本研究的結論與貢獻，並提出未來研究方向建議。



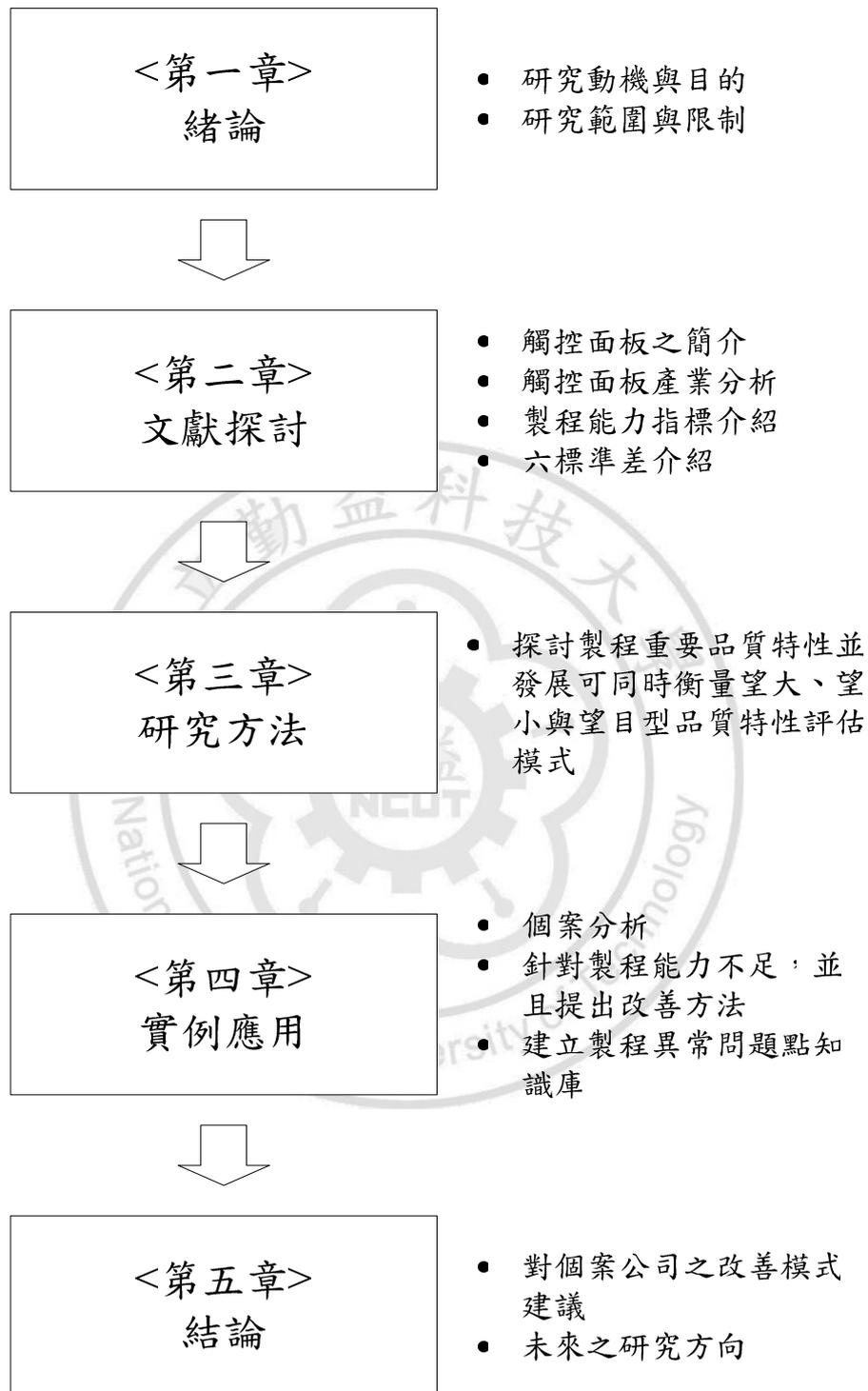


圖 1 研究架構圖

第二章 文獻探討

2.1 觸控面板之簡介

觸控面板技術源於西元 1970 年美國軍方，主要做為軍事用設備，自西元 1980 年移轉為民間使用，進而發展各種民生用途，發展至今已有多年的歷史。其中美國蘋果公司的產品 iPhone 觸控智慧型手機與平板電腦 iPad 問市，帶動全球對於全平面式觸控面板人機界面的熱潮與發展潛力，成為近年來為消費性電子裝置所運用的重要元件。越來越多的 3C 製造廠商投入觸控技術開發與相關產品的應用。

觸控面板(Touch Panel)為一種界面的輸入裝置，人類與機械之間所互動的行為，由視覺先接受訊息，再由操作者的動作，對機械進行訊號指令的下達，可取代傳統按鍵，大部份的人機介面與顯示裝置設備有密不可分的重要相互關係。藉由手指或觸控筆尖接觸來操作，根據輸入介面的位置偵測，利用電阻、電容或是其他的感應方式，經由內部電路去計算出接觸點，再將結果傳回設備並定義物件位置點，因達到輸入之目的。過去以大型工業設備、電氣家電等採多居多，現則是以手機、平板電腦等消費性電子產品為熱門介面。根據 TRI 拓璞產業研究所(2010)推算 2009 年至 2011 年的成長預估分析，觸控面板與觸控偵測元件等產品市場也將顯著呈現直線型成長。如圖 2 所示：



圖 2 2009~2011 年全球觸控面板出貨量

近年來觸控面板的技術與產業在這短短幾年間之發展神速，主因來自第一代蘋果公司(Apple Inc.)產品 iPhone 觸控型智慧手機的問市，所掀起全平面式觸控面板與人性化介面之風潮，至今仍不斷地蔓延。觸控面板的應用以電容式觸控技術為市場主流，同時也讓觸控產業興起對電容式觸控技術的研究潮流。電容式的觸控技術因涉及精密的數道製程與貼合疊構等製造技術，如何做到高品質、高良率的技術門檻也相對提高，另外也由於市場不斷地擴張，因此業界皆不遺餘力的提升自家的技術實力。

目前的觸控面板有分很多種類，以電阻式(Resistive)、電容式(Capacitive)、光學式(Optical Imaging)、表面聲波式(Surface Acoustic Wave,SAW)、電磁式(Magnetic)為常見的觸控技術，限於面積、材料、靈敏度與成本考量下，因此電阻式的市佔率最高。近年來根據財團法人光電科技工業協進會(2011)提供的 2009 年與預估 2012 年市占比率來進行觀查，原本以電阻式技術為中心，由於電容式的產品具有透光性佳、反應快速、多點式觸控技術等優勢，突破電阻式面板的單點觸控技術、怕刮傷、透光率低等的問題，於全球市占率已有逐漸取代電阻式觸控面板的趨勢，視為未來的主流技術。除了蘋果公司之外，各國國際知名 3C 大廠也陸續推出電容式觸控面板手或平板電腦，尤其是 2010 年上市的全觸控面板平板電腦，預計在 2011 年後將會有爆發性的成長。如圖 3 所示：

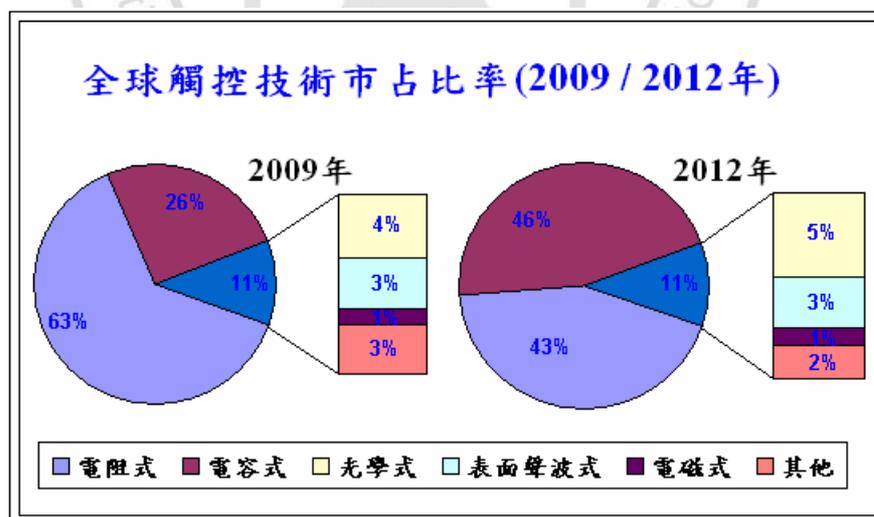


圖 3 全球觸控技術市占比率 (2009 /2012 年)

依據科學人雜誌網站(2011)於 2011 年分析的「彈指之間，來瞧瞧觸控式螢幕的玄機」文稿中發現，觸控面板有便利的操作優勢，直覺性的操作可讓一般使用者藉由手指接觸或觸控筆的按壓方式完成顯示器面板上的選項，且體積小、低功耗、高質感，可輕鬆完成訊號的傳遞、資料的傳輸。這樣的應用將會愈來愈廣泛。人類的生活也因此技術的發展成熟開始逐漸改變。

2.1.1 電阻式觸控面板之動作原理

電阻式觸控面板其結構大致區分 Film on Film(簡稱 F/F)與 Film on Glass(簡稱 F/G)，而 Film 材為 ITO 銻錫氧化物導電薄膜(ITO Film)，Glass 為 ITO Glass 銻錫氧化物導電玻璃(ITO Glass)，由這二類主要材料所組成電阻式觸控面板，其動作原理是偵測電壓值來判斷手指接觸位置。Film on Film 的觸控面板，透光率約 85%，略電容式觸控面板差，但有重量輕與可撓性的結構，可以依成品的需求去設計運用。而 Film on Glass 為最主流的觸控面板結構且技術成熟、厚度薄，可因應不同可攜式產品需求。而電阻式觸控面板因為技術門檻低、成本低，因此產品大多應用在行動裝置。

ITO Film 和 ITO Glass 組成的觸控面板，二者之間由間隙層(DOT Spacer)隔開，DOT Spacer 高度約 5~10 μm ，太薄或太厚都會造成使用者在觸控過程不順等問題。因此，追求均勻度與間隙層密度的良率是製造廠商的主要目標之一。

電路 XY 軸各別製作至 ITO Film、ITO Glass，導通 5V 工作電壓後，用觸控筆尖或手指去觸碰按壓 ITO Film，利用壓力使上層與下層接觸電極，形成一個開關，按壓即產生 ON/OFF 導通而產生電場變化，進一步經由控制晶片運算為數位訊號取得 XY 軸方位並求出接觸位置，取得輸入之內容，工作原理較為簡單，如圖 4 所示。

由於電阻式觸控面板的作動原理是利用壓力使上下二部導電層導通，再由控制晶片的運算測得電壓變化，計算出目前接觸的位置，因此 ITO Film 需具備可撓性、可恢復、耐壓與可導電性等條件。即使戴著手套接觸也可順暢操作無功能限制，但若下壓的壓力不足，即無法驅動面板動作，且 ITO Film 為軟性膜，易隨著操作次數的增加而產生導電層脫落，因此電阻式觸控面板的使用壽命問題是有待克服與突破的瓶頸。

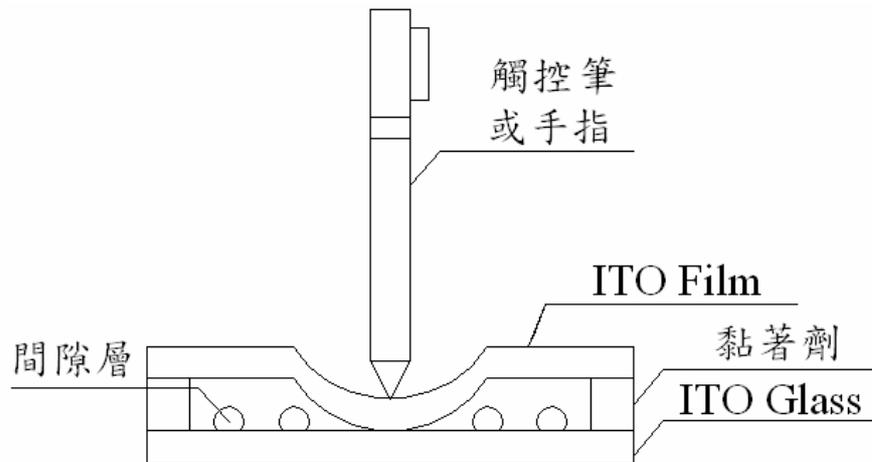


圖 4 電阻式 Film on Glass 觸控面板工作原理

2.1.2 電容式觸控面板之動作原理

電容式觸控面板的技術發展是為改良電阻式觸控面板使用限制與壽命瓶頸而開發。觸控技術乃透過捕捉電極與電極之間的電容值變化，偵測觸控位置為動作原理，由於人體是優秀的導體，當靠近電極時，手指與電極之間的電容值產生變化，此時由控制晶片的運算測得電壓變化，即時查出哪裡的靜電容量變大，就可以求得哪個方位已被觸控。

電容式觸控面板之結構區分 Film on Film(簡稱 F/F)與 Glass on Glass(簡稱 G/G)，同電阻式材料相同，由 ITO 銻錫氧化物導電薄膜(ITO Film)與 ITO Glass 銻錫氧化物導電玻璃(ITO Glass)組成。其產品分為表面電容式(Surface Capacitive Touch, SCT)與投射電容式(Projected Capacitive Touch, PCT)二種。

第一種：表面電容式觸控面板(Surface Capacitive Touch, SCT)

表面電容式觸控面板耐用性佳，為類比式觸控技術，僅能一次偵測一個接觸點訊號，可靠度高且耐用，適用於戶外及工業用環境的大尺寸產品。而投射電容式觸控需先將電極層圖案化，為數位式觸控技術，其操作較表面電容式精準，可應用多點式觸控，產品的高 97% 的透光率能更真實的色彩呈現。多點觸控的方式，透過手指的滑動，可達到畫面旋轉、縮放的功能。技術課題面臨不易大尺寸化，目前僅應用於可攜式小尺寸產品。

SCT 表面電容式觸控面板於玻璃塗上 ITO 銻錫氧化物導電材料，玻璃板的四週電極會在導電層建立均勻電場，當手指接觸到面板時，人體的靜電與觸控面板接觸後會產生微弱電流，四週導電層的電場產生電容耦合，吸取人體的微弱電流，再由控制晶片負責計算電流來檢測其觸控點座標，因而達到觸控的目的。最底層的玻璃為遮蔽功能，以維持觸控面板在作動時不受干擾。所以表面電容式觸控面板作動反應極靈敏，僅需輕觸碰即可。SCT 表面電容式觸控面板工作原理如圖 5 所示。

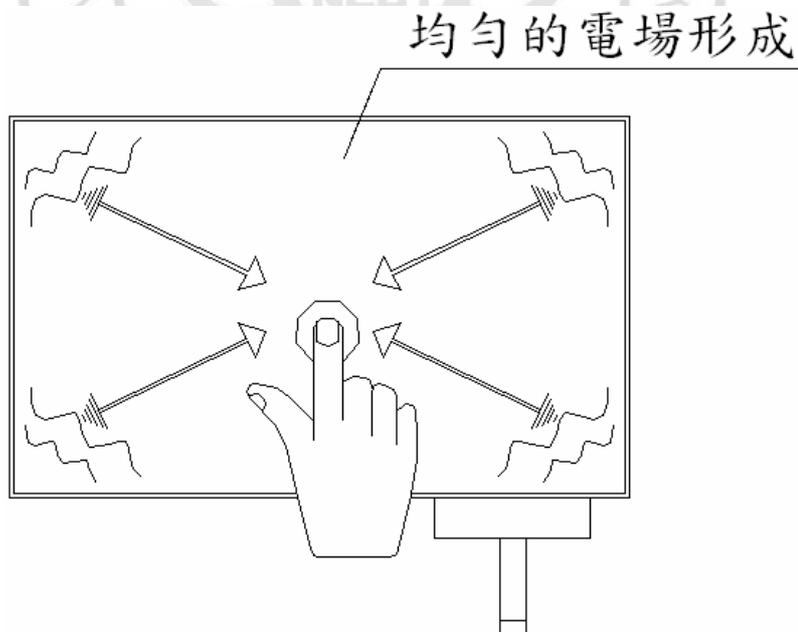


圖 5 SCT 表面電容式觸控面板工作原理

第二種： 投射電容式觸控面板(Projected Capacitive Touch, PCT)

PCT 投射電容式觸控面板，ITO 銻錫氧化物導電薄膜是經過光罩、蝕刻而產生出具有 X 與 Y 軸方向的菱型矩陣圖案 (Pattern)，目的在增強識別的精確度，提高各觸控點的訊噪比值 (Signal-Noise Ratio, SNR)。當手指接觸面板時會在面板上產生電容量，每個觸控點都有獨立座標，控制晶片會驅動這些電路來偵測因觸碰所變化的電容，進而確認接觸點方位，甚至還能分辨手指與面板的距離。PCT 投射電容式觸控面板工作原理如圖 6 所示。

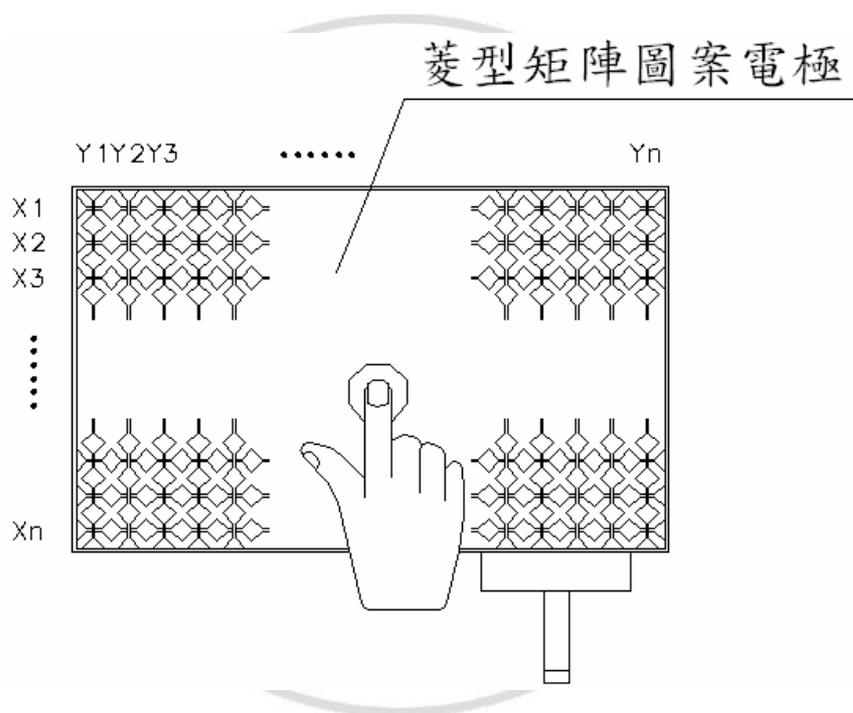


圖 6 PCT 投射電容式觸控面板工作原理

由於電容式觸控面板的工作原理是運用人體的靜電感應電容變化動作，不因為面板尺寸的放大而變複雜，能大幅減少誤動作或故障而產生失效情況。所以在大尺寸面板的應用上，其穩定度和耐用度將比起其他技術而言更俱優勢，現為蘋果公司 (Apple Inc.) 產品 iPhone 觸控型智慧手機所使用之架構。

電容式觸控面板雖然單價高，但具有防塵、防靜電、反應速度快與耐用性，以及多點觸控的功能，因此達到更佳人性化、直覺式的操作。結構上經由硬化處理，其硬度高達到莫氏硬度 7H 等級，更可達到產品抗刮的水準。以目前市場佔有率比較，其電容式觸控比傳統電阻式觸控技術相比，其電容式為使用者帶來最佳的視覺享受與更輕鬆靈活的操控，另外電容式的技術只需輕觸即可，不必實際與面板接觸，更能讓使用壽命延長，這是電阻式技術所無法披敵。

2.2 觸控面板製程介紹

本研究主要針對電容式觸控面板 Glass on Glass(簡稱 G/G type)的產品，在感測電路製程技術的前段製程，針對前段 Array 製程的鍍膜塗佈、蝕刻站進行個別探討。由楊文凱、李岱昀(2001)與蔡坤賢、張雍政(2006)提出因在鍍膜塗佈站發生品質異常，則會造成玻璃光學問題，若發生在蝕刻站別時，則會嚴重影響電性問題，造成電路燒毀等重大缺失，導致成本的浪費。

針對 Glass on Glass (G/G Type)來進行探討，區分二大製程，1. 表面玻璃(Cover Lens) 2. ITO Glass 銻錫氧化物導電玻璃(ITO Glass)，如圖 7 所示。待二大製程產品完成後，最後進行二項部品真空貼合動作後即產出成品。

2.2.1 表面玻璃(Cover Lens)製作流程:

表面玻璃為無電性的素玻璃，先進行單片外觀切割與裂片動作，再針對公司 Logo、外觀顏色進行網板印刷後，即完成上表面玻璃上部品 Lens 製作流程。

表面玻璃 Cover Lens 除了增進美觀外，也可於此進行表面硬化製程(Hard Coat)的強化處理，功能在於保護底層的元件、抗指紋、抗油污，可為產品達到保護與防止刮傷，抗磨耗等問題，確保成品品質。

2.2.2 銦錫氧化物導電玻璃(ITO Glass)製作流程:

ITO Glass 銦錫氧化物導電玻璃為銦錫氧化物化學物質，具有導電性，其穿透率 $\geq 85\%$ ，其製程先將大片玻璃切割為外觀尺寸為 300mm x 350mm 或 370mm x 480mm，厚度一般為 0.4mm、0.55mm、0.7mm 與 1.1mm 等，需視廠內使用設備規格而定。以高精密洗淨法清潔玻璃，玻璃的洗淨對於產品良率有極大之影響。接下來於真空系統內開始進行第一道 ITO 鍍膜製程。

首先在光阻鍍膜機上進行光阻劑均勻塗佈在玻璃基板上，由楊浩哲(2009)提出說明光阻鍍膜機是以旋轉為主系統的機構，以內部的真空吸嘴將玻璃基板吸附固定在旋轉器，同時在玻璃基板上滴光阻劑，利用旋轉的離心力方式讓光阻劑往外圍移動，光阻劑就能均勻的塗佈在玻璃基板表面。旋轉速率高，離心力大，光阻劑就愈薄。

玻璃基板使用 UV 紫外線通過光罩將圖案移轉後進行曝光後，接著噴撒顯影劑將曝光於 UV 紫外線下的光阻劑溶解後用離子水清除，針對未受到光阻劑保護之薄膜層進行蝕刻，最後滴入去光阻劑後由有機溶劑沖洗玻璃基板表面，即完成一道薄膜層電晶體黃光製程。所以光阻劑的厚薄，是以旋轉器的旋轉速率而定。

當第一道 ITO 鍍膜製程完成後進行絕緣層製程，再進行第二道 ITO 鍍膜製程，重複光阻塗佈→曝光顯影→蝕刻與光阻剝膜流程後再進行 Metal 金屬層鍍膜流程。Metal 金屬層鍍膜完成後再進入 SiO_2 二氧化矽鍍膜流程。最後進行玻璃切割→裂片(Call)，並貼合軟性印刷電路板(Flexible Printed Circuit, 簡稱 FPC)，FPC 主要負責面版的電路訊號傳遞工作，軟板上有電路、控制晶片，會先將訊號傳至控制晶片進行判別，執行與反應的工作。FPC 貼合後，最後塗上 OCA 光學透明膠(Optically Clear Adhesives)，即完成下部品 ITO 玻璃製作流程，成為功能主體。

最後，將上部品 Cover Lens 與下部品 ITO 玻璃進行真空貼附製程，用 UV 光照射硬化，即完成 Glass on Glass (G/G Type)觸控面板成品。

第一道、第二道 ITO 鍍膜與 Metal 鍍膜站別皆為相同前段 Array 製程，每道都需經過鍍膜(Thin Film)、黃光製程(Photo)與蝕刻(Etcher)三大站別，而前段 Array 製程的各站製程原理請參閱表 1 說明。

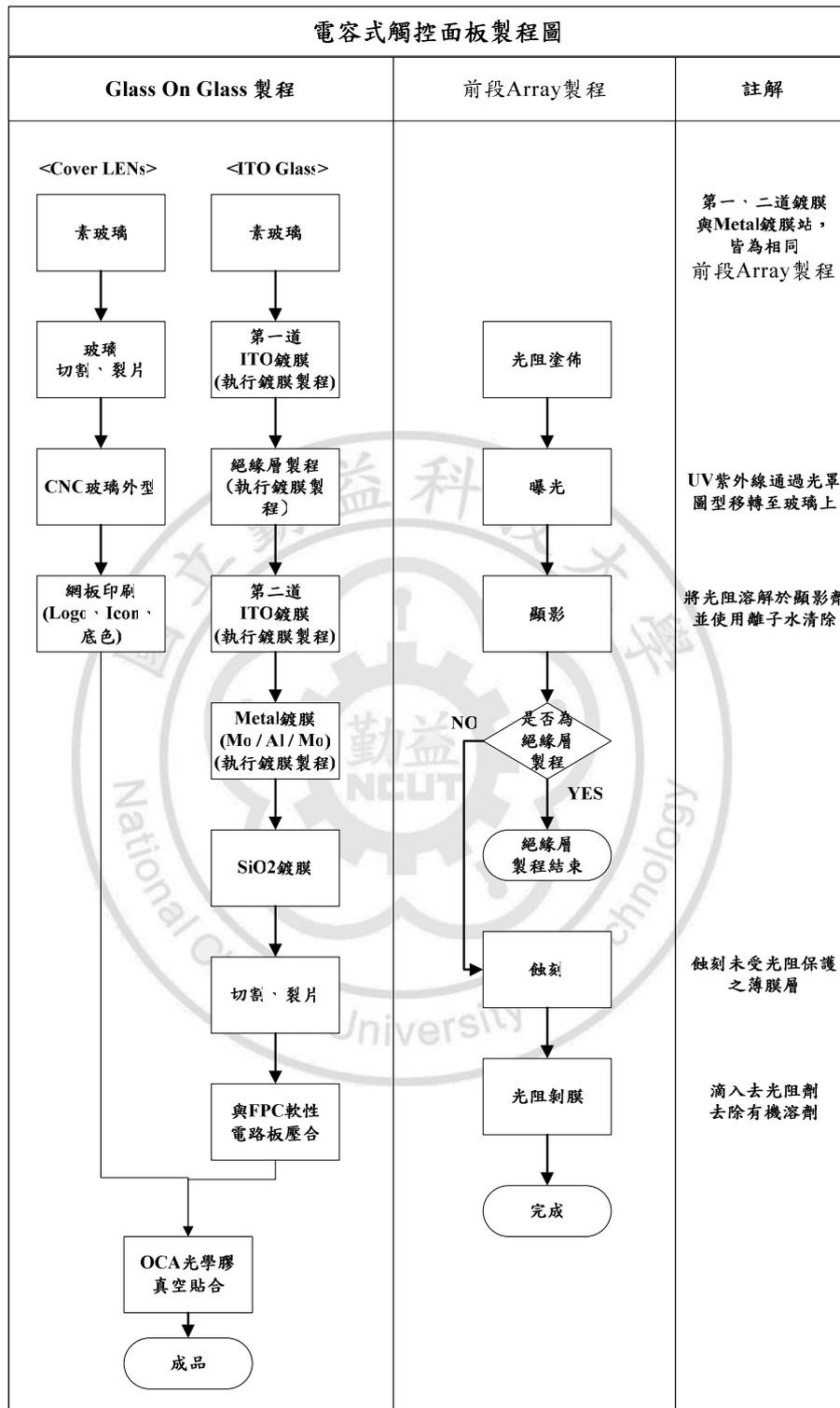


圖 7 Glass on Glass 觸控面板製造流程

表 1 前段 Array 製程各站說明

站別	說明
鍍膜	分為 ITO 層、Metal 金屬層、SiO ₂ 二氧化矽層，透過真空鍍膜方式生產，依續鍍在玻璃表面。由於鍍膜是整個製程中之關鍵步驟，成膜雜質會使薄膜導電、光學特性差，且折射率不固定，造成散射等問題。若是品質出現瑕疵，將會影響產品良率
曝光	以光為媒介通過光罩將圖案進行轉移，大多以 UV 紫外線光作為執行曝光的光源
顯影	用離子水移除不必要之光阻劑，曝光部份將被洗去，留下未曝光的圖形，做成像顯影
蝕刻	藉由蝕刻技術，將顯影後產生的光阻圖案轉印至光阻下的材質上，形成複雜的積體電路
光阻剝膜	清除光阻劑，必免溶液殘留於基材料上，造成損害基板層

2.3 製程能力指標介紹(process capability indices)

製程能力指標(Process capability indices, PCI)是以一組簡單的數值推算後，以一種量化的方式來評估與衡量製程能力在穩定的情況下，產品是否符合顧客的需求的有效工具。透過製程能力指標值之判定，針對製程能力較差的製程提供適當的訊息，並同步做追蹤與改善，因此廣泛的運用在各種製造業生產過程中的品管管制上。製程能力指標可做為選擇配合廠商的製程品質參考資訊，所以使用上必需格外嚴謹，以避免誤導改善者做出不正確之決策。

過去所慣用之製程能力指標往往只針對產品的單一項重要品質特性來進行分析，而根據 Bothe(2000)指出，實際上大多數的製程通常有多項重要品質特性，而產品之品質是會受到到多項品質特性之相互影響。因此衡量整體之製程能力指標，必順同時考量多項重要品質特性，製程而只有在每項製程都符合各別條件下，該產品的製程能力才被認可為品質合格產品。

常見的製程能力指標中，分析望目型品質特性指標如 C_p 、 C_{pk} 、 C_{pm} 與 C_{pmk} ，皆具有雙邊規格的品質特性。此外，Montgomery(1985)與 Kane(1986)所提出的 C_{pl} 指標為分析望大型品質特性、 C_{pu} 指標則為分析望小型品質特性的製程能力指標，這些製程能力指標能充份反應出製程之良率，本文整理相關指標介紹如下。

2.3.1 單邊規格製程能力指標(unilateral specification)

Juran(1974)提出 C_p 製程能力指標概念後，即引起各學術界的注意，隨後 Kane(1986)提出可衡量製程變異的單邊規格製程能力 C_{pl} 與 C_{pu} 指標，分別衡量望大型與望小型二種製程品質特性之指標。而 C_{pl} 指標與 C_{pu} 指標公式表示如下：

$$C_{pl} = \frac{(\mu - LSL)}{3\sigma} \quad (1)$$

$$C_{pu} = \frac{(USL - \mu)}{3\sigma} \quad (2)$$

其中 USL 與 LSL 分別表示製程規格的上限與下限值， μ 為製程平均數， σ 為製程標準差。單邊規格的製程品質特性只單獨考慮單邊的公差上限或下限值，且在常態的假設下，顯然的單邊規格與製程良率之間有著一對一的數學關係模式，因此若 C_{pl} 指標與 C_{pu} 指標的值為 0 時，其製程良率即為 50%。

2.3.2 雙邊規格製程能力指標(bilateral specification)

常見的對稱型雙邊規格製程能力指標之特性為望目型品質特性，其規格的品質特性規格有上限、下限與中心值，而上下限與中心值對稱而稱之。因此數據越靠近中心值，代表其製程品質越高。

為更有效衡量製程能力與績效，許多學者投入相關研究，本篇研究就以目前其應用率較高之製程能力指標如 C_p 、 C_{pk} 、 C_{pm} 與 C_{pmk} 等，進行各別介紹如下：

1. C_p 製程能力指標：

Juran(1974)提出製程能力 C_p 指標之概念，衡量製程變異公差，公式為 (6σ) 自然公差與 $(USL - LSL)$ 規格公差之比值，而 $d = (USL - LSL)/2$ 為一半的產品規格區間長度，可以利用製程能力 C_p 指標來判斷製程能力，其公式如下：

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} = \frac{d}{3\sigma} \quad (3)$$

由於 C_p 指標無法考慮當製程在偏移時，使評估製程能力的結果產生些許誤差，造成不同的影響，因此無法充份反應其實際之製程良率。

2. C_{pk} 製程能力指標：

Kane(1986)針對 C_p 指標的缺點而提出 C_{pk} 製程能力指標，能反應製程於偏移時情況，其公式如下：

$$C_{pk} = \min\left\{\frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma}\right\} = \min\{C_{pu}, C_{pl}\} = \frac{d - |\mu - m|}{3\sigma} = (1 - \kappa)C_p \quad (4)$$

公式中 $k = |\mu - m|/d = 2|\mu - m|/USL - LSL$ 為製程中心之偏離系數， $m = (USL + LSL)/2$ 代表規格區間之中心點。雖然 C_{pk} 製程能力指標能衡量 μ 製程平均數是否偏離 m 規格中心值之特性，但仍是無法反應 σ 製程標準差偏離 T 目標值的程度，以及對製程能力之影響，無法反應實際情況。

3. C_{pm} 製程能力指標:

Chan et al.(1988)依田口損失函數(Taguchi Loss Function)期望值的觀念，認為在 μ 製程平均數數偏離 T 目標值，會有平方損失的概念，能有效衡量於製程中所發生之異常有情況，能改進 C_{pk} 製程能力指標不足之處，其公式如下:

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} = \frac{d}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} = \frac{C_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{\mu - T}{\sigma}\right)^2}} \quad (5)$$

C_{pm} 指標是應用田口損失函數的概念，使之更能運用在不同的製程規格界限，因此更有能反應製程期望損失的特性，故在反應期望值的能力較優於 C_p 與 C_{pk} 二項指標。

4. C_{pmk} 製程能力指標:

第一代製程能力指標 C_p 與 C_{pk} ，兩者指標皆為反應製程超出規格界限的改變情況，卻未考量製程中心與目標值之間的關係，基於上述各項製程能力指標之優缺點，Pearn et al.(1992)結合了 C_{pk} 與 C_{pm} 二項指標之優點後，提出第三代 C_{pmk} 製程能力指標，其公式如下:

$$C_{pmk} = \frac{\min(USL - \mu, \mu - LSL)}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} = \frac{d - |\mu - m|}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (6)$$

由上式可知， C_{pmk} 指標能同時考慮 μ 製程平均數、上下規格界限與 T 製程目標值之間的變異程度， C_{pmk} 指標較 C_{pk} 、 C_{pm} 指標更敏感，更能反應製程的期望損失(Expect Loss)與製程良率(Process Yield)。因此本研究將以 C_{pmk} 指標發展觸控面板評估模式。

2.4 六標準差(Six-Sigma)介紹

二十世紀中期，美國運用專案管理(Project Management)的概念，成功達成「阿波羅號登陸月球計劃」而受重視，因此於 60 年代起，全球專案管理專家透過各種管道來交換彼此經驗與研究心得，即為當時最熱門的話題之一，也使得專案管理成為一門重要的知識。

今日在國際專業組織認證製程、ISO 國際標準規範，以及政府的推動下，讓專案管理之運用層面更加廣泛。專案管理的知識也與管理思維、邏輯息息相關，其中包括六標準差管理理論，事實上管理知識與技術在程度上和專案管理都有高度的融貫性，加以整合與運用、實施後獲得提升經營的績效。而面對現今日益艱困的外在環境下，企業為求永續經營，就必需遵照一項不變的法則，那就是要全方邊的變革與管理。因為市場的變化如此快速且從不等待，而六標準差是提供企業變革的方案，運用手法達到大幅改善產品品質，提升產品最高價值，最終提高企業獲利，做到全方邊的客戶滿意的目標。

企業的永續經營是必需奠基在實質之競爭優勢，通常是透過新開發的開發與服務，或是透過流程再造與改善工程，以創造附加價值。根據 Peter(2000)與 Ham and Lee(2002)指出，許多企業透過六標準差的方式改善產品品質與服務流程，例如摩托羅拉(Motorola)、奇異(General Electric)、全錄(Xerox)、西屋(Westinghouse Commercial Nuclear Fuel Division)等公司，提升企業競爭力。

事實上，六標準差並不僅是一種品質改善的工具，更是強調透過人員之訓練、品管手法或統計工具之運用，以及其他的改善邏輯。因此許多學者投身研究六標準差的行列，如 Ham and Lee(2002)提出的 MAIC(Measure, Analyze, Improve, Control)。Michael(2002)和 Lynch et al.(2003)提出的 DMAIC(Define, Measure, Analyze, Improve, Control)流程概念，還有主

要應用在設計端問題的 DMADV(Define,Measure,Analyze,Design,Verify)改善手法。陳坤盛等(2006)與呂執中(2008)以定義(Define)、測量(Measure)、分析(Analyze)、改進(Improve)與控制(Control)的改善精為主軸，再透過計劃組成專案管理的活動，嚴謹並有系統性解決問題，對企業進行持續性改善，進而降低製造成本與縮短循環時間，達到顧客的期望。

總合上述所言，六標準差是針對客戶的需求而做營運管理的一套專案，其涵蓋的內容分述如下：

第一項：改善客戶滿意度

凡以企業內外之下一階段流程中的管理者，皆以客戶的角度去看待，並同步完成所交付事項。

第二項：縮短生命週期(Cycle Time)

意指對企業內、外之客戶服務，儘力縮短開發或流程的時間。其週期的長短，將決定未來企業的競爭力。

第三項：減少誤差值

無論是面對產品或是客戶服務，為了達成績效的目標，務必將失敗風險或誤差值降到最低。

2.5 文獻小結

如前所示， C_{pmk} 指標結合 C_{pk} 與 C_{pm} 二項指標之優點，並同時考量製程良率與製程損失特性，且修正 C_p 指標未考慮製程偏移目標值之問題，因此本研究應用 C_{pmk} 製程能力指標來發展可同時評估望大、望小與望目型品質特性製程的整合評估模式，提供企業品質改善時之參考，協助企業提升競爭力。

第三章 研究方法

本研究方法針對觸控面板重要品質特性製程，發展一套可以同時評估望大、望小與望目型品質特性製程的整合評估模式。首先建構整合型製程能力評估模式，接著探討 C_{pmk} 製程能力指標與多品質特性產品製程良率關係，最後發展可同時評估望大、望小與望目型之製程能力分析圖 (Multi-Characteristic Product Capability Analysis Chart -MPCAC/ C_{pmk})，分述如下。

3.1 建構整合型製程能力評估模式

目前製程能力指標為業界衡量製程能力最常使用的衡量工具，自 Juran(1974)提出 C_p 指標後，許多統計學家與品質工程學者也紛紛投入製程能力指標之研究，最具代表性如 Kane(1986)與 Chan et al.(1988)所提出的 C_{pk} 與 C_{pm} 指標；此外 Pearn et al. (1992)則結合了 C_{pk} 與 C_{pm} 兩項指標之優點而建立了第三代 C_{pmk} 製程能力指標。由於 C_{pmk} 製程能力指標可同時衡量製程期望損失(Expect Loss)與良率之特性，當指標值越大代表製程能力越佳，製程良率也愈高。因此，本研究將以 C_{pmk} 指標為評估工具發展一套整合型製程評估模式，以衡量觸控面板產品製程品質。

根據 Pearn et al. (1992)、Chen et al.(2002)與 Chen et al.(2009)的研究指出， C_{pmk} 指標為評估望目型品質特性製程時的優良指標。但是根據 Chen et al.(2003)與 Wang et al.(2011)指出，由於現代製程技術發展迅速，許多產品愈趨精密，通常產品中包括許多重要品質特性製程，必須所有品質特性製程皆須符合要求的水準才被認定為是好的產品。此外，根據吳建瑋、陳皓偉 (2009)的研究指出，若產品之品質特性製程屬於望大型或望小型品質特性時，則無法使用 C_{pmk} 指標來衡量。

因此，本研究將應用製程能力 C_{pmk} 指標發展一套可以同時評估望大、望小與望目型品質特性製程的整合評估模式，來評估多品質特性產品之製程品質。透過本研究的評估模式，可以使 C_{pmk} 指標不但可以同時衡量望大與望小品質特性，也可評估望目品質特性。製程能力 C_{pmk} 指標定義如下：

$$C_{pmk} = \frac{\min(USL - \mu, \mu - LSL)}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} = \frac{d - |\mu - m|}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (7)$$

其中規格公差為 $d = USL - \mu = \mu - LSL$ 。根據 Pearn et al. (1992)指出，當 $C_{pmk} = C$ 時， C_{pmk} 指標和製程良率有 $Yield\% \geq 2\Phi(3C_{pmk}) - 1$ 之數學關係，利用此關係式，管理者可得知製程中的能力指標與製程良率的變化情況。

首先，我們將 $P_u = P(X > USL)$ 定義為超出製程品質特性的規格上限比率。將 $P_l = P(X < LSL)$ 定義為小於製程品質特性的規格下限比率。因此整體製程不良率為 $P = P_l + P_u$ 。當製程為望目型品質特性時，製程良率為 $Yield\% \geq 2\Phi(3C_{pmk}) - 1$ ，所以 $P \leq 2 - 2\Phi(3C_{pmk})$ 。若探討單邊型不良率 ($P_l = P_u$) 時，表示如下：

$$P_l = P_u = (1 - Yield\%) / 2 \leq [2 - 2\Phi(3C_{pmk})] / 2 \leq 1 - \Phi(3C_{pmk}) \quad (8)$$

本研究將以變數轉換方式，使 C_{pmk} 指標同時能衡量望目、望小、望大的品質特性製程之製程能力，表示如下：

1. 望目型 ($LSL \leq X \leq USL$) :

$$\mu_y^n = \frac{X - T}{d} \Rightarrow yield\% \geq P(-1 \leq \mu_y \leq 1) \Rightarrow 1 - P = 2\Phi(3C_{pmk}) - 1 \quad (9)$$

2. 望小型 ($0 \leq X \leq USL$) :

$$\mu_y^u = \frac{X}{USL} \Rightarrow yield\% \geq P(0 \leq \mu_y \leq 1) \Rightarrow 1 - P_u = 2\Phi(3C_{pmk}) - 1 \quad (10)$$

3. 望大型 ($X \geq LSL$) :

$$\mu_y^l = -\frac{LSL}{X} \Rightarrow yield\% \geq P(-1 \leq \mu_y \leq 0) \Rightarrow 1 - P_l = 2\Phi(3C_{pmk}) - 1 \quad (11)$$

其中 μ_y^n 、 μ_y^u 、 μ_y^l 分別代表望目、望小與望大型製程平均數，所以當製程為望目型品質特性時，由公式(9)可將製程平均數轉換為 $-1 \leq \mu_y \leq 1$ ；當製程為望小型品質特性時，由公式(10)可將製程平均數轉換為 $0 \leq \mu_y \leq 1$ ；當製程為望大型品質特性時，由公式(11)可將製程平均數轉換為 $-1 \leq \mu_y \leq 0$ 。因此，經由變數的變換，可將三種製程規格的重要品質特性轉換成 $(-1, 0, 1)$ ，即可於相等的基礎下衡量與比較。

3.2 C_{pmk} 指標與多項品質特性產品製程良率之關係

根據前述，由於 C_{pmk} 指標與單一望目、望小與望大品質特性製程的製程良率皆有 $Yield\% \geq 2\Phi(3C_{pmk}) - 1$ 的數學關係，所以最終產品之單一品質特性的 C_{pmkj} 指標值及其對應的製程不良率 (P_j) 關係可以表示如下：

$$P_j \leq 2 - 2\Phi(3C_{pmkj}) \quad (12)$$

其中 $j = 1, 2, \dots, n$ 。由於觸控面板前段 Array 製程(包括鍍膜、光阻塗佈與蝕刻等)彼此之間是相依的關係，若前面製程品質不佳，則會影響後續製程或產品功能，因此根據上述的製程不良率與製程能力的關係，我們可以訂定一個能反應最終產品製程良率的製程能力指標 C_{pmk}^T ，表示如下：

$$C_{pmk}^T = \frac{1}{3} \Phi^{-1} \left(\left(2 - \sum_{j=1}^n [2 - 2\Phi(3C_{pmkj})] \right) / 2 \right) \quad (13)$$

因此，當 $C_{pmk}^T = C$ 時，由上述方程式可知得：

$$\sum_{j=1}^n [2 - 2\Phi(3C_{pmkj})] = 2 - 2\Phi(3C) \quad (14)$$

根據 Chan et al.(2006)指出，通常多品質特性產品的前後製程是相依的，如果前面產品的品質出現差異，則會影響到後序的製程品質，所以整個產品不良率 P 與 n 項重要製程品質特性製程的關係式如下所示：

$$\text{Max}\{P_1, \dots, P_n\} \leq P \leq \sum_{j=1}^n P_j \quad (15)$$

所以，最終產品的製程不良率 $P \leq 2 - 2\Phi(3C_{pmk}^T)$ 。很顯然的，指標 C_{pmk}^T 與產品製程不良率 P 有上述的數學關係，當產品之製程指標值夠大時，代表製程不良率愈低，而製程良率則愈高。舉例而言，當 $C_{pmk}^T = 1.0$ 時，可保證整體品質良率 $\text{Yield}\% = 1 - P \geq 99.73\%$ 。

根據 Huang et al.(2010)與 Wang et al.(2011)的研究指出，由於顧客所重視的品質要求是最終產品之整體品質水準，因此我們必須要求各單一品質特性之製程不良率的 P_j 都要小於 P ，才能保證最終產品的製程良率可以達到我們所要求的製程水準。因此當產品的製程能力 $C_{pmk}^T \geq v$ 時，則：

$$C_{pmk}^T = \frac{1}{3} \Phi^{-1} \left(\left(2 - \sum_{j=1}^n [2 - 2\Phi(3C_{pmkj})] \right) / 2 \right) \geq v \quad (16)$$

若要求每一個重要品質特性製程的製程指標值 C_{pmkj} 均相同且為 w 時，即根據公式(16)可推導出 w 值如下所示：

$$C_{pmk}^T = \frac{1}{3} \Phi^{-1} \left(\left(2 - \sum_{j=1}^n [2 - 2\Phi(3w)] \right) / 2 \right) = C \Rightarrow w = \frac{1}{3} \Phi^{-1} \left(\frac{\Phi(3v) + 4}{n} \right) \quad (17)$$

舉例而言，當產品品質要求為 $C_{pmk}^T = 1$ ，則透過公式(17)可以計算每個重要品質特性製程皆須達 $C_{pmkj} = 1.153$ (即 $w = 1.153$)，才能保證產品能達到 $C_{pmk}^T = 1$ (即 $\text{yield}\% = 99.73\%$) 的品質水準。此外，我們可以透過 Chen et al. (2006) 與 Wang et al. (2011) 所提的六標準差概念，並以 k 個 Sigma 代表品質水準，透過所提 $k\sigma = d$ 與 $(\mu - T)/d \leq 1.5/k$ 的關係式，將 C_{pmk} 指標重新表示如下：

$$C_{pmk}^T(k) = \frac{k\sigma - 1.5\sigma}{3\sqrt{\sigma^2 + (1.5\sigma)^2}} = \frac{k - 1.5}{5.41} \quad (18)$$

根據公式(18)，我們可以分別計算各種產品品質水準所對應的產品指標值 (C_{pmk}^T) 值以及所對應之產品良率，同時透過公式(17)可計算每個重要品質特性的 C_{pmkj} 值以及所對應之製程良率，如表 2 所示。很顯然的，當品質水準愈高時，則 C_{pmk} 指標值愈大，表示良率愈高。

表 2 觸控面板製程能力指標 C_{pmk} 值與品質水準表

品質水準	製程總指標 C_{pmk}^T 值	製程不良率 (P_j)	製程各別指標 w 值	製程良率
6 Sigma	0.8318	0.000027	1.007119	0.999995
5 Sigma	0.6470	0.000096	0.853465	0.999981
4 Sigma	0.4621	0.000318	0.710169	0.999936
3 Sigma	0.2773	0.000967	0.581436	0.999807

3.3 多項品質特性製程能力分析圖

Chen et al. (2001)曾提出由製程能力的分析而延伸出多項品質特性製程能力分析圖(Multi-Characteristic Product Capability Analysis Chart -MPCAC)概念，可以同時評估望大、望小與望目型品質特性製程，並根據各項重要品質特性之製程能力值座標點 (X_i, Y_i) ，可以判斷該項品質是否符合產品水準，建立改善與績效的準則，針對品質水準不足製程提出解決的對策。

本研究將參考此概念並以發展的 C_{pmk} 指標評估模式，衡量多品質特性之產品品質，接著我們將運用多項品質特性製程能力分析圖(MPCAC/ C_{pmk})，同時評估多品質特性之產品品質。在繪製 MPCAC/ C_{pmk} 圖前，我們首先定義 μ_y 為 $\mu_y = (\mu - T)/d$ 製程準確度指標(X軸)， σ_y 定義為 $\sigma_y = \sigma/d$ 精確度指標(Y軸)，我們可以將 C_{pmk} 指標公式重新表示如下：

$$C_{pmk}(\mu_y, \sigma_y) = \frac{d - |\mu - T|}{3\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} = \frac{1 - (|\mu - T|/d)}{3\sqrt{(\sigma/d)^2 + ((\mu - T)/d)^2}} = \frac{1 - |\mu_y|}{3\sqrt{\sigma_y^2 + (\mu_y^T)^2}} \quad (19)$$

當我們令 $C_{pmk} = C$ 且 $\sigma = 0$ 時，則公式(19)可重新表示如下：

$$\begin{aligned} \frac{d - |\mu - T|}{3|\mu - T|} &\geq C \Rightarrow 3C|\mu - T| \leq d - |\mu - T| \Rightarrow (3C + 1)|\mu - T| \leq d \\ \Rightarrow |\mu - T| &\leq \frac{d}{3C + 1} \Rightarrow \mu - T \geq \pm \frac{d}{3C + 1} \Rightarrow \mu \geq T \pm \frac{d}{3C + 1} \\ \Rightarrow T - \frac{d}{3C + 1} &\leq \mu \leq T + \frac{d}{3C + 1} \end{aligned} \quad (20)$$

當衡量單一製程品質時，我們只要將製程品質水準(即 C_{pmk} 值)與製程規格代入公式(20)，即求出多品質特性製程能力分析圖之製程準確度指標(X軸)範圍。此外，分析多項製程品質特性時，我們可以透過標準化的概念，將不同製程規格標準化，使所有製程在相同的基礎下進行衡量。根據公式(20)的

標準化公式轉換如下：

$$T - \frac{d}{3C+1} \leq \mu \leq T + \frac{d}{3C+1}$$

$$\Rightarrow \frac{\left(T - \frac{-d}{3C+1}\right) - T}{d} \leq \frac{\mu - T}{d} \leq \frac{\left(T + \frac{d}{3C+1}\right) - T}{d}$$

接著 $\mu_y = (\mu - T)/d$ 代入上式即可獲得製程準確度指標(X 軸)的範圍，公式整理如下：

$$\Rightarrow -\frac{1}{3C+1} \leq \mu_y \leq \frac{1}{3C+1} \quad (21)$$

根據 Chen et al. (2006)所提六標準差的概念，假設某產品有 5 個重要品質特性製程，我們可以由公式(17)與公式(18)分別求出 3-Sigma、4-Sigma 與 5-Sigma 品質水準下的個別指標值(w 值)分別為 0.581436、0.710169 與 0.853465，如表 2 所示。再各別將值代入公式(21)，即可求出各品質水準下準確度指標 μ_y 值分別為 ± 0.36 、 ± 0.31 與 ± 0.28 的 X 軸，最後將精確度指標範圍描繪於圖 8 的 C_{pmk} 等高線圖中。

此外，當決定製程品質水準 C_{pmk} 與獲得製程準確度指標 (μ_y) 後，即可計算出 σ_y 值，公式整理如下：

$$C_{pmk}(\mu_y, \sigma_y) = \frac{1 - |\mu_y|}{3\sqrt{\mu_y^2 + \sigma_y^2}} = C$$

$$\frac{1 - |\mu_y|}{3C} = \sqrt{\mu_y^2 + \sigma_y^2} \Rightarrow \left(\frac{1 - |\mu_y|}{3C}\right)^2 = \mu_y^2 + \sigma_y^2$$

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{1 - \mu_y^2}{3C} - \mu_y^2} \Rightarrow \sqrt{\frac{1 - \mu_y^2(1 + 3C)}{3C}} \quad (22)$$

如前所述，當我們根據公式(21)分別計算出 3-Sigma、4-Sigma 與 5-Sigma 品質水準下的 μ_y 值分別為 ± 0.36 、 ± 0.31 與 ± 0.28 ，接著將 μ_y 值分別代入公式(22)，即可求出各品質水準下精確度指標 σ_y 值分別為 0.93、0.90 與 0.86，並描繪出三個品質水準下的等高線圖，如圖 8 所示。

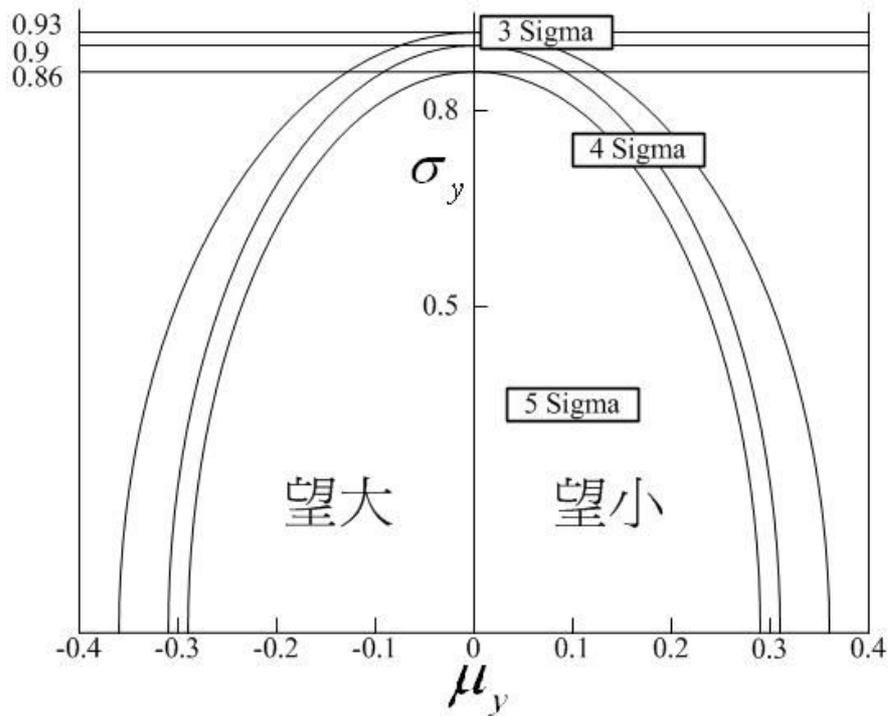


圖 8 指標 C_{pmk} 等高線圖

每一個座標點 (μ_y, σ_y) 都代表一個製程，只要將每個製程的座標點描繪於分析圖上，即可根據其位置而判斷製程的品質狀況。

因此，在不失一般性的情形下，本文將根據前述理論，訂定衡量步驟以評估觸控面板之製程品質，並判斷產品或製程之準確度與精確度是否符合品質水準，分析步驟如下：

- 步驟一：選定產品望目、望小與望大型重要品質特性製程總數 m 。
- 步驟二：決定產品製程能力水準(k -sigma)，透過公式(18)換算為產品製程能力 C_{pmk}^T 值，並根據公式(17)計算單一重要品質特性製程之製程能力指標 w 值。
- 步驟三：根據計算出之 w 指標值，透過公式(21)與公式(22)發展並繪製多品質特性產品之製程能力分析圖，如圖 8 所示。
- 步驟四：參考品質管制圖的概念，實際抽取樣本並計算所有望目、望小與望大型重要品質特性製程之樣品平均數 \bar{X} 、 μ_y (準確度)、 σ_y (精確度)，並將座標 (μ_y, σ_y) 標示於多品質特性產品之製程能力分析圖。
- 步驟五：根據所有製程之指標值在多品質特性產品之製程能力分析圖的落點，判斷產品或製程之準確度與精確度是否符合品質水準，並選定較差製程做為品質改善專案。

第四章 實例驗證

4.1 個案實証

本研究以台灣某觸控面板製造廠做為研究對象，觸控面板的製程十分繁瑣，每站製程間都有相依的關係存在，若是各製程品質出現差異，將會使得在後續製程出現嚴重錯誤、良率無法提升、導致時間與成本的浪費等問題，且多數製程都無法重工，因此每段製程的品質都十分重要，關係製程的成敗與獲利的關鍵因素。

一般來說，製程的功能或規格要求必須符合產品的規範，才能確保每項部品的品質，這樣的製程規格，我們稱之為重要品質特性。因此，本研究以台灣地區觸控面板 A 廠製程為例，整理出五項重要品質特性規格製程，其規格如表 3 所示：

表 3 重要品質特性表格

重要品質特性		規格	屬性	各站良率 (Yield%)
Sputtering 鍍膜	ITO 膜厚	$250 \text{ \AA} \pm 20 \text{ \AA}$	望目型	85~95%以上
	Metal 膜厚 (Mo/Al/Mo)	$2400 \text{ \AA} \pm 20 \text{ \AA}$	望目型	
	SiO ₂ 膜厚	$800 \text{ \AA} \pm 80 \text{ \AA}$	望目型	
PR Coating 塗佈	光阻劑厚度	$20000 \text{ \AA} \pm 2000 \text{ \AA}$	望目型	
Etching 蝕刻	電路線寬	$\leq 20 \mu\text{m}$	望小型	80~90%以上

如表 3 所示，這五項製程重要品質特性將是本研究所探討的重點，包括 4 個望目型與 1 個望小型重要品質特性製程，因此透過本研究所發展品質評估模式，可找出影響產品品質不佳的重要品質特性製程，並提出改善對策與建立品質評估模式的知識庫建立，以提升產品品質及良率。分析步驟如下：

步驟一：觸控面板產品製程包括 4 個望目與 1 個望小重要品質特性製程，因此關鍵製程數 $m = 5$ ，如表 3 所示。

步驟二：案例公司要求產品品質需達 4 個標準差，所以我們可透過公式 (18)，分別依 3-Sigma、4-Sigma 與 5-Sigma 計算其製程總指標 C_{pmk}^T 值，並根據公式(17)計算個別重要品質特性製程之 w 值 (即 C_{pmkj} 值)，分別為 0.581436、0.710169 與 0.853465。

步驟三：將個別重要品質特性製程之 w 值 (即 C_{pmkj} 值)，再代入公式(21)與公式(22)中，計算 3-Sigma、4-Sigma 與 5-Sigma 品質水準相對應的 $\mu_y^{k-sigma}$ 、 $\sigma_y^{k-sigma}$ 值，如表 4 所示，並繪製各品質水準之等高線圖，如圖 9 所示。

表 4 案例公司的等高線範圍座標表

	3-Sigma ($C_{pmk}^T = 0.2773$)		4-Sigma ($C_{pmk}^T = 0.4621$)		5-Sigma ($C_{pmk}^T = 0.647$)	
	座標 μ_y	0	± 0.36	0	± 0.31	0
座標 σ_y	0.93	0	0.9	0	0.86	0

步驟四：共截取樣本 $m = 30$ 組，分別計算 \bar{X} 、 μ_y 與 σ_y 於表 5。將準確度與精確度求出的值作為座標，依續標示於多品質特性之製程能力分析圖上 (Multi-Characteristic Product Capability Analysis Chart -MPCAC/ C_{pmk})，如圖 9 所示。

表 5 重要品質特性製程參數與座標資料表

重要品質特性	樣品平均數 \bar{X}	準確度 μ_y	精確度 σ_y	座標 (μ_y, σ_y)
光阻劑厚度(A)	20663.3	0.33	0.64	(0.33 , 0.64)
電路蝕刻線寬(B)	20.1	0.04	0.04	(0.04 , 0.04)
ITO 膜厚(C)	253.33	0.17	0.49	(0.17 , 0.49)
Metal 膜厚(D)	2405.76	0.29	0.37	(0.29 , 0.37)
SiO ₂ 膜厚(E)	819.34	0.24	0.60	(0.24 , 0.60)

步驟五：由表 5 的各品質特性製程座標點中，ITO 膜厚(C)、Metal 膜厚(D)與 SiO₂ 膜厚(E)等 3 個望目型重要品質特性製程，以及蝕刻線寬(B)望小型重要品質特性製程均達到 4-Sigma 的品質水準，僅光阻劑塗佈製程(A)未達到 4 個 Sigma 的品質水準，很顯然光阻劑塗佈製程的準確度與精確度皆不足，因此進行品質改善時應將此製程列為優先改善製程，製程改善對策可參考表 8 本研究彙整的改善措施表，分析其製程精準度不足的原因。

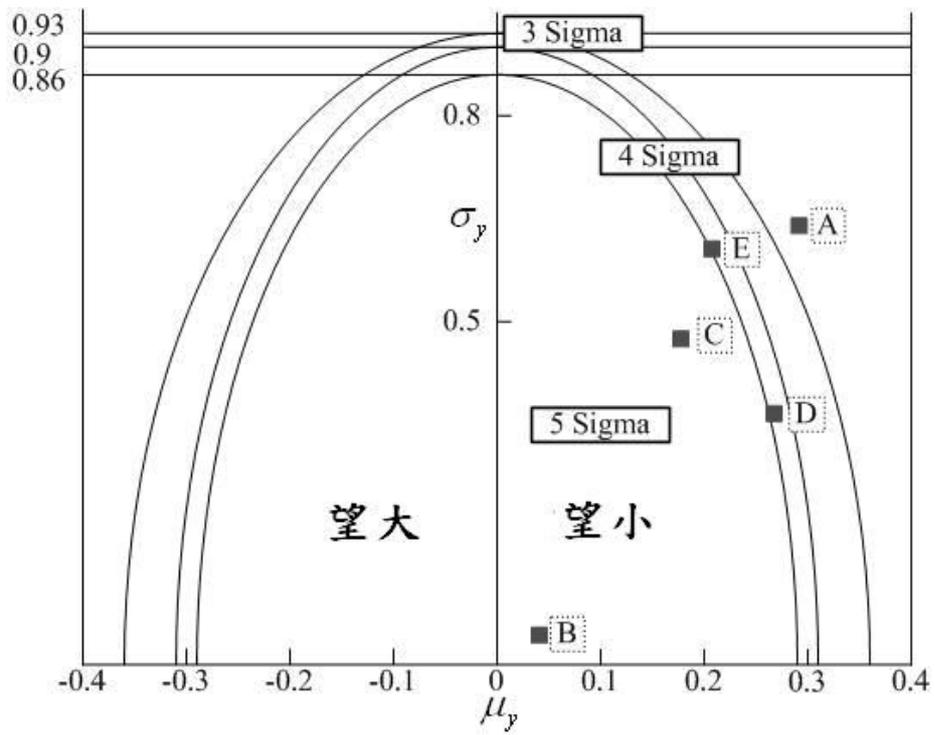


圖 9 案例公司產品製程能力分析圖(MPCAC/ C_{pmk})



4.2 製程能力績效分析

製程能力分析圖(Multi-Characteristic Product Capability Analysis Chart -MPCAC/ C_{pmk})能明確、清楚顯示各項重要品質特性的製程能力，做為改善與績效提昇的準則。透過製程能力區域分配，能明確得判斷哪些製程需要修正，同時查詢最佳的改善手法，進行異常的排除。

4.2.1 製程能力區域圖

透過本研究所發展的評估模式，由各項重要品質特性與數據，求出各項座標位置，繪出圖 9 製程能力分析圖後，根據各項落點位置，本文以 4-Sigma 品質水準為例，劃分出五個製程能力區域，可判斷出其製程的準確度與精確度是否滿足製程規格，製程能力區域如圖 10 所示。

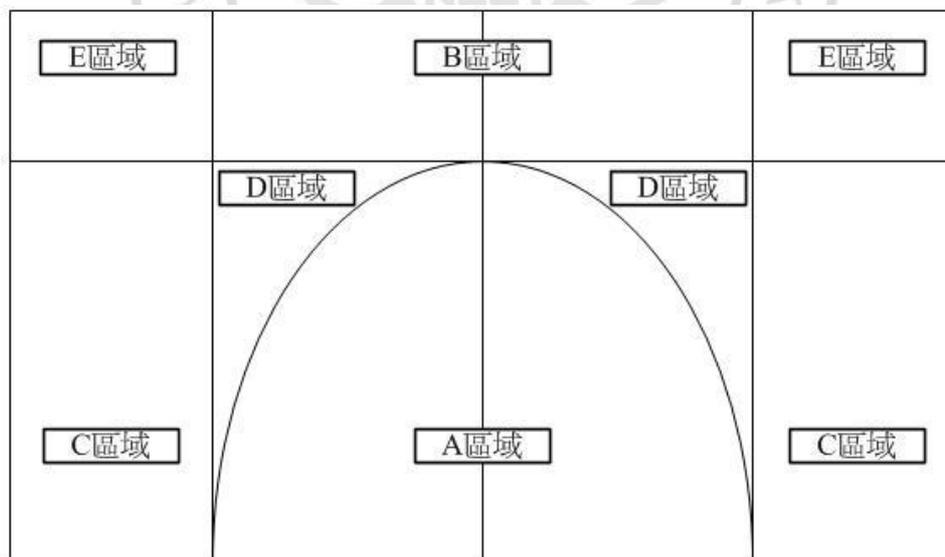


圖 10 製程能力區域圖

區域 A: 極佳的製程能力，其準確度、精確度皆滿足顧客品質水準，屬於合格區域，需保持水準。

區域 B: 準確度佳但精確度不足，表示未達顧客品質水準，需提出品質改善方案，將水準改進至區域 A。

區域 C: 精確度佳但準確度不足，表示未滿足顧客品質水準，需立即檢討改善，提升其製程準確度。

區域 D: 準確度與精確度需擇一項目進行改善，實務上以準確度因素為首要改善為目標，再考量精確度問題。

區域 E: 準確度與精確度均不足，需全面檢討製程精準度，改善順序為先改善製程準確度因素，進一步檢討精確度的問題。

由製程能力與品質等級的關係做區域劃分，針對觸控面板製程中的異常提出的製程分析與改善措施原則，如表 6 所示：

表 6 製程能力分析圖之品質區域分析改善對策表

區域	製程能力	原因分析	改善對策
A	<input checked="" type="checkbox"/> 準確度	符合顧客要水準	維持高品質水準
	<input checked="" type="checkbox"/> 精確度	品質優於顧客要求	設法降低生產成本
B	<input checked="" type="checkbox"/> 準確度	製程參數設計錯誤	修正製程參數
	<input type="checkbox"/> 精確度	治具量測產生誤差值	增加校正頻率
C	<input type="checkbox"/> 準確度	原材料問題	落實入料抽檢動作 要求供應商提供檢驗規範
	<input checked="" type="checkbox"/> 精確度	作業程序錯誤	落實人員教育訓練
D	<input type="checkbox"/> 準確度 <input type="checkbox"/> 精確度	區域 B、C 不良原因同時存在 需擇一項目進行改善	實務上以準確度 為首要改善為目標
E	<input type="checkbox"/> 準確度 <input type="checkbox"/> 精確度	區域 B、C 之不良原因 同時存在且無法時改善	立即暫停所有製程 進行全面檢討，求出真因 實務上以準確度為 首要改善為目標

根據 Wang et al.(2011)指出，知識庫的善用，可提高組織的生產率、反應能力與技術技能的提升。若遇到疑惑，能透過知識庫分享過濾可疑的因素，列出解決問題的方法與詳細描述解決步驟，協助達成正確判斷之分析。因此，本研究蒐集專家的建議，將重要品質特性製程的知識庫資料以列表式呈現，做為改善人員進行分析異常時參考。

4.3 發展異常製程問題點知識庫

4.3.1 鍍膜製程

鍍膜製程分為 ITO 層、Metal 金屬層、SiO₂ 二氧化矽層，透過真空鍍膜方式生產，依續鍍在玻璃表面。由於鍍膜是整個製程中之關鍵步驟，成膜厚度不均或脫落會使薄膜導電、光學特性差，且折射率不固定，造成散射等問題。若是品質出現瑕疵，對整個製程的影響比其他製程更大，若無法立即改善，造成物料破壞後就必需重新投入新料，而提高生產成本，也將會影響產品良率。鍍膜製程問題點與改善措施表，如表 7 所示：

表 7 鍍膜製程問題點與改善措施表

站別	項目	原因	影響	改善措施
Sputtering 鍍膜 (ITO / Metal / SiO ₂)	異物	玻璃基板不潔，異物雜質的存在	異物殘留導致後段製程品質不良	<ol style="list-style-type: none"> 1. 增加玻璃基板清潔頻率 2. 改善沖洗水壓、水量、角度與方法 3. 使用藥劑與 UV 燈清潔玻璃 4. 定期確認 UV 燈能量
	鍍膜過厚、過薄	噴嘴阻塞，成膜速度受影響	<ol style="list-style-type: none"> 1. 色度不均，影響光學性 2. 膜厚過厚、薄，面阻抗異常，造成電性問題 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調整製程參數 2. 加強人員教育訓練 3. 增加首中檢測頻率與機台點檢項目 4. 增加噴嘴清潔頻率

表 7 鍍膜製程問題點與改善措施表(續)

站別	項目	原因	影響	改善措施
Sputtering 鍍膜 (ITO / Metal / SiO ₂)	鍍膜脫落	材料表面結構，產生 附著性不佳等問題	1. 電路短斷 路，造成電 性問題 2. 外觀視效 3. 色度不 均，影響光 學性	1. 變更結構設計 2. 加強鍍膜前清 洗 3. 首件抽檢時，定 時使用棉簽擦 拭清潔 4. 更換材料
	顏色差異 /不均	膜厚超出製程規範	1. 外觀視效 2. 色度不 均，影響光 學性	1. 控制 Spin 之 轉速 2. 控制顯影液之 濃度 3. 增加抽檢頻率
	ITO pattern 良率異常	1. 真空外洩 2. Metal 層殘留	電路短/斷 路，造成電性 不良	1. 管控靶材 (Target)使用期 限 2. 增加抽檢頻率 3. 檢查控制螢幕 真空外洩實驗 檢驗真空槽

4.3.2 光阻劑塗佈製程

光阻劑塗佈製程主要面臨的問題在於如何維持光阻的厚度與均勻性，並降低光阻劑的使用量，以達到減少生成本。而塗佈製程異常會影響後段製程品質不良、色差等問題，因此提高均勻性是要努力改進的方向。光阻劑塗佈製程問題點與改善措施表，如表 8 所示：

表 8 光阻劑塗佈製程問題點與改善措施表

站別	項目	原因	影響	改善措施
Coating 光阻塗佈	膜厚異常 (過厚/薄、 不均勻)	1. 旋轉塗佈設備之轉速參數錯誤 2. 噴嘴阻塞，影響光阻劑滴入的量 3. 光阻劑濃度 4. 光阻劑滴速 5. 塗佈轉輪間距大 (Coating roller gap)	影響後段 製程品質不良 (含顯影、 蝕刻、 剝膜製程)	1. 修正製程參數 2. 加強人員教育訓練 3. 增加首/中檢測頻率(膜厚 6 小時首/中檢確認) 4. 增加機台點檢項目

4.3.3 曝光與顯影製程

曝光與顯影的目的主要以光為媒介通過光罩將圖案進行轉移，並用離子水移除不必要之光阻劑，曝光部份將被洗去，留下未曝光的圖形，做成像顯影。若出現異常，則造成產品觸控功能操作異常。因此正確選取光罩版本和顯影殘留問題，是此站最大的課題，曝光與顯影製程問題點與改善措施表，如表 9 所示：

表 9 曝光與顯影製程問題點與改善措施表

站別	項目	原因	影響	改善措施
Exposure 曝光	光罩錯誤 (Mask)	光罩(Mask)版本取用 錯誤	ITO 菱型 矩陣圖案 (ITO Pattern) 顯示異常	1. 光罩需確時記錄 版次與日期 2. 作業完成必需將 光罩交由治具管 理員集中保管 3. 製作一批產品 後，暫停並確認 光罩版本
	曝光位移	1. 曝光能量不足 2. ITO Bridge 寬 度、ITO 菱型矩陣 圖案(ITO Pattern) 規格不符 3. Metel 層走線寬 度規格不符 4. Metel 層走線阻 值異常	1. 畫面顯示 異常 2. 觸控功能 操作異常	1. 曝光基準點確認 2. 控制曝光能量範 圍 ($\pm 10\text{mj}$) 3. 製作 90 片產品 後，暫停並更換型 號確認
Developing 顯影	ITO 層殘 留、剝落	1. 顯影不良 (溫度 異常、顯影劑流 量與循環時間不 足) 2. 顯影劑濃度規格 不符	觸控功能 操作異常	製作一批產品後，暫 停並再次進行線距與 外觀確認
	短路斷線	1. 硬烤(Hard bake) 溫度過低 2. 硬烤(Hard bake) 時間不足	電路短斷路， 造成電性問題	1. 每批量/每次量測 顯影劑濃度 2. 控制顯影劑濃度 3. 增加抽檢頻率

4.3.4 蝕刻與剝膜製程

目的主要由蝕刻技術，將顯影後產生的光阻圖案轉印至光阻下的材質上，形成複雜的積體電路。清除光阻劑，必免溶液殘留於基材料上，造成損害基板層。若異常則造成電路短斷路，與外觀視效等問題。如何將轉印在玻璃基板的電路正確去除，是目前產業中最重要問題，蝕刻製程問題點與改善措施表與剝膜製程問題點與改善措施表，如表 10、表 11 所示：

表 10 蝕刻製程問題點與改善措施表

站別	項目	原因	影響	改善措施
Etching 蝕刻	電性異常	電路過蝕刻、不全造成線寬大小異常	阻抗問題，造成電路短路/斷路	<ol style="list-style-type: none"> 1. 調整製程參數 2. 調整高壓純水液噴嘴管高度 3. 蝕刻條件不正確 (蝕刻液反應溫度、濃度異常) 4. 首件製作需檢驗蝕刻品質的短斷路狀況
	Metal 層、ITO 層 短路問題	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蝕刻條件不正確 2. 使用錯誤的 ITO 阻值玻璃 3. ITO bridge pattern 阻值異常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電路短斷路，造成電性問題 2. 觸控功能操作異常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蝕刻條件規格不符 2. 落實電路短/斷路量測 3. 增加抽檢頻率
	ITO 阻值異常	<ol style="list-style-type: none"> 1. ITO 走線太細 2. 部份 ITO 靶材 (Target) 未使用完全 3. Metal 蝕刻能力不足 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 畫面顯示異常 2. 觸控功能操作異常 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機台清潔時，確認靶材 (Target) 狀況 2. 確認各導電層規格與特性 3. 濺鍍後，確認 ITO 層寬度及阻值 4. 控制 Metal 酸性溶液濃度

表 10 蝕刻製程問題點與改善措施表(續)

站別	項目	原因	影響	改善措施
Etching 蝕刻	過蝕刻 蝕刻薄殘	<ol style="list-style-type: none"> 1. 蝕刻不良造成線寬、距不符 2. 蝕刻液溫度過低 3. 蝕刻速度太快 4. 蝕刻液流量不足 5. 蝕刻液濃度規格不符 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電路短斷路，造成電性問題 2. 外觀視效 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 檢查度狀況監控儀器螢幕頻率，避免加熱器動作異常 2. 蝕刻液濃度，一日 2 次濃度重檢與設定 3. 製作 90 片產品後，暫停流程並再次進行線距/圖形檢查
	蝕刻液 殘留	<ol style="list-style-type: none"> 1. 高壓純水液回滲 2. 水洗清潔 3. 蝕刻液管線阻塞 4. 參數設定錯誤 5. 製程用氣體純度不佳 	<p>影響後段製程品質不良(剝膜製程)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 加強水洗清潔頻率 2. 停機進行管線清潔 3. 重新確認參數設定 4. 要求供應商提供檢驗規範及氣體瓶，並於生產前實施蝕刻實驗

表 11 剝膜製程問題點與改善措施表

站別	項目	原因	影響	改善措施
Stripping 剝膜	剝膜殘留	<ol style="list-style-type: none"> 1. 剝膜濃度規格不符 2. 剝膜溫度過低 3. 剝膜速度太快 4. 剝膜流量不足 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 鹼殘 2. 白霧 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 製作 90 片產品後，暫停流程並再次進行鹼殘留/光阻殘留檢查 2. 剝離後，量測第一片 ITO 線寬 3. 控制 ITO 蝕刻溫度、噴灑壓力 (Spray)、蝕刻速度
	針孔/異物	<ol style="list-style-type: none"> 1. 光阻劑未完全剝離 2. 光阻劑殘留導致異物雜質產生 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 電路短斷路，造成電性問題 2. 外觀視效 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 控制溫度及噴灑壓力 (Spray) 2. 增加確認剝離液濃度頻率

第五章 結論與未來研究方向

近年來製程能力指標已廣泛的應用於衡量製程品質水準的手法工具，可掌握目前製程品質狀況以確認品質是否維持於水準之上，又能預防不良品的發生，因此成為持續改善的一項重要依據。透過分析能讓製程人員在面對異常時能快速地進行改善與並追蹤，建立起標準化的品質改善系統，進而提升產品良率與水準，達到滿足客戶需求的目標。據此，本研究以製程能力指標為工具，發展一套可同時衡量望大、望小與望目型品質特性製程之整合型評估模式，同時建立知識庫以提供產業界製程分析時一套實務的衡量方法。本研究，結論與建議未來研究方向，分述如下。

5.1 結論

本研究分析之觸控面板個案公司期望運用六標準差概念，以推行並改善製程良率與管理產品品質系統。因此本研究針對觸控面板製程以製程能力 C_{pmk} 指標來發展可同時衡量望大、望小與望目型製程的多項品質特性製程品質評估模式，可以運用於實際製程中的製程衡量與分析，同時此研究分析手法也可提供其他製造產業做為生產良率提升時之參考。

因此，本研究歸納出主要的研究成果如下：

1. 本研究探討製程能力指標和六標準差的概念，針對實際觸控面板產品中具多項品質特性的重要製程，且考量製程間可能分別存在相依關係的特性，發展一套可同時衡量望大、望小與望目型品質特性製程之整合型評估模式，以解決複雜的製程評估問題。此外，透過製程能力分析圖上的落點，能迅速獲知製程的準確度與精確度狀況，並進行後續的製程分析與改善，進而達到提升產品品質水準與良率的目標。

2. 發展多重品質製特性製程能力分析圖(Multi-process capability analysis chart ; MPCAC)，透過製程能力分析圖上的落點，能迅速獲知於製程中準確度與精確度狀況進行後續的製程分析與改善，進而達到提升產品品質水準與良率的目標。
3. 本研究針對觸控面板建構知識庫，針對觸控面板前段製程常見的問題進行分析探討解決對策並進行知識庫彙整，可讓製程人員快速查詢以做為製程改善時參考，確保其製程品質，也避免類似問題點發生而造成改善速度與生產進度的延遲。
4. 持續進行品質改善以提升產品品質，滿足現今製造環境變化迅速的客製需求，於微利時代中獲得最大的利潤，達成永續經營之目標。

5.2 未來研究方向

後續的研究，可依據現有評估模式為依據，擴充延伸其他議題，期待能更接近實際製造產業中的情況，本研究對於未來研究方向提出以下建議：

1. 衡量非對稱型製程的重要品質特性

現今製造業許多產品的製程規格，除了對稱型規格外，同時也存在許多非對稱性的規格製程，因此未來可延伸非對稱規格進行評估，發展完整整合型監控模式，以提供各製造業推動品質改善與管理上做有效的控管。

2. 持續建構與維護知識庫內容

藉由技術專家對製程改善建議蒐集建立的知識庫，可提供製程問題查詢與分享的服務，以達成知識延續的傳遞的目標。但由於技術發展日新月異，製程改善內容與手法也隨技術的發展應有所不同，因此為確保知識庫之準確性，就必持續維護知識庫。此外，因應製程技術的更新，未來也需朝多方面製程因素考量進行研究，深入探討以充實知識庫內涵。

3. 考慮檢測設備之量測品質

製程設備的因素可能存在許多複雜與未知問題，例如製程的重複性與再現性問題，對產品品質會造成干擾性影響，因此必需考慮實際可能遇到的狀況並提出異常排除手法，使決策者能做為實際依據的參考，讓此評估程序適用範圍更廣，對實務應用更有幫助，將是未來研究的課題。

4. 考慮常態/非常態評估模式

本研究的評估模式均假設於服從常態分配的情況下做探討，而實務上若抽樣數據建立在非常態情況下，則無法充份分析或是產生誤判，爾後若能以複式模擬抽樣法(Bootstrap Simulation)評估非常態製程，期望能更接進實際作業情況。



參考文獻

網頁文獻

1. 拓璞產業研究所 Topology research institute, 2010, 「2010 年觸控面板技術與市場未來趨勢」, 取自網站: <http://www.topology.com.tw/tri/>
2. 財團法人光電科技工業協進會, 2011, 「應用開枝散葉, 三大觸控技術各據山頭」, 取自網站:
<http://www.51touch.com/touchscreen/news/focus/201105/23-10062.html>
3. 科學人雜誌網站, 2011, 「彈指之間, 來瞧瞧觸控式螢幕的玄機」, 取自網站:
<http://sa.ylib.com/circus/circusshow.asp?FDocNo=10>
4. 材料世界網站, 2011, 「人機介面觸控技術的展望」, 取自網站:
<http://www.materialsnet.com.tw/default.aspx>

期刊文獻

5. 呂執中, 陳銘男 (2008), 「以六標準差專案進行觸控面板之品質改善」, 品質學報。
6. 吳建璋, 陳皓偉 (2009), 「製程能力指標 C_{pmk} 區間估計方法比較之研究」, 逢甲大學 工業工程與系統管理研究所碩士論文, 頁 6-23。
7. 曾信超, 許淑卿, 郭信霖(2007), 「在非對稱規格下弱度能力指標 C_{pp} 的貝氏估計」, 管理科學研究, 第二屆管理與決策學術研討會特刊, 頁 97-110。
8. 陳坤盛, 王靖欣, 陳細鈿(2006), 「應用六標準差之 MAIC 流程改善 TFT-LCD 面板之製程品質」, 智慧科技與應用統計學報, 頁 1-18。
9. 楊文凱、李岱昀(2001), 「光阻鍍膜機與濕蝕刻清洗機之製程與設備技術實務」, 東南技術學院機械工程系, 專題製作報告。

10. 楊浩哲(2009),「應用精實六標準差手法於觸控式面板組合流程改善之研究」,逢甲大學,工業工程與系統管理學系碩士在職專班碩士論文,頁 16-24。
11. 蔡坤賢、張雍政(2006),「LCD 光阻塗佈技術與發展趨勢」,化合物半導體與光電技術,技術專文,頁 61-64。

英文文獻

12. Bothe, D. R., 2000, "Composit Capability index fox multiple product characheristics," Quality engineer, pp 253-258.
13. Chen, Y. T., Cheng, K. S. Liu, J.K. and Huang, J. J., 2005 "An intelligent view box system for cephalometry," IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 54(1), pp 98-104.
14. Chan, L. K., Cheng, S. W. and Spiring, F.A. 1988, "A new measure of process capability: C_{pm} ." Journal of quality technology, 20(3), pp 162-175.
15. Chen, K. S., Chen, S. C. and Li, R. K., 2002, "Process capability analysis of capacitors," International Journal of Advance Manufacturing Technology, 19, pp 623-628.
16. Chen, K. S., Pearn, W. L., Lin, P. C. 2003, "Capability measures for processes with multiple characteristics." Quality and Reliability Engineering International .19 (2), pp 101-110.
17. Chen, K. S., Wang, C. H. and Chen, H. T., 2006, "A MAIC approach to TFT-LCD panel Quality Improvement. " microelectronics Reliability, pp 1189-1198.
18. Hoshimura, T., 2002 "Displays for business machines: operation liquid crystal displays of photocopier machines" , Displays, Vol.23, No.1-2, pp. 25-29.

19. Huang, C. F., Chen, K. S., Sheu, S. H., and Sheu, T. S. 2010. "Enhancement of axle bearing quality in sewing machines Using Six Sigma", Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B – Journal of Engineering Manufacture, 224(10), pp 1581-1590.
20. Ham, C. H., Lee, Y. H. 2002, Intelligent Integrated Plant Operation System for Six Sigma. Annual Reviews in Control, vol. 26, pp 27-43.
21. Juran, J. M., Juran., 1974, Quality control handbook, McGraw Hill , New York.
22. Kane, V. E., 1986, "Process Capability indices." Journal of quality technology, 18(1), pp 41-52.
23. Lynch, J. J. and Chen, M. N., 2008 "A Six Sigma Approach to Touch Panel Quality Improvement" , Journal of Quality, Vol. 15, No. 4, pp. 271- 281.
24. Lynch, D. P., Bertolino, S. and Cloutier, E., 2003 :How to scope DMAIC projects" ,Quality Progress, Vol. 36, No. 1, pp. 37-41.
25. Murata, A. and Iwase, H., 2005 "Usability of touch-panel interfaces for older adults" , Human Factors, 47 (4), 767-776.
26. Montgomery, D. C., 1985, "Introduction to statistical quality control", John Wiley and Sons, New York.
27. Michael L. G., (2002) "Lean six sigma" Mcgraw-hill, U.S.A.
28. Pearn, W. L., Kotz, S., and Johnson, N. L. 1992. "Distributional and inferential properties of process capability indices,." Journal of Quality Technology, 24(4), pp 216-231.
29. Wang, C. C., Chen, K. S., Wang, C. H., and Chang, P. H., 2011 "Application of 6-sigma design system to developing an improvement model for multi-process

multi-characteristic product quality”, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B – Journal of Engineering Manufacture, 225(7), pp 1205-1216.

