

以六標準差方法進行觸控面板之品質改善

呂執中¹，陳銘男²

¹ 國立成功大學工業與資訊管理學系

E-mail: jlyu@mail.ncku.edu.tw

² 南榮技術學院管理與資訊系

E-mail: ie004@mail.njtc.edu.tw

摘要

近十年來，六標準差之管理方式盛行於企業界，提高了製造業和服務業之品質。觸控面板為一種可以改善鍵盤及滑鼠體積過大、可攜帶性不佳的新產品，逐漸受到消費者的青睞而嶄露頭角，但其品質不佳，影響消費者使用之意願，改善品質為觸控面板這個產業發展之重要關鍵，但實務界及學術界之相關文獻，對其品質提升之探討卻相當稀少，本研究為提升觸控面板之品質，探討如何以六標準差之管理方式，建立一套觸控面板品質之管理方式，並以一個案公司所生產之觸控面板為例，解決產品，品質不佳，價格偏高，客戶滿意度亦無法提升等問題。

本研究利用六標準差之 DMAIC 五大步驟，以客戶之需求為導向，強調流程管理，以實驗計劃法提升製程能力並消除製程中之隱形工場，解決了觸控面板品質不佳之問題，在短期間內降低品質不良之成本、大幅提升關鍵績效、企業利潤與顧客滿意度。透過個案公司實施六標準差之 DMAIC 五大步驟，證實觸控面板之流程管理使用六標準差有顯著成效，可以達到六標準差之經營績效。

關鍵詞：六標準差、實驗設計、觸控面板

1. 緒論

六標準差(six sigma)整合統計與品管之工具，以 DMAIC-Define, Measure, Analyze, Improve, Control 之五個步驟，將傳統百分比不合格率改變為每百萬個產品只有 3.4 個不良品(3.4 parts per million, ppm)為標準。其作法為源頭就進行改善管理，強調流程管理，縮短流程時間，減少在流程中不符合規格之缺失，提升流程中的合格率，致力於浪費與無價值作業之消除，找出失敗成本之隱型工廠，減少庫存，增加產出率，降低成本並進行績效改善與目標之突破[2], [8], [10], [14]。六標準差管理注重高階主管之領導、選擇可高效率執行之高效益具體可行方案，並以品質機能展開或 Kano 品質模式針對顧客的聲音(Voice of customers, VOC)與關鍵

品質(Critical-to-quality, CTQ)決定關鍵輸出變數，強調藉由相關之訓練(如 Champion, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt Training)進而產生成本與效益結合之專案。六標準差管理以圖形分析為流程改善的重要工具，其作法為製作宏觀流程圖 (SIPOC, Supplier, Inputs, Process, Output, Customer)與細部流程圖 (Process Mapping)進行流程分析，以特性要因圖(Fishbone Chart)或柏拉圖(Pareto Chart)找出關鍵輸入變數，進行要因矩陣分析(Cause and Effect Matrix) 確認關鍵輸入變數與輸出變數之相關度。推動六標準差時，可以 FEMA(Failure Mode and Effect Analysis)檢討各工程前在之不良因素與嚴重性，以實驗設計(Design of Experiment)決定輸入變數之最佳水準，並以管制圖(Control Chart)管制與維持改善之績效[1], [4], [5], [6], [7], [11], [16]。

觸控面板為一種可以取代電腦鍵盤及滑鼠，不需要複雜的程序即可在電腦螢幕上直接用手指或筆，以觸碰方式輸入指令的新產品，可改善傳統的週邊設備體積過大，不易攜帶之缺失[3], [9], [13]，觸控面板目前由於價格偏高、品質不佳與客戶滿意度偏低的問題，影響了消費者使用意願，為此產業發展所必須面臨之課題。六標準差之作法在各種產業已獲得良好之改善績效[1], [12], [15], [16], [17]，觸控面板之執行六標準差管理以系統化提升其品質是一項值得探討之方向，而本研究由個案所建立一套觸控面板執行六標準差品質改善之步驟，未來亦可擴展至其他產業運用。

2. 個案介紹

個案公司是一家觸控面板之專業供應商，以下就個案公司問題進行描述與探討。觸控面板其主要組成包括一片氧化銦錫(Indium Tin Oxide, ITO)導電玻璃(ITO Glass)、一片氧化銦錫導電薄膜(ITO Film)，中間以間隔球 Spacer 分開(如圖 1)。

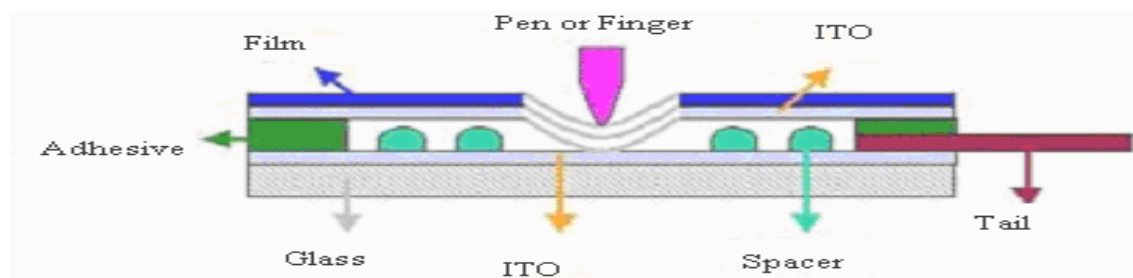


圖1 觸控面板之原理(source: <http://www.toppoly.com/toppoly/Technology/Touch.asp>)

觸控面板加上 Tail 軟式排線、控制 IC 組成，各依 XY 軸佈線，上下線路交錯處即形成一個開關(switch)，使用時利用壓力使上下電極導通，按壓即產生 ON/OFF 作用，ON/OFF 訊號經排線傳給 controller 處理，而導電玻璃與導電薄膜之阻抗值具有均勻性，其相對電位差呈現直線性，故經由控制器測知面板電壓變化，可計算出接觸點位置，進而得到輸入之內容。輸出訊號之精確性將受相對電位差直線性所影響，而導電玻璃與導電薄膜阻抗值之均勻性則是影響直線性之重要因素。

觸控面板之製造需先進行 ITO Glass 與 ITO film 之進料檢驗，合格品經絕緣

膠貼合、壓烤，再裝上軟性印刷電路板 (Flexible Printed Circuit, FPC)後進行壓烤，最後經紫外線(UV)固化而完成，其製造程序(如圖 2)，分析此製程，ITO Glass 與 ITO film 之品質、壓烤之條件、絕緣膠之種類與厚度將影響觸控面板之品質。

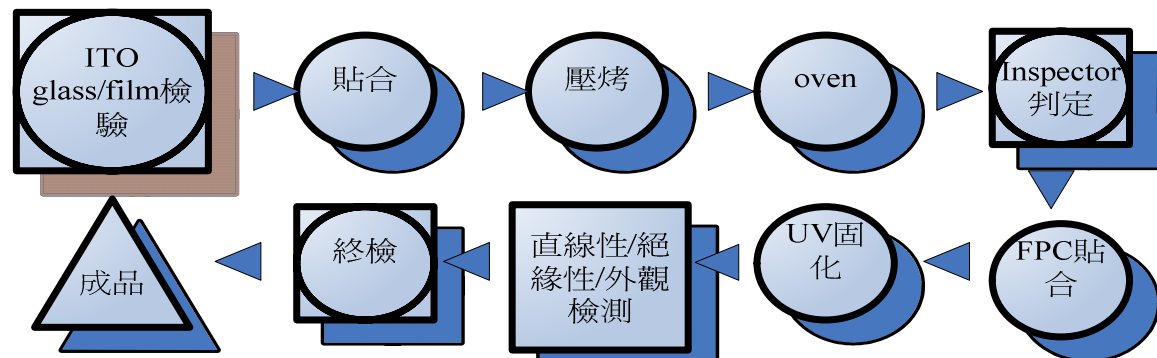


圖2 觸控面板之製造流程

個案公司經由顧客的聲音(Voice of Customer, VOC)分析得知，客戶仍對目前觸控面板之價格與品質皆不甚滿意，因此需提昇良率，降低成本，提供一個顧客滿意之價格，增加客戶滿意度，提高客戶下單意願，而個案公司產品之良率不佳，其主要原因在於貼合段製程之良率無法提升，為解決觸控面板良率之問題，本研究接下來以六標準差之五大步驟找出影響貼合段製程良率之重要因素，並決定其最佳參數水準，以提高製程之良率。

3. SIX SIGMA APPROACH

在推行 Six-sigma 管理的過程中，通常使用 DMAIC 五個改善步驟，亦即 Define, Measure, Analyze, Improve, Control 五個階段。Define 階段以顧客需求為導向，明定可衡量目標與不良情形，並於在最短期間內可獲得最大效益之專案。在 Measure 階段，衡量目前的關鍵績效指標，以及與目標或客戶需求之間的差距，進行初步製程能力分析與確認量測系統的分析，篩選影響績效之關鍵品質輸入變數。Analyze 階段用統計之 Test Hypothesis, Regression Analysis, Analysis of variance，瞭解造成問題的關鍵輸入變數。在 Improve 階段以實驗計畫 (Design of Experiment) 等方式，進一步篩選關鍵輸入參數，建立各參數最佳水準組合，最後在 Control 階段，藉專案管理以追蹤管理輸入變數，維持改善的績效，在此階段亦使用統計管制圖或防愚措施，確保製程能力與效益之提升。個案公司執行 DMAIC 之細節，詳述如下：

3.1. Define 階段

一般專案目標有 Quality, Cost, Delivery, Efficiency 四個方向，根據個案公司對重要客戶進行 VOC 分析，顯示為品質穩定與降價空間是重要之改進方向，考量專案目標與企業目標之關係，並以 Fishbone Diagrams 確定以 Quality 為優先改善項

目，而由品管報表得知產品良率與後段貼合良率偏低。進一步檢視其 SIPOC 宏觀流程圖，分析 Supplier, Inputs, Process, Output, Customer 等項目，探討各項目與企業目標關係力場圖(Force-Field Diagrams)，顯示 Process 為此專案焦點，改善焦點為後段貼合線所有製程，其 Critical-to-Quality(CTQ)之輸出特性為良率提昇，CTQ 之關鍵品質輸出變數為後段貼合製程良率。

3.2. Measure 階段

為找出影響後段貼合製程良率之因素，在 Measure 階段以圖形分析進行流程之探討，首先繪製 Macro process map, Detail process map, Ideal process map 等三種流程圖，從流程圖可發現隱形工廠，並找到最主要浪費點，以進行精實(lean)改善，再來繪製因果關係矩陣，並列出所有之關鍵品質相關輸入變數 X's。由以上之兩種圖形分析，可得到影響關鍵品質輸出變數 Y's，包括輸出電壓的直線性(Y1)、外觀(Y2)、絕緣性(Y3)、Crack(Y4)、Newton Ring(Y5)與 Scratch(Y6)等要素，本研究針對影響前三個主要因素進行分析，影響 Y1 之要素為 ITO Film 之阻抗值均勻性 (X1)、ITO Glass 之阻抗值均勻性 (X2)、FPC 壓烤時間(X3)、FPC 壓烤之溫度(X4)，FPC 壓烤壓力(X5)等五個因子，影響 Y2 之要素為 Film 材料種類(X6)與 Glass 材料種類(X7)、無塵室潔淨度(X8)、人員檢驗手法(X9)，影響 Y3 之要素為絕緣膠種類(X10)、絕緣膠之厚度(X11)。在 Measure 階段所需測量工具有：線性測試機、15X 目視鏡(如圖 3)。線性測試機用以量測線性功能與絕緣功能是否合格，而 15X 目視鏡則用以檢測外觀是否不良。三種量測系統經 Gage repeatability and reproducibility(R&R)之分析結果，顯示量測能力可以信賴。



圖 3 直線性與絕緣性測試機

3.3. Analyze 階段

針對 Measure 階段所得之變異來源，進行主效果圖(main effect) (如圖 4)及交互作用圖(interaction effect)之圖表分析(如圖 5)。由其主效果圖及交互作用圖，X6

無顯著差異, X9 主效果亦很小, X9 與 X6, X7, X8 交互作用最小, X1 與 X2 有交互作用, X10 與 X11 有交互作用, X7 有顯著差異, X7 對 Y2 有顯著影響, 而根據因果關係矩陣圖顯示 X3, X4, X5 亦為優先改善之要因。

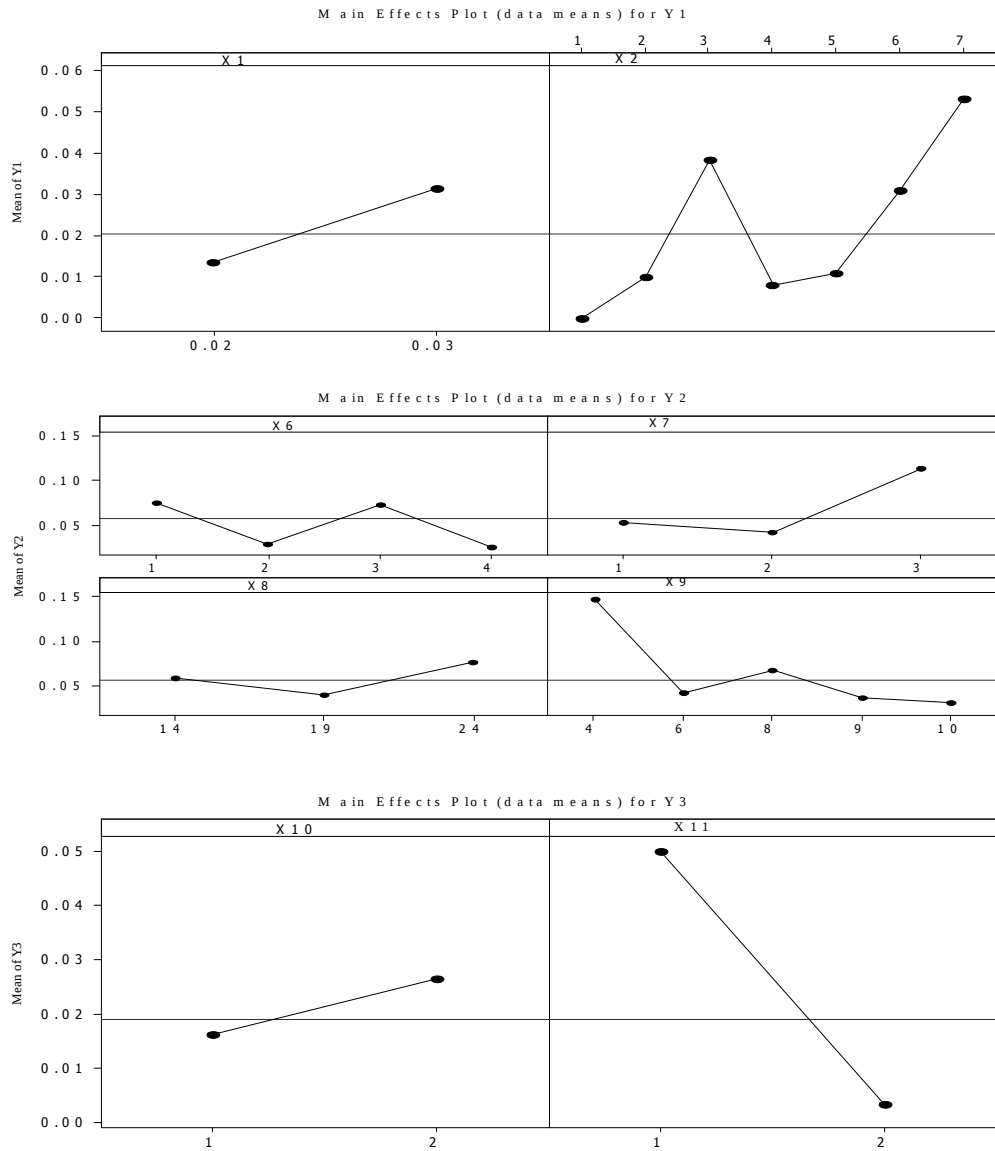


圖 4 貼合製程良率因素之主效果圖

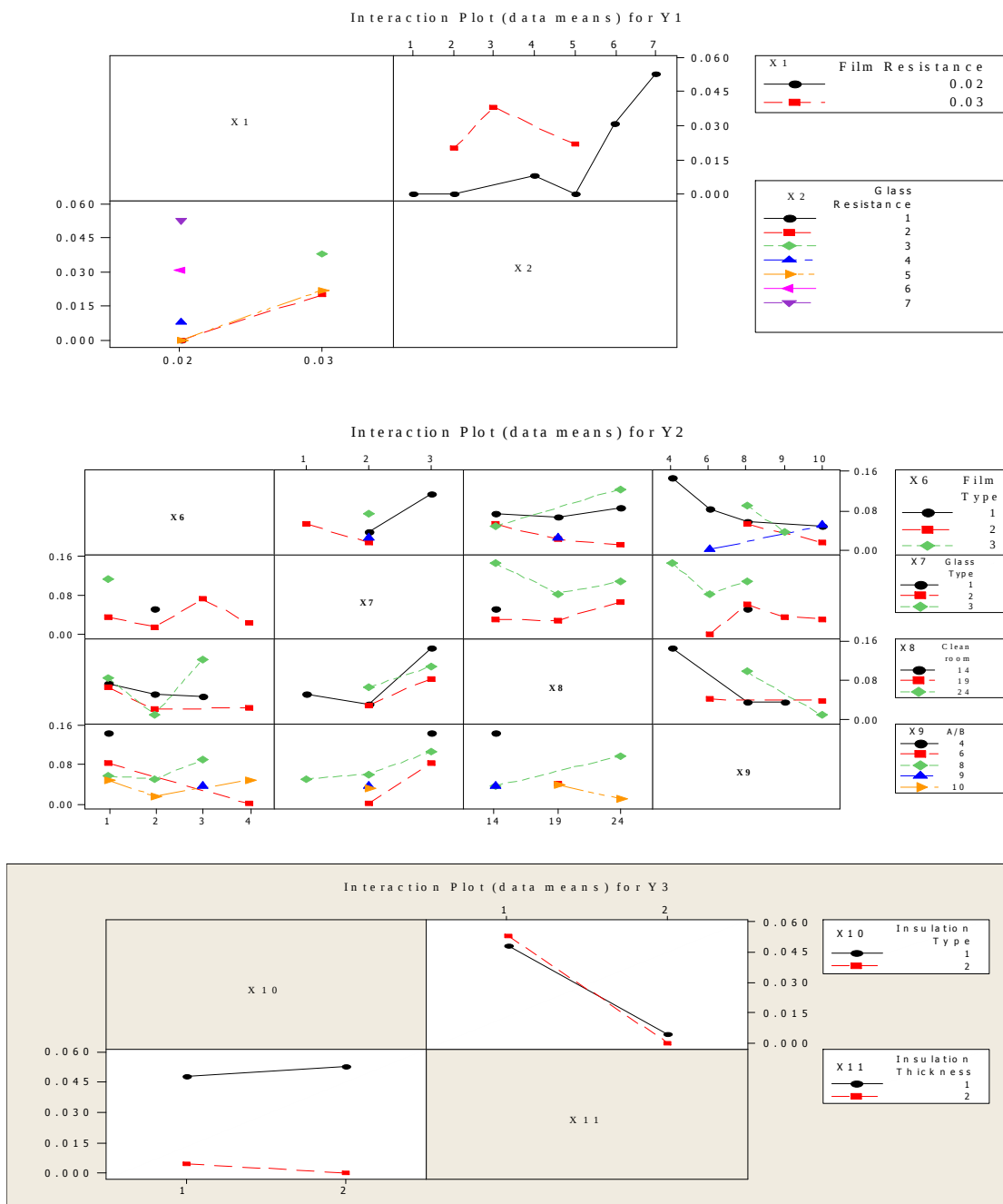


圖 5 貼合製程良率因素之交互作用圖

為找出其他影響因素，接著進行 ANOVA 分析（如表 1），探討 Y1 與 X1, X2, Y2 與 X6, X7, X8, X9, Y3 與 X10, X11 進行 ANOVA 分析，X1 之 p-value 為 0.036, X2 之 p-value 為 0.065, X6 之 p-value 為 0.064, X7 之 p-value 為 0.036, X10 之 p-value

為 0.000, X1, X7, X10 對後段貼合線製程良率提升有顯著影響，X11 對 Y3 有顯著影響，顯示 X1、X2、X7、X10 與 X11 等因素為重要因子。

表1 輸出特性之變異來源之統計分析

品質特性	Source of variation	DF	SS	MS	F	P-value
Y1	X1	1	0.000986	0.000986	1.92*	0.036
	X2	6	0.003410	0.000568	1.06	0.065
Y2	X6	3	0.01476	0.00492	2.56	0.064
	X7	2	0.01202	0.00601	4.56*	0.036
	X8	2	0.00287	0.00144	0.67	0.532
	X9	4	0.01209	0.00302	1.88	0.197
Y3	X10	1	0.007239	0.007239	56.7**	0.000
	X11	1	0.00312	0.00312	4.7	0.054

3.4. Improve 階段

接下來對 Y1 設計進行五因子二水準之實驗（如表 2），Y1 之實驗計畫為五因子二水準實驗，採 2^{5-1} 設計，解析度為 V，這個設計可提供有關主效應與二因子交互作用的資料，再根據 contour plot of reject rate 圖，影響 Y1 之最佳配置為 X1:-1, X2:-1, X3:0.9993, X4:1, X5:0.9565，故輸入變數之最佳配置為 X1 為 3unit 以下，X2 為 5unit 以下，X4 為 200unit，X3 為 20unit，X5 為 1.193unit。

為探討 Y3 與 X10 與 X11 之關係，設計二因子，二水準，二個 treatment, Batch = 96pcs 的實驗（如表 3），對實驗結果進行迴歸分析，判定係數為 91.25%，表示 Y3 與 X11 有顯著關係，p-value 為 0.001，X11 為 20~25unit。

在 Improve 階段，初步提出改善對策流程為加強 5S 管理，降低觸控面大中小尺寸混合生產之製程，盡量使製程單一化，採用品質較佳之供應商。為防止人員誤判採用固定檢驗人員，材料部門於 IQC(incoming Quality Control)建立加嚴進料檢驗機制並定期和檢驗人員會議溝通，對 15X 目視鏡定期校驗，並加強對量測人員之教育訓練。

表2 Y1之要因配置圖

	Input Variables	Levels	Specification	Remark
1	X1	2	3unit以下 / 4unit以上	-1, 1
2	X2	2	5unit以下 / 7unit以上	-1, 1
3	X3	2	10unit / 20unit	-1, 1
4	X4	2	150unit/ 200unit	-1, 1
5	X5	2	1unit / 2unit	-1, 1

表3 Y3之要因配置圖

	Input Variables	Levels	Specification	Remark
1	X10	2	C type / A type	-1, 1
2	X11	2	15unit以下 / 20unit以上	-1, 1

3.5. Control 階段

在 Control 階段分成操作參數修正、統計製程管制及流程控制計畫等三個方面進行控制。由實驗計劃驗證模型以得到最佳化參數後，操作參數修正為 X2 訂定為 7unit 以下、IQC 採加嚴檢驗及絕緣膠厚度定為 20unit 以上，統計製程管制設計為針對 X2 做標準差(S)管制圖，流程控制計畫則要求進料規格公差管制在 7unit 以下，並於蝕刻後進行 S 管制圖，X11 之首件檢查規格為 20unit 以上，並依照 MIL-STD-105E 表進行加嚴抽驗，最後針對無塵室著裝進行規範，並加強操作人員之教育訓練及考核。

4. IMPROVEMENT 階段進一步分析

人員透過實驗設計提昇後段貼合製程之良率，經實驗設計後找出最佳製程並將參數納入為此新製程之條件，接下來以最佳配置參數進行六標準差效果之驗證實驗，實驗所收集樣本數為同機種約一季取樣數目(全部 15 batch)，評估標準分 Y1 與 Y3 兩種，Y1、Y2 與 Y3 之資料均為常態分佈。

改善後後段貼合製程之製程能力分析（如圖 6）， C_{pk} 為 2.34， P_{pk} 為 2.25，顯示製程已達 6 σ 之品質水準，而比較製程改善前後之柏拉圖(如圖 7)，改善前 Y1 佔缺點數之 32.4%，為後段貼合製程之不良率主要要因，改善後 Y1 佔缺點數降為 15%，為後段貼合製程之不良率第三要因，已經大大地改善觸控面板之品質。

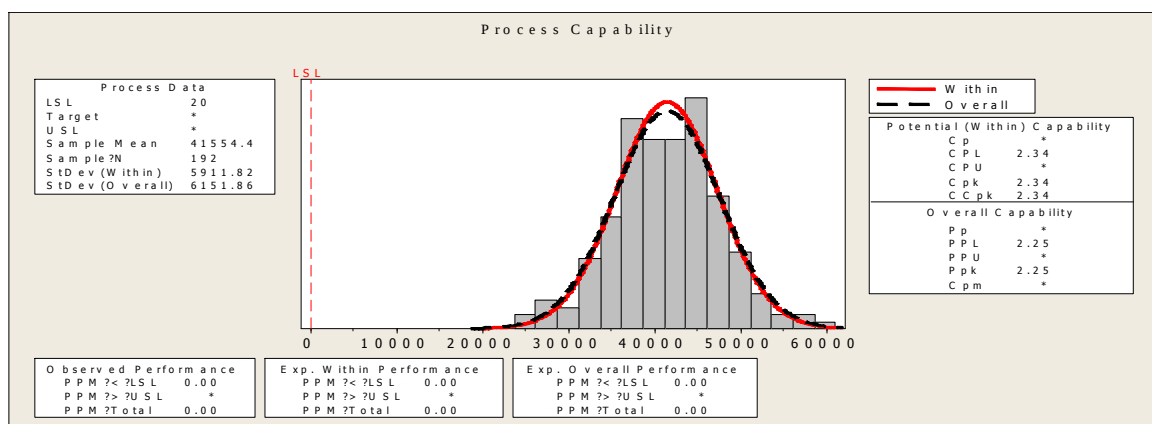


圖6 製程能力分析

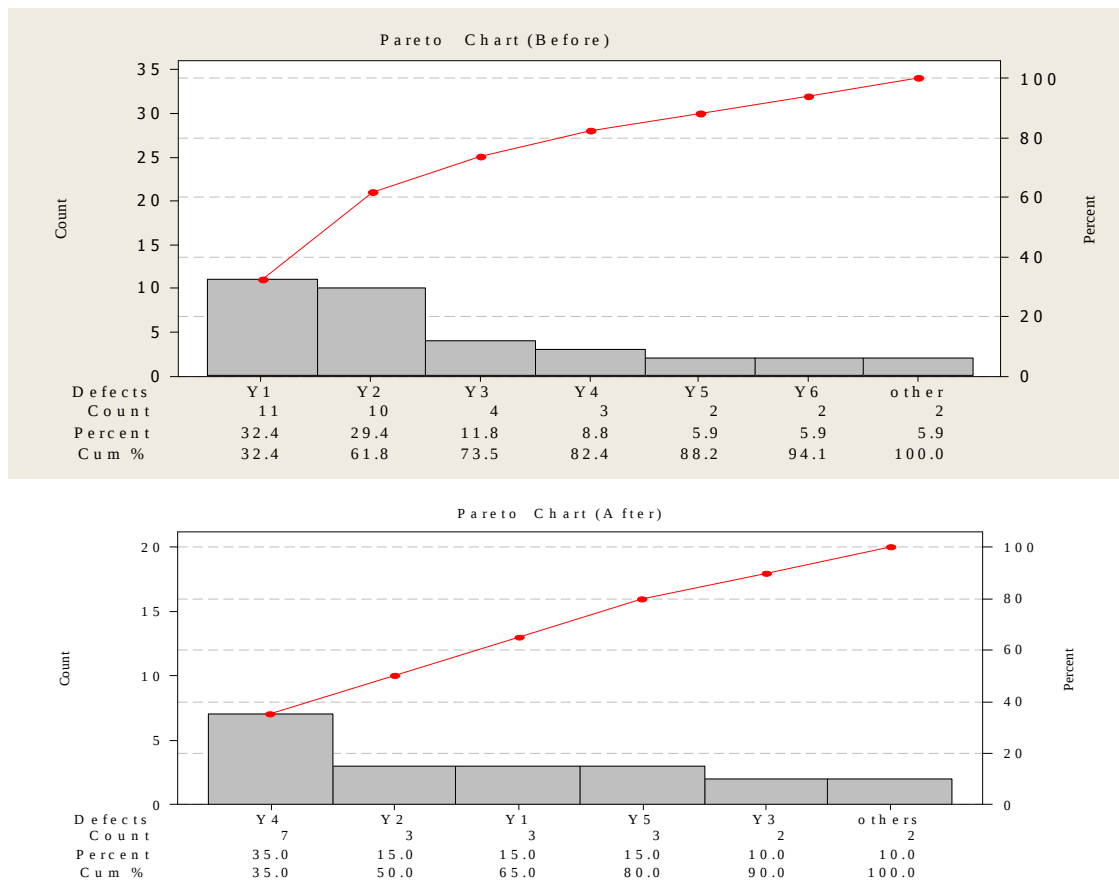


圖7 改善前後柏拉圖

5. 結論

本研究利用六標準差解決觸控面板品質不佳之問題，以 Define 階段確定改善專案為觸控面板後段貼合製程之良率，而決定此貼合良率之品質特性主要有輸出電壓之直線性、面板之外觀與貼合之絕緣性等三種。在 Measure 階段確定與評估直線性、外觀與絕緣性此三種量測系統之量測方式與量測能力，並在 Analyze 階段，了解直線性變異之來源為 ITO 薄膜阻值均勻性、ITO 玻璃阻值均勻性、軟性印刷電路板壓烤條件，外觀不良之原因為 ITO 薄膜與 ITO 玻璃之類型，絕緣不佳之原因為絕緣膠種類與印刷厚度。在 Improve 階段，以實驗計劃法找出最佳化驗證模型，並據以擬定改善對策。最後在 Control 階段，針對最佳化驗證模型進行實務面之合理化修正、統計品管之監控與流程控制計畫。個案公司透過 DMAIC 五大步驟之執行，在不增加投資新設備之條件下，提升製程能力並改善觸控面板品質不佳之問題，消除製程中之隱形工場，強化了客戶需求為導向之製造流程，並深化了流程管理之能力，在短期間內降低品質不良之成本、大幅提升關鍵績效、企業

利潤與顧客滿意度，證實觸控面板之生產製程使用六標準差有顯著之成效。另外在此個案公司推動六標準差之過程中，由於這種高品質製程有複雜之製程參數，在 DMAIC 五大階段中以 Improvement 階段中之 Design of Experiment 為整個專案的關鍵成功因素，個案公司必須強化專案成員之高級統計訓練與實驗設計方面之素養。後續該公司除可針對 Delivery、Cost、Efficiency 等方面進行進一步之導入，公司之相關部門間或其他企業也可參考其推動模式，以透過六標準差達到之經營績效提升的目的。

參考文獻

1. Banuelas, R., J. Antony and M. Brace, "An application of six sigma to reduce waste," *Quality and Reliability Engineering International*, 21, 553–570 (2005).
2. Breyfogle, F.W. and B. Meadows, "Bottom-line success with six sigma," *Quality Progress*, 34(5), 101-104 (2001).
3. Chen, Y.T., K.S. Cheng, J.K. Liu and J.J. Huang, "An intelligent view box system for cephalometry," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 54(1), 98-104 (2005).
4. Coronado, R.B. and F. Antony, "Critical success factors for the successful implementation of six sigma projects in organizations," *The TQM magazine*, 14(2), 92-99 (2002).
5. Duncan, M. "Six sigma methodology: reducing defects in business processes," *Filtration and Separation*, 43(1), 34-36 (2006).
6. Gijo, E.V. and T.S. Rao, "Six sigma implementation – hurdles and more hurdles," *Total Quality Management & Business Excellence*, 16(6), 721–725 (2005).
7. Goh, T.N. and M. Xie, "Statistical control of a six sigma process," *Quality Engineering*, 15(4), 587–592 (2003).
8. Hoerl, R.W., "Six-sigma black belts: what do they need to know?," *Journal of Quality Technology*, 33(4), 391-406 (2001).
9. Hoshimura and Takafumi, "Displays for business machines: operation liquid crystal displays of photocopier machines," *Displays*, 23(1-2), 25-29 (2002).
10. Lucas, J.M., "The essential six sigma: how successful six-sigma implementation can improve the bottom line," *Quality. Progress*, 35(1), 27-30 (2002).
11. Maguad, B.A., "The modern quality movement: origins, development and trends," *Total Quality Management & Business Excellence*, 17(2), 179-203 (2006).
12. Mukhopadhyay, A.R. and S. Ray, "Reduction of yarn packing defects using six sigma methods: a case study," *Quality Engineering*, 18,189–206 (2006).
13. Murata, A and H. Iwase, "Usability of touch-panel interfaces for older adults," *Human Factors*, 47 (4), 767-776 (2005).

14. Sanders, D and C, Hild, "A discussion of strategies for six sigma implementation," *Quality Engineering*, 12(3), 303–309 (2001).
15. Sokovic, M., D. Pavletic and S. Fakin, "Application of six sigma methodology for process design," *Journal of Materials Processing Technology*, 162–163, 777–783 (2005).
16. Su, C.T., T.L. Chiang and K. Chiao, "Optimizing the IC delamination quality via six-sigma approach," *IEEE Transaction Electronics Packaging Manufacturing*, 28(3), 241-248 (2005).
17. Tong, J.P.C., F. Tsung and B.P.C. Yen, "A DMAIC approach to printed circuit board quality improvement," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 23, 523–531 (2004).

A Six Sigma Approach to Touch Panel Quality Improvement

JrJung Lyu ¹, Ming-Nan Chen²

¹ Department of Industrial and Information Management, National Cheng Kung University

²Department of Management and Information,
Nan Jeon Institute of Technology

Abstract

Six sigma program has been considered as a powerful business strategy that employs a well-structured continuous improvement methodology to reduce process variability and to raise quality within the business process effectively using statistical tools and techniques. The empirical case study of six sigma approach is still relative few in the academic research though.

This paper presents a procedure that applies six sigma program to improve quality in the manufacturing of touch panels. The case illustrates how the define-measure-analyze-improve-control (DMAIC) approach has been used. The definition phase identifies the project CTQs (critical to quality), defines the process map, and classifies the issues in touch panel process. The measuring phase verifies measurable CTQs, and validates the adequacy of the measurement system. The analysis phase identifies a list of statistically significant factors and the improvement phase takes actions as well as determines the optimal settings of the factors found in term of the CTQs. Finally, the control phase establishes the touch panel quality index, and further develops the control plan to ensure the quality of the line. The experience reported in case study can be further extended to many occasions in the industry.

Keywords: six sigma, define-measure-analyze-improve-control (DMAIC), design of experiment (DOE), critical to quality (CTQ), touch panel.