

逢 甲 大 學  
經 營 管 理 碩 士 在 職 專 班  
碩 士 論 文

全面生產管理於晶圓製造之應用  
研究-以DRAM廠為例

Application of TPM on Semiconductor  
Manufacturing-A Case Study on the DRAM  
Firm

指導教授：郭修暉 博士

研 究 生：游登凱

中華民國九十八年五月二十一日

## 誌謝

能順利完成碩士學位首先要感謝恩師 郭修暉教授的耐心指導與建議，常犧牲老師的假日來給予我們指正與檢討，並引導我們論文撰寫的方向以及教導我們建構整體的思考架構，老師寬廣的學識與思維著實讓我們學到了許多。在論文口試期間，更要感謝林棋瑋教授與鄭宗明教授所提出諸多的寶貴意見，讓我的論文更加逐步完善，在此致上萬分感激與謝意。

接下來要感謝 EMBA 所有的師長們，除了在課程學識上啟發我們的思維之外，蕭堯仁院長更教導我們注重人與人之間微妙的關係維持與待人處世的道理，以及由簡士超執行長與黃老師帶領的日本海外研習營也著實增加了我們見識的寬度及知識的深度。

最後，還要感謝感情濃厚的 EMBA 96 科管組全體同學的互相扶持與提攜，尤其是修平大哥耐心與碎碎念的督促，以及茹鈺、明祥、世祥、德建、冠華、昆偉、俊儒、靜茹、惠泰、世立、明璋…等多位好同學的互相支持與打氣，才得以在百忙之中度過層層的課業關卡，讓我蛻變與成長，順利完成碩士學位，在此獻上我無限的祝福與感恩，祝大家友誼歷久一樣濃。

游登凱 謹誌

予逢甲大學經營管理碩士班科技管理組

中華民國九十八年七月

## 摘要

鑒於 DRAM 產業經營困難，市場供需失調，導致現貨價常低於成本價，因此，DRAM 製造商紛紛尋求降低生產成本，而降低生產成本方法之一，可藉由減少製造設備缺陷，來發揮機台效能以提高產能利用率，如何提升晶圓廠的設備總合效率(Overall Equipment Effectiveness, OEE)，已成為製程中相當重要的課題。

本研究以 DRAM 廠黃光區為例，探討如何在半導體晶圓製造廠，推行全面生產管理 (Total Productive Management, TPM) 之個別改善，來減少製造設備缺陷以提升機台稼動率，並以追求零不良、零故障、零災害為目標。本研究提出 TPM 於 DRAM 製造之施行方法，可提供應用 TPM 手法來降低 DRAM 生產成本之參考。

個案研究顯示，DRAM 廠之 TPM 個別改善項目，可依本研究提出之方法進行個別流程改善，此流程架構可於晶圓廠順利展開推行，且能夠達到預期改善效率與改善品質目標，有效減少缺陷提升機台稼動率。

關鍵詞：全面生產管理，DRAM 製造

## Abstract

DRAM industry always suffers from the unbalance of demand and supply. It causes the spot price is often lower than the production cost. Therefore, DRAM firms look for cheaper production ways to sustain its daily operation. One solution of reducing production cost is to decrease defects from production, to enhance the tool efficiency and to promote the utilization of production. How to increase the Overall Equipment Effectiveness (OEE) of a semiconductor factory becomes an important issue for the DRAM production.

This research is to study the implementation of Case Improvement of TPM (Total Production Management) in the PHOTO area at DRAM firm. TPM is considered as useful ways to increase OEE of the semiconductor production. According to TPM, the construction of tools can be improved and the defects can be cleaned out, and then the production loss will be decreased deservedly. In additional, the spirit of seeking the Zero Defect, Zero Break Down, and Zero Disaster may be taken as management target. A practical process of implementation of TPM is also proposed.

The case study of this thesis illustrates the implementation of TPM by using the proposed process. Results show that TPM may be applied to PHOTO area of the DRAM firm successfully and OEE is also increased. Managers may imitate the case study to manage the maintenance of production facilities for their DRAM manufacturing.

Keywords: Total Production Management, DRAM Manufacturing

# 目錄

誌謝.....	i
摘要.....	ii
Abstract.....	iii
目錄.....	iv
圖目錄.....	vi
表目錄.....	viii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究範圍.....	5
1.4 論文架構.....	7
第二章 文獻探討.....	9
2.1 TPM 文獻.....	9
2.1.1 TPM 之定義與演進歷程.....	9
2.1.2 TPM 的特色與基本思維及理念目標.....	16
2.1.3 TPM 所定義的損失與焦點.....	17
2.1.4 TPM 之個別改善步驟.....	19
2.2 OEE 之定義.....	21
2.3 QC 七大手法.....	26
2.4 5W2H 分析法.....	33
2.5 PDCA 簡介.....	34
第三章 晶圓製造實施 TPM 之架構.....	37
3.1 研究背景介紹.....	39
3.1.1 半導體基本製程及黃光區製程設備簡介.....	39

3.1.2 黃光區缺陷之定義及種類.....	44
3.1.3 缺陷發現時機與發生來源.....	46
3.1.4 缺陷造成的影響(Impact)等級分類.....	49
3.2 TPM 八大支柱及展開 12 步驟 .....	50
3.3 晶圓製造 TPM 個別改善活動之架構 .....	54
3.4 TPM 個別改善小組之組織架構 .....	61
3.5 個別改善資料蒐集與分析.....	66
第四章 個案研究.....	72
4.1 個案背景分析.....	72
4.2 TPM 個別改善實施 .....	74
4.3 TPM 個別改善活動結語 .....	94
第五章 結論.....	95
5.1 研究結論.....	95
5.2 未來研究方向.....	96
參考文獻.....	98

## 圖目錄

圖 1-1 論文架構 .....	7
圖 2-1 生產保養的歷史 .....	13
圖 2-2 世界級製造技術 .....	15
圖 2-3 特性要因圖(魚骨圖)範例 .....	28
圖 2-4 柏拉圖範例 .....	29
圖 2-5 直方圖範例 .....	29
圖 2-6 管制圖範例 .....	30
圖 2-7 圖形法之推移圖、直條圖、圓餅圖 .....	32
圖 2-8 散佈圖範例 .....	32
圖 2-9 PDCA 循環之演變 .....	35
圖 3-1 未推動 TPM 活動之廠商期待政府提供何種協助輔導 .....	37
圖 3-2 推行 TPM 活動之廠商所希望偏重的項目 .....	37
圖 3-3 IC 半導體製造流程基礎架構簡介 .....	39
圖 3-4 黃光區製程流程示意圖 .....	43
圖 3-5 曝光呈像之示意圖 .....	43
圖 3-6 黃光巨觀缺陷範例 .....	45
圖 3-7 黃光微觀缺陷範例，顯影劑污點(Jell) .....	45
圖 3-8 晶圓廠職級組織圖 .....	53
圖 3-9 晶圓製造 TPM 個別改善架構流程圖 .....	55
圖 3-10 TPM 個別改善小組組織圖 .....	62
圖 3-11 PMS system (生產監測系統 Production Monitor System) .....	68
圖 3-12 設備日常交接系統 .....	68
圖 3-13 Defect Web system (缺陷管理系統) .....	68
圖 3-14 資料蒐集流程圖 .....	69

圖 4-1 示範機台 2008 年 1 月到 6 月份之機台稼動率 UPM 資料 .....	72
圖 4-2 示範機台 2008 年 1 月到 6 月份缺陷資料 .....	73
圖 4-3 示範機台稼動率損失分析之柏拉圖 .....	77
圖 4-4 示範機台稼動率損失分析之圓餅圖 .....	78
圖 4-5 接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)發生頻率之圓餅圖 .....	79
圖 4-6 接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect) .....	79
圖 4-7 TPM 個別改善個案之改善效率目標 .....	82
圖 4-8 TPM 個別改善個案之改善品質目標 .....	82
圖 4-9 發生接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)之來源 .....	83
圖 4-10 分析熱盤髒污之特性要因圖 .....	84
圖 4-11 熱盤實施改修之前後對照圖 .....	87
圖 4-12 機台改善後之乾式微粒測試資料 .....	88
圖 4-13 改修前後之機台稼動率 UPM 推移圖 .....	89
圖 4-14 改修前後之缺陷次數改善推移圖 .....	89
圖 4-15 TPM 個別改善個案之 UPM 改善結果 .....	90
圖 4-16 TPM 個別改善個案之缺陷次數改善成果 .....	90
圖 4-17 TPM 個別改善個案之標準化簽核流程 .....	90
圖 4-18 TPM 個別改善之實際時程表 .....	93
圖 4-19 TPM 個別改善小組獲頒榮譽之團體照 .....	93



## 表目錄

表 2-1 1971 年 TPM 的定義：全面生產保養(Total Productive Maintenance) .....	10
表 2-2 1989 年 TPM 的定義：全面生產管理(Total Productive Management) .....	12
表 2-3 TPM 三個層面的 16 大損失 .....	17
表 2-4 TPM 之個別改善步驟流程 .....	20
表 2-5 整理 OEE 三大指標與六大影響要素 .....	25
表 2-7 檢查表範例 .....	27
表 2-8 層別法範例 .....	31
表 2-9 5W2H 分析法之意涵 .....	34
表 3-1 缺陷種類及定義 .....	46
表 3-2 缺陷來源說明表 .....	48
表 3-3 推行 TPM 的八大支柱 .....	50
表 3-4 推行 TPM 的 12 步驟 .....	51
表 3-5 組織在 TPM 活動中之工作分配實例 .....	53
表 3-6 個別改善步驟活動內容小結 .....	59
表 3-7 TPM 個別改善小組跨部門單位成員之任務整理表 .....	65
表 3-8 整理資料蒐集之系統及其功能 .....	66
表 4-2 TPM 個別改善小組成員及任務簡介 .....	75
表 4-3 TPM 個別改善計畫時程表 .....	76
表 4-4 示範機台 2008 年上半年度稼動率 UPM 資料表 .....	79
表 4-5 接觸洞遺失缺陷影響機台稼動率之程度 .....	81
表 4-6 解決熱盤髒污之改修項目 .....	85

# 第一章 緒論

## 1.1 研究背景與動機

半導體 DRAM 產業的景氣循環上下起伏變化之大，經常出現賺一年，卻又大賠好幾年的產業宿命，但相對的，十年前左右，叱吒風雲的半導體 DRAM 產業也曾以短短一年時間就賺進整整一個晶圓廠的資本額。隨著景氣的低迷，近幾年來 DRAM 一路走得辛苦，因為在產業激烈的競爭之下，各家廠商無不卯足全力的擴產及投入更龐大的資金來研發下一世代的技術和培育人才，以期技術的領先和將產能利用率發揮到極致。再者，就日新月異的電子產品不斷創新開發上市，電子產品的汰換率也隨之而大幅提高，例如筆記型電腦功能極大化及外型縮小化的創新，吸引著許多商務人士及非商務人士都紛紛不惜花大把銀子去購買更新穎、效能更佳、外型易攜帶的筆記型電腦；另外，桌上型電腦軟硬體功能不斷的創新，以及近幾年微軟推出的新的 vista 作業系統及宣布 XP 系統即將下市的消息也帶來了一片 PC 換機潮，這些創新不但吸引了消費者也同時吸引了 DRAM 各廠商極盡所能地製造效能更高的產品，也因為看到未來廣大的市場而不斷擴充產能，記憶體果真是一個令各家晶圓廠家又愛又恨的產業。

然而 DRAM 是一個非常艱辛的產業，因為動態隨機存取記憶體有著特別的屬性，就是不但技術瓶頸相當高，而且製程規格與 LCD 面板產業或太陽能產業相較之下更加嚴謹，在嚴謹的產品規格之下要提高產品良率自然就不是一件簡單的事情，從早期的 8 吋晶圓發展到現今的 12 吋晶圓，從廠房設計到原物料及所有製程設備全部汰換更新；以及 2000 年的 0.14um 製程線寬進入到 2002 年的 0.11um 製程線寬，初步世代的轉換就已經摻雜了相當多迥然不同的技術問題；更尤其到了 2005 年底才發展的 90 奈米製程線寬更快速地切換到 2007 年初的 70

奈米製程線寬，其機台設備和產品各個堆疊層數全然不同，測試量產之過程更是讓各家廠商吃盡苦頭，也讓無數的製程及設備工程師絞盡腦汁傷透腦筋去解決更多史無前例的產品良率問題。因此，當新世代更小線寬的轉換時，產品製程改變之後，要如何去管理一個晶圓廠便是非常值得探討的課題。

全世界主要的 DRAM 廠家有分佈在韓國、台灣、日本等大廠，正以拋頭顱灑熱血的速度擴充產能及提高技術突破瓶頸，以及近幾年若干廠商陸續搶進中國大陸，原因在在無非是要搶先取得以最低的製造成本來創造出更高效能、更大產能的優勢。然而，隨著產品的擴充但市場需求量卻相對減少，因而合約價格始終低迷不振，更尤其 2007 年以來各家 DRAM 廠商開始面臨著嚴重虧損的局面，陷入了成本競爭更激烈的紅海戰局及無路可退的窘境，如要在記憶體低迷的景氣中存活下來，唯有將成本降到最低，始能創造營收或者達到損益平衡。

就生產線而言，降低成本的方式有：1.以技術瓶頸構面而言，可利用改變製程技術來增加晶圓(Wafer)單位晶粒(Die)的容量，例如線寬(Critical Dimension)從 70 奈 512MB 發展到 70 奈米 1GB 的製程技術，單位晶粒產出可呈倍數成長；或將 70 奈米線寬縮小到 54 奈米，其中成本的降低與產能的提高將使晶圓廠家更具競爭力，但在機台方面所要遇到的產品缺陷問題也即將更為棘手；2.就採購構面而言，可尋找價格更低的原物料與設備供應商來減少支出負擔，耗材零件亦可找尋替代供應商以降低成本；3.以生產管理構面而言，則是可以提高產品良率來減少重工的浪費與發揮機台設備總合效率(OEE)來提高產能利用率及產量。

不論在生產管理構面或者是下一世代新產品的技術瓶頸，為了要降低成本提高產能，遇到的最大問題就是產品良率，只要良率達到標準便能開始順利量產，但量產過程中更要隨時注意影響良率的因子，其中影響良率最深遠的因素便是產品缺陷，而產品的缺陷來源有機台設備、無塵室環境、光罩變質、製程參數...等

數種因子，其中以機台設備的影響比例最高，因此如何提高晶圓廠裡的設備總合效率(OEE)便成為製造過程中相當重要的課題。

有鑑於此，減少缺陷及降低成本之目的，換言之，便是在於減少生產上各個層面的損失，來達到以最小資源發揮最大效益之成效，JIPM(日本設備維護協會)在 1971 年提出的全面生產保養制度(TPM，Total Production Maintenance)正也是秉持著減少損失的概念，推行著從「點」擴張到「線」，從經營階層到第一線作業員全員參與的改善活動，來追求生產系統效率的極大化。不過到了 1989 年，TPM 又被重新定義而進展擴張到整個「面」之全公司的全面生產管理制度(TPM，Total Production Management)。然而，TPM 之以往經驗通常應用於傳統製造業居多，鮮少推行於高科技產業的晶圓廠，因此本研究將探討如何在高科技產業之晶圓廠推行 TPM(Total Production Management，全面生產管理)，來減少因缺陷而造成的損失。

部分的晶圓廠之生產管理模式乃採目標管理，各區對於缺陷問題總是抱持著“等發生了才解決”的態度，才去告知設備工程師檢查機台，並要求在最短時間內找出缺陷原因及實施維修或清潔的動作，如此之頭痛醫頭、腳痛醫腳，僅能盡量減少缺陷，無法完整且有系統的改善缺陷，導致產品缺陷仍層出不窮，無法充分獲得解決。機台也往往因此而停線許久，造成許多產能損失，然缺陷雖終能解決，但卻始終無法獲得預防，故良率也未達到應有的最佳狀態。

因此，本研究的動機將針對全面生產管理（TPM，Total Production Management）之「個別改善」來進行研究與探討，希望能透過實施 TPM 之「個別改善」活動來降低缺陷及當機時間，藉而提高機台之稼動率（UPM, UP time Manufacturing)與降低機台不良率。

## 1.2 研究目的

晶圓廠所使用的設備價格非常昂貴，就晶圓廠而言，降低成本的重要因子之一在於減少缺陷，才能降低產能損失與提升設備妥善率，然而，隨著晶圓世代的變遷，記憶體線寬不斷地突破瓶頸越縮越小，製程參數也越來越複雜，對於越小的線寬其可能產生的缺陷問題亦不可單憑以往的經驗去面對它，由於缺陷種類包羅萬象，其現象層出不窮、無奇不有、琳瑯滿目，有些缺陷容易掌握、易於解決但卻難以防止不定時的再發生；有些缺陷則不易查明來由，有如在茫茫大海尋找落海的潛水遊客一般，無從下手，最後缺陷卻莫名其妙的消失無影無蹤，有如彗星撞地球，久久才造訪一次，往往工程師遇到缺陷問題時往往努力地分析，日以繼夜的作實驗，找出缺陷問題來源，然後才做機台或產品的處理，卻常常忽視了「預防重於治療」的道理。再者，根據限制理論(Theory of Constraint, TOC) (Goldratt, 1986)所探討的觀點，要以彈性的觀念來改善生產模式，解決問題，並且在有限的資源上，運用適當的手法充分利用資源，才能有效提高生產效率，瓶頸機台之妥善率影響總產出率，因此，如何維持瓶頸機台甚至其他機台之妥善率，為當前高度技術密集產業之重要課題。

就欲減少缺陷的發生，首重於缺陷問題的徹底解決。所以本研究將探討如何在半導體晶圓廠推行 TPM (Total Production Management，全面生產管理)之個別改善活動，來做有效地解決缺陷問題，並追求零不良、零故障、零災害之精神為目標，以提供企業用更完善的管理手法來降低成本，提昇企業競爭力。

晶圓廠的「良率」乃是一片晶圓經過數百道製程加工之後的最後品質檢驗結果，無法直接被當作改善指標。因為，數百道製程當中摻雜了許多不同機台及其它變數，無法就單一機台的改善個案觀察出對末端良率的直接成效。

為此，在本研究中將以單一機台在固定週期內的「不良率」來驗證改善後的品質成效，也就是說，在示範機台固定週期內所生產出來的產品當中被檢驗到的缺陷總次數。即先統計改善前的缺陷次數，再與改善後的缺陷次數作比較，即可得知同一類型缺陷是否因為改善而徹底被消除。

歸納本研究之目的如下：

1. 探討在 DRAM 晶圓製造廠中，如何實行 TPM (Total Production Management，全面生產管理) 之個別改善來減少產品缺陷發生次數 (Defects)。
2. 本研究將以提升機台稼動率 UPM (UP time Manufacturing) 為改善成效之目標。
3. 本研究將以減少示範機台產出的不良率來驗證品質改善成果。

### 1.3 研究範圍

本研究範圍在於以 DRAM 產業裡某晶圓製造廠的黃光區之塗佈顯影機台為例，理由是，Peterson(2000)提及現今的半導體製程本身有許多不同的缺陷，而其中大部分的缺陷乃源自於黃光區。從缺陷管理的角度來看，黃光單元擁有許多獨特性與影響性。

黃光之生產機台有曝光機台和塗佈顯影機台(以下簡稱塗佈機台)，其中又以曝光機台最為複雜與昂貴。複雜的是，曝光機台主要是利用光學原理，以雷射光照射光罩上的電路圖形，透過無數的透鏡折射原理，以四倍微縮投影呈象在晶圓上，製程中摻雜了許多複雜的能量與對準技術，改修上有著極高的技術難度與風險。而且，曝光機台是晶圓廠裡面最昂貴的重要機型，一台動輒數億台幣，因此在改修上除非是原廠的市場改修專案，否則一般不建議晶圓廠擅自作硬體改修。

而塗佈機台主要為旋轉式塗佈光阻與顯影以及熱烤盤，技術多與一般機械運作原理相關，且機台價格不像曝光機如此昂貴，改修上的技術難度與成本風險較小。因此，本研究將只針對塗佈機台方面的問題作改善研究。

本研究只選擇 TPM 之「個別改善」的理由是：TPM 活動支柱有個別改善、自主保養、計畫保養、教育訓練、初期管理、品質保養、間接部門效率化、環安衛管理，而活動 12 步驟展開到結束通常需要 2 到 3 年(高福成，2005)，長期推行始能見其綜效，但此法乃無法滿足有著特殊屬性的 DRAM 業者需求。再者，晶圓廠之營運已行之有年，本身就已經特別注重機台設備保養週期與品質、教育訓練以及工作環境安全...等相關管理活動，也在全廠推行 6S 活動多年，皆已有顯著成效。只是在解決缺陷問題手法上，無固定有效的制度流程，導致員工的心態和體質無法提升，對於缺陷問題總抱持著“等發生了才解決”的態度，未能有效地達到徹底消除損失的效果。如此頭痛醫頭、腳痛醫腳，缺陷僅能盡量減少無法徹底消除，導致缺陷仍層出不窮，機台也常因此停線許久，造成不必要的損失浪費。本研究認為晶圓廠最急迫的問題乃在於減少缺陷，因此特別挑選 TPM 之「個別改善」為研究方向，希望能從改善員工體質和態度進而改善機台體質，來有效率、有系統地解決缺陷問題，最終達到改善企業體質。

本研究首先介紹黃光部門之主要生產流程及機台設備以及介紹其缺陷種類，然後觀察現階段黃光部門生產機台的 UPM 以及機台產出之產品不良率為何？及依現況分析問題所在，接著探討如何以 TPM 個別改善之步驟流程在高技術瓶頸的晶圓製造廠裡推行，研究的重點即將放在建構與實際推動 TPM 之個別改善流程步驟，最後以黃光區之機台稼動率 UPM 和機台產出不良率為參考指標，來觀察 TPM 實行前後之差異，以佐證實施 TPM 個別改善活動之成效，並希望能藉此提高黃光區之機台稼動率 UPM 及減少機台產出之不良率，更希望能協助企業降低成本及提高產能利用率來增加營收獲利，以提高企業競爭力，避免在價格

低迷、競爭激烈之 DRAM 殘酷世界裡被紅海所淹沒。

## 1.4 論文架構

本研究將探討如何在半導體晶圓廠推行 TPM (Total Production Management，全面生產管理)之個別改善步驟，來有效地解決缺陷問題，並建構晶圓廠個別改善的流程。本論文之架構如下圖 1-1 所示：

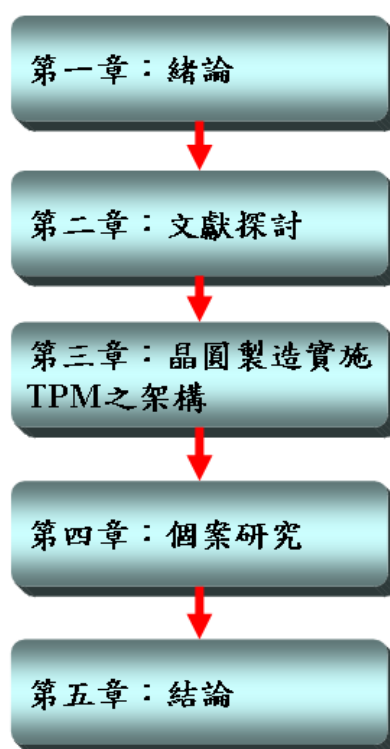


圖 1-1 論文架構

論文架構之說明如下：

第一章、緒論：

說明研究背景和動機，並做現況分析來闡述研究之目的，限制研究範圍僅探討於 DRAM 廠之黃光區推動 TPM (全面生產管理)中的個別改善之成效。

第二章、文獻探討：



探討 TPM (全面生產管理)之相關定義及研究，然後敘述說明 OEE (設備總合效率, Overall Equipment Effectiveness)之定義及半導體晶圓廠常使用的機台指標。

### 第三章、晶圓製造實施 TPM 之架構：

預先說明半導體之基本製程與黃光區製作流程，並敘述缺陷之定義及種類。接著，本研究方法將說明 TPM (全面生產管理)活動普遍的八大支柱及其展開步驟方法，然後建構在適合在晶圓製造實施 TPM 之個別改善的流程架構、組織，以及定義各部門負責之工作內容。最後，藉由無塵室之產線人員隨時紀錄在 IUI (Intelligent User Interface；生產線人性化使用者操作管理介面)系統上的機台狀態，且會即時連線彙整在 PMS(Production Management System，生產管理系統)系統上的機台使用時間配置數據資料，來做推行 TPM 成果驗證。並觀察推動 TPM 後的機台不良率是否有明顯改善，以驗證 TPM 之推行成效。

### 第四章、個案研究：

探討實際在 DRAM 廠推動 TPM (全面生產管理)之個別改善的步驟，以全公司為主體，從設備部門展開到各相關部門，並討論各跨部門成員參與 TPM 活動所需做的配合與改善，及定義其負責的工作內容與部門間如何達到有效溝通，並實際蒐集資料來驗證晶圓廠實施 TPM 個別改善後之機台稼動率 UPM 與機台不良率的成效。

### 第五章、結論：

檢討 TPM (全面生產管理)之個別改善流程架構及其推行模式，並整理出在晶圓製造推行 TPM 之個別改善的重點與建議，希望能供讀者參考，並為企業減少損失、降低成本帶來幫助，也期許能為企業改善達到零損失的體質來增加競爭力，最後整理出未來研究之方向，以期再深入探討及改善。

## 第二章 文獻探討

### 2.1 TPM 文獻

#### 2.1.1 TPM 之定義與演進歷程

日本設備維護協會(2008)在「TPM 實踐法:全員參與的設備保養實施大全」裡面提到將 TPM 定義為以設備效率極大化為目標，確立出以設備的終生為對象的 TPM 之全面體系，跨越設備的計畫部門、保養部門及使用部門等所有部門，從最高階層起至第一線從業人員為止全員參與，附加動機管理也就是藉由小集團活動來推行 TPM。

在高福成(2005)的研究裡面也提到所謂 TPM 是 Total Productive Maintenance(全面生產保養)的縮寫，雖有企業將 TPM 的 T 視為「全員」；但高福成認為 T 以「全面」來解釋會比較恰當，Nakajima 亦認為 T 隱含「總體效率」亦即是營利能力、全面預防保養、全面參與以及全面系統之意涵。TPM 是由全體員工通過小組活動進行保養，其目的在於提高生產效能以充分利用各種資源的整合。TPM 可以說是一個將好的想法概念轉化為達到成功的過程。中嶋清一(1992)指出，TPM 的產生概念最早是以美國的 PM (Preventive Maintenance；預防保養)為基礎發展出來的，而 PM 之目的有：

1. 延長設備壽命。
2. 讓設備在最佳狀態下生產。
3. 隨時保持能處理緊急事故的狀態。
4. 確保安全。

高福成 (2005)指出 1970 年之後才有正式的 TPM 雛型出現，根據 Nakajima

(1995)的探討，TPM 在 1971 年開始推廣，最初的定義乃是以生產部門為對象，以提升設備效率化為主，故稱為全面生產保養制度。TPM 可說是一項經由全員參與，在設備生命週期內使總合效率發揮到極限的生產哲學(Nakajima,1998)。TPM 提供了公司全面性達成保養管理的短期和長期項目。高福成（2005）說，短期方面，TPM 專注在生產部門的自主保養、保養部門的計畫保養及營運與保養人員的技能發展；長期方面，TPM 則將焦點放在新設備的設計與消除造成設備損失時間的根源。

1971 年，JIPE(Japan Institute of Plate Engineers)對 TPM 有了較明確的定義，表示 TPM 是生產部門的保養制度，焦點放在以設備為主的全面保養體制，如表 2-1 整理：

表 2-1 1971 年 TPM 的定義：全面生產保養(Total Productive Maintenance)

主體	生產部門的 TPM
目標	以達到設備的最高效率為目標
焦點	建立以設備終生為對象的全面保養體制
範圍	設備的計畫部門、使用部門、保養部門參與的活動
參與對象	自最高經營層至第一線的操作員，全員參與
活動方式	有動機的管理，亦即藉由自主小集團活動來推動 PM

資料來源：Nakajima，1995

而林義輝 (2003)亦提到，1971 年時，根據日本設備協會(Japan Institute of Plant Maintenance 或簡稱 JIPM)對 TPM 內涵具體涵義為(中嶋清一，1971 年)：

1. 以追求設備的最高效率(總合效率化)為目標。
2. 建立以設備壽命生涯對象的 PM 體系。
3. 涵蓋設備的計畫部門、使用部門和保養部門。

4. 從公司的經營階層到第一線的作業員，全員參加。
5. 屬於機動式的管理，也就是以小集團自主活動來推行 PM。

高福成 (2005)也提到在 1971 年的 TPM 定義中，以設備為中心來進行改善，焦點在設備面，活動體制以生產部門為主，雖參與的是全員，但仍偏重生產部門全員，當時主要實施內容可分為建立五項體制：

1. 設備效率化的個別改善(以管理者及技術支援者來進行 6 大損失的對策)。
2. 以作業員為中心的 5S 體制(自主保養)。
3. 保養部門計畫保養體制。
4. 操作及保養技能的訓練。
5. 建立設備初期管理體制。

然而，到了 1989 年，隨著 TPM 的普及發展，在追求生產系統效率極大化時，發現僅在生產部門導入是不夠的，於是向開發、營業、管理等所有部門擴展，JIPM 於 1989 年決定 TPM 的新定義，也就是「全公司的 TPM」，亦稱為「全面生產管理」，新定義共有五項：

1. 以建立追求生產系統效率化的極限(總合效率化)，以改善企業體質為目標。
2. 在現場現物架構下，以生產全體壽命週期為對象，追求「零災害、零不良、零故障」，並將所有損失事先加以防止。
3. 從生產部門開始，擴展到開發、營業、管理等所有的部門。
4. 從公司經營階層到第一線的作業員，全員參與。
5. 利用小集團活動，達成「零損失」之目標。

從 JIPM 1989 年的定義觀察，如表 2-2，焦點已經由設備為中心擴展到企業為中心，實施內容從五大重點發展為八大重點，也是目前一般企業實施 TPM 時所稱的八大支柱。

表 2-2 1989 年 TPM 的定義：全面生產管理(Total Productive Management)

主體	全公司的 TPM
目標	追求生產系統效率化的極限，改善企業體質為目標
焦點	現場、現物架構下，以生產系統整體生命週期為對象， 追求零災害、零不良與零故障，將損失防範於未然
範圍	從生產部門開始，跨越開發營業管理部門
參與對象	自最高經營階層至第一線的作業員全員參與
活動方式	經由重複小集團活動來達成零損失的目標

資料來源：Nakajima，1995

由新定義內容來看，高福成 (2005)解釋 TPM 無疑是已經走向生產系統全面改善的方向，但仍是以設備為主體中心來向外擴張，也就是說，對於設備的認知與操作技能將與 TPM 的執行成效有著密切的關係。在全球化和科技進步的時代演進下，沒有任何一種事物能永遠不隨著時代巨輪而改變，TPM 也不例外地隨著工廠自動化的進步，從以往的 PM 時代演進到現今全球化的 TPM，若以 TPM 演進時間來看，中嶋清一（1993）整理出了如圖 2-1 所示的幾個演進階段：

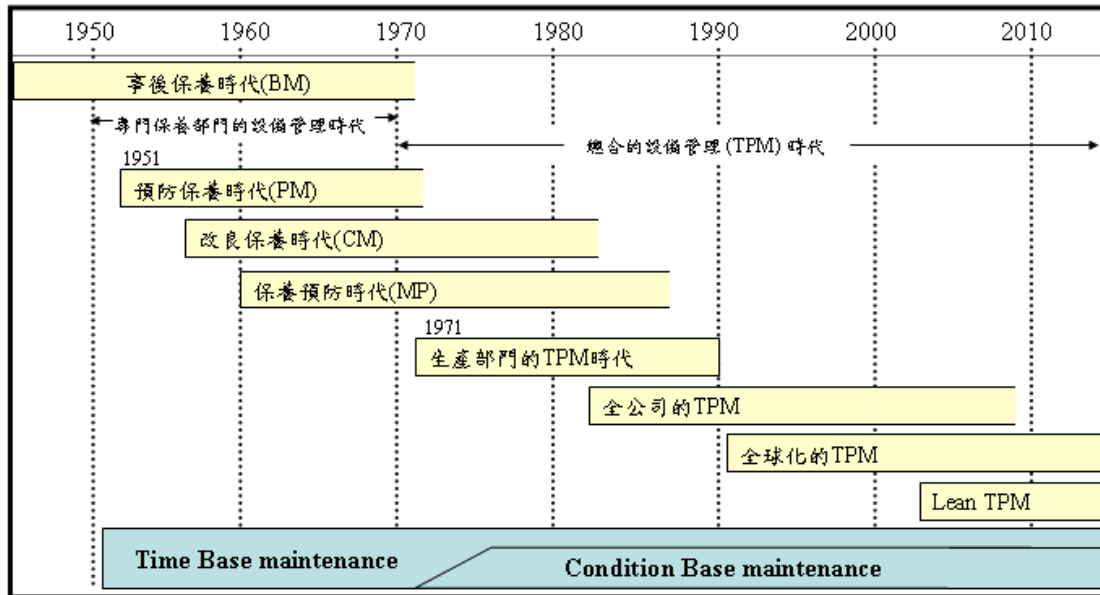


圖 2-1 生產保養的歷史

資料來源：中嶋清一，1993

高福成 (2005)指出在 1980 年之前，設備的保養多偏重在以時間為基礎(Time Base)的活動上，例如每日點檢、週保養、月保養、季保養等活動，此後才慢慢轉向依照設備產生的各種條件來決定保養的需求，亦即除了以設備運轉時間為基礎的定期保養之外，也加入了監視設備狀態的動作，並以異常發生的特徵 (Condition Base)決定是否進行保養動作。高福成亦在上圖有關 TPM 的演進及意義說明整理如下：

#### 1950 年以前：事後保養(BM；Break-down Maintenance)

事後保養乃指當設備發生故障或性能顯著劣化導致停止運作時，才進行維修的保養方式，一般實施方式分為突發修理和事後修理。突發修理通常是因為無替代性設備或急著必須使用該設備生產的情況；事後修理則因有其他代替方案，而等待一段時間後才進行維修。

#### 1950 年以後：預防保養 (Pv.M；Preventive Maintenance)

日本在 1951 年自美國引進設備的預防保養觀念，亦即是在故障之前所做的預防保養，其乃是依計畫實施點檢、檢查，使設備在故障輕微或發生異常之前予

以防範，包含了設備的調整、清潔與修理等。通常預防保養可分成五大類：

1. 日常保養：機器做動裝置上油、點檢、調整、清潔等。
2. 巡迴點檢：保養部門進行的檢檢工作。
3. 定期整備：調整、換油、更換消耗性零件等。
4. 預防保養：在巡迴點檢時發現異常後的保養或修理。
5. 更新修理：機台設備劣化後的回復修理。

#### **1960 年以前：改良保養 (C.M；Corrective Maintenance)**

初期的改良保養，重點放在設備出現異常後的維修，後來則偏重在將設備的缺陷恢復至規格條件內，或使設備容易量測劣化、調整與復原的保養活動。一般改良保養活動分成以信賴性與保養性為主的兩大類型，信賴性強調「不發生機能降低或停止的設備」為目標；保養性則以「容易測定劣化及復原的設備」為目標。

#### **1960 年以後：保養預防 (MP；Maintenance Prevention)**

此時期完全針對設備的作業方式進行改善，初期從設備的易保養(Easy Maintenance)著手，最終以保養預防之設計為目標(MP Design)，亦即是透過設備的運轉和保養來尋求解決不良的方式，將現有機台的改良個案當作資料加以收集整理，並回饋至設計部門，其目的在設計出真正容易操作、易於保養及提高信賴度的設備，終極目標是將設備設計成免保養的性能(Maintenance Free)。

#### **1971 年開始：全面生產保養 (TPM；Total Production Maintenance)**

此一大躍進是將以往以設備保養部門為主的活動，擴展到以設備相關人員(如設備計畫、設備使用及設備管理部門的人員)，將以往的保養活動變成系統化、步驟化，推展成一個改善性的活動，而不單只停留在單點式的保養動作，依據系統化的活動過程，主動找尋問題、解決問題，使設備的效率化朝向極限發展。

#### **1980 年開始：預知保養(Pd.M；Predictive Maintenance)**

預知保養是以設備的劣化狀態為基準來預測決定保養時間點的預防保養方式，隨著科技化的進步，相關電子產品價格不再昂貴到讓企業無法負擔，因此一些診斷儀器慢慢被導入企業中，針對某些特殊的點(如壓力、熱力、裂痕和震動

等)進行偵測或紀錄與分析其趨勢，讓保養人員可以依照數據來進行判斷，不再像以往完全必須靠經驗或等故障停機後才能採取措施，如此便可以避免發生「過度保養(Over Maintenance)」的情形，對於設備的稼動率提升有非常大的幫助。

### 2000 年開始：全面生產管理(TPM；Total Production Management)

以往的保養皆偏重於生產單位，然而隨著時代變遷，支援部門服務生產部門的角色越來越重要，因而 TPM 從原來「點」的設備活動在 1971 年擴展到「線」的生產部門活動，而 2000 年又擴張到整個「面」的全公司的 TPM 活動，全新展開從以往強調 5 個支柱到目前的 8 大支柱，從 6 種損失改善到到現在的 16 大損失，甚至有些企業需求到 21 大損失改善，這些都是活動擴大演進的表現。

### 2002 年開始：精實生產製造 (Lean TPM)

高福成 (2005)提到，由於企業面臨到全球化的競爭，將不再僅是國內或區域的競爭，如果企業本身沒有改善體質朝向世界級的水準邁進，將會快速面臨被淘汰的命運。因此有些學者開始研究精實思維(Womack and Jones，1996)與全面生產製造融合成 Lean TPM，將其重點放在充分利用智慧創造出品質更好更便宜的產品來達成世界級的製造標準(如圖 2-2)，以便從競爭者中區隔出來。

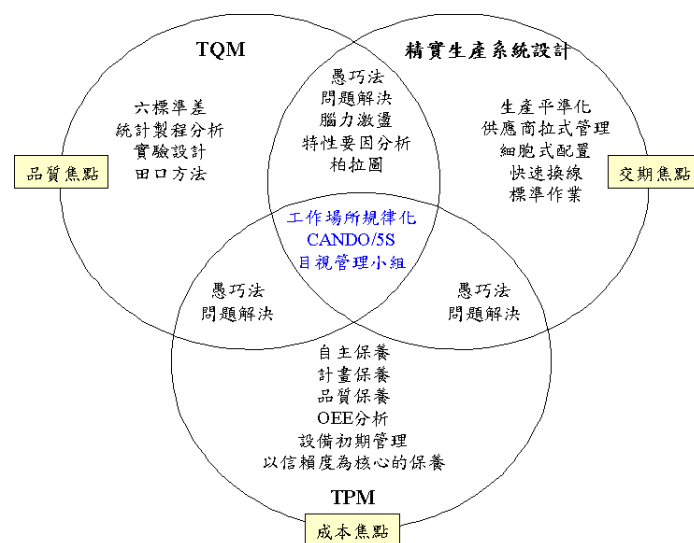


圖 2-2 世界級製造技術

資料來源：高福成，2005



### 2.1.2 TPM 的特色與基本思維及理念目標

TPM 有 5 大特色，其強調的乃在於 1.追求經濟性，使之成為能賺錢的 TPM。2.全面系統(MP-PM-CM)。3.從業人員自主保養(主動積極的小集團活動是 TPM 最大的特點)。4.所有部門參加的全公司活動。5.消除所有損失(零損失)。蔡炳程(2000)提到的企業競爭優勢，對企業內部而言所展現的正是「能力」這兩個字，就生產活動的能力而言，即是以生產力為指標，包含了有產出面的產量(P)、品質(Q)、成本(C)、交貨期(D)、安全(S)、士氣(M)等各層面都能有好的能力；或對於投入面的材料、設備及人員能有效的運用。或同時皆能兼顧有良好的表現。

林義輝 (2003)亦說明，在生產活動中，為能有效撲滅損失，必須提升全體人員的能力與改善設備機能，才能改善企業體質。故 TPM 具有以下的基本理念：

1. 建立可以賺錢的企業體質—追求經濟性、零災害、零不良、零故障。
2. 預防哲學(防範於未然)—MP-PM-CM。
3. 全員參與(參與型管理、尊重人性)—重複小集團組織、從業人員的自主保養。
4. 現場現物主義—把設備、工作塑造成”應有的狀態”、以用目視管理、創造乾淨明亮的現場。
5. 自動化、無人化—不用人工的生產現場。

也就是說，藉由 TPM 步驟化的推動，能使生產計畫有效達成、提高品質、降低成本、準確交貨、提昇員工士氣及防止事故災害，正是企業推動 TPM 欲達成之目標。再者，TPM 的目標是”藉由改善人和設備的體質，進而改善企業的體質”。所謂改善人的體質，即是在工廠自動化時代，培養能因應工廠自動化的人員，必須讓人員學會以下技能：

1. 從業人員：自主保養能力。

2. 保養人員：高度專業保養能力。
3. 生產技術人員：免保養獲易保養的設備計畫能力。

在現代 TPM 實施過程中，藉著改善人的體質進而改善設備的體質，其中改善設備體質包括以下兩項：

1. 改善現行使用中的設備體質，並追求總合效率化。
2. 新設備的生命週期成本(LCC，Life Cycle Cost)，設計和快速量產。

### 2.1.3 TPM 所定義的損失與焦點

生產活動主要是為了達到效率化，而 TPM 是以消除阻礙效率化的 16 大損失為目標。其損失包括阻礙設備、人員、原物料等三方面。中衛發展中心的陳冠榮 (2008)在「TPM 的個別改善與損失結構」裡提到了企業經營目的在於獲利，在品質接近的情況下，成本是顧客考慮要不要購買的重要因素之一，而企業營運成本中，內含有一部分不該發生的損失，欲降低營運成本就必須了解損失與損失架構，才能掌握損失加以分析並擬定對策加以改善來降低成本，同時也提到對 16 大損失的整理，如表 2-3 所示：

表 2-3 TPM 三個層面的 16 大損失

一	阻礙設備效率化的 8 大損失	1	故障損失。
		2	換模換線、調整損失。
		3	刀具更換損失。
		4	暖機損失。
		5	短戰停機、空轉損失。
		6	速度降低損失。
		7	不良、人工修改損失。

		8	其他，如停機損失、清掃點檢損失、等待指示、等待料件、等待支援或等待品質確認(測試調整)。
二	阻礙人員效率化的 5 大損失	1	管理損失—等待指示、等待材料。、
		2	動作損失—設備停止、設備性能、方法順序、技術偏差等損失。
		3	編成損失—編成人員配置損失、自動化更換損失。
		4	物流損失—搬貨、搬運損失。
		5	測定調整損失。
三	阻礙原物料效率化的 3 大損失	1	成品率損失—不良損失、頭尾料損失、暖機損失、寬裕太多損失。
		2	能源損失—暖機損失、過度負荷損失、放熱損失。
		3	模具、冶工具損失。

資料來源：陳冠榮，2008

高福成 (2005)指出，TPM 與其他管理手法不同的地方在於從設備著手，主要焦點是放在設備保養面上，而他也提到 TPM 所謂的保養，主要是「自主保養」和「計畫保養」兩大項。而 Kececioglu (1995)又將設備的保養定義為無失效之單元(Non-Failed Unit)，維持在可靠又安全的狀態下正常運轉，若發生失效，亦可將其復歸到原本可靠安全的狀態。TPM 的第一項的「自主保養」，根據 Nakajima (1989)的定義，自主保養就是預防劣化；而 McKone *et al.*(1999)以達成 TPM 目標而定義自主保養為：(1)是一種生產與保養小組形式；(2)透過生產與保養人員參與改善，使設備更加完善；(3)由保養人員針對一般設備問題，引導與指導生產人員進行保養；(4)作業人員的參與。第二項的「計畫保養」，則是透過有規律性、週期性的方式強化進行設備改善，其目的在消除失效或缺陷(Tsuchiya,1992)。

設備保養之目的在於維持產線之順暢，其保養結果可從設備總合效率(OEE)

裡的各項指標見其成效，保養得當，不但可減少機台當機時間、提高機台利用率，且更能夠提高產品良率。郭亦桓 (2001)也在研究中指出了對於設備管理的幾個分析的相關結論：

1. 留住有經驗的 PM 技術人員，可有效降低生產時間，也可以有效提高 WPH。  
所以建議降低 PM 人員的流動率，並利用較資深的 PM 人員做教育訓練以提高 PM 人員的能力。
2. 建議培養廠內設備人員對設備的維修能力，並降低緊急零配件的待料時間以及設備供應商的回應時間。
3. 提高自行維修能力及縮短設備供應商回應時間，可使機台在較短的時間內修復回線，減少因等待所造成的設備閒置損失，自然可提高機台 UPM(Up Time)。
4. 機台若有自動警報機制，在當機時自動呼叫相關人員處理，可以及早發現問題及早解決，以減少機台 MTTR；同時提高廠內維修能力，機台故障率降低，便可提高機台之 MTBF，改善這兩個因子都可以提升機台 UPM。

因此，TPM 活動的基本理念在於檢視真正的價值，在倡導 TPM 活動的初期，其貢獻在於以消除設備故障的損失，來檢視真正的價值並創造出真正的價值。

#### 2.1.4 TPM 之個別改善步驟

蔡炳程 (2000)指出，「個別改善」是指生產資源的效率化並追求生產力極大化，為了徹底消除損失，藉此活動可提升員工技術、分析、及改善能力。蔡炳程提出個別改善共有 10 個步驟，在導入實施階段開始先選定示範機台，然後成立專案小組進行改善活動，小組在初期要先掌握損失的狀況去設定改善主題及設定目標，然後擬定改善計畫，並評估改善對策之可行性後開始實施改善，目的為消除示範機台的損失，提高設備總合效率，在實施改善之後，製作標準化程序書或規範，並水平展開實施到同型機台。「個別改善」之實施步驟流程如下表所示：

表 2-4 TPM 之個別改善步驟流程

步驟	活動內容
步驟 1 選定示範設備、示範線、示範工程	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 個別改善計畫中，瓶頸生產線、工程、設備中損失較多者。</li> <li>• 重要性大者，進行水平展開。</li> <li>• 與自主保養活動 1-3 步驟相同對象之設備、工程、生產線。</li> </ul>
步驟 2 組成專案小組	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 所屬部門的管理者為領導人。</li> <li>• 技術、生產、設計的幕僚加入，依損失別由各單位分擔。</li> <li>• 專案小組由推進室登錄並指揮。</li> </ul>
步驟 3 掌握現狀的損失	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 確認及掌握損失</li> <li>• 損失之資料不足或缺少時，要建立收集這些資料</li> </ul>
步驟 4 改善主題及目標的設定	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 以現況調查結果為基準，設定改善主題</li> <li>• 以零損失的觀念設定挑戰的目標與期間</li> <li>• 決定各損失對策之負責人</li> </ul>
步驟 5 擬定改善計畫	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 完成分析、對策、實施改善等順序，製作推動計畫的日程表</li> <li>• 實施高階診所</li> </ul>
步驟 6 進行分析及擬定對策與評估	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 活用為改善所做的分析、調查、實驗等所有的技術方法和發揮固有的技術，並建立改善案及評估方法</li> <li>• 不斷的追求，直到達成目標為止</li> <li>• 進行高階診斷(以發表會方式尋找更佳的方法)以求充實</li> </ul>
步驟 7 實施改善	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實施必要的預算管理，並且實施改善</li> </ul>
步驟 8 確認效果	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 確認實施改善後的效果</li> </ul>
步驟 9 標準化	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實施製造標準、作業標準、資材標準、保養標準等必要的標準化與再發防止對策</li> <li>• 製作水平展開手冊</li> <li>• 進行高階診斷</li> </ul>
步驟 10 水平展開	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相同的生產線、工程、設備水平展開</li> </ul>

資料來源：蔡炳程，2000

高福成(2005)研究中亦提到「個別改善」的展開，就如同 TQM 的 QCC 活動一般，只是焦點放在設備總合效率，所運用的工具不侷限於 QC 七大手法，可搭配各種分析方法，如 5W 分析、FMEA(失效模式應用分析)、MTBF 分析、愚巧法...等都可在 TPM 個別改善中使用的手法。此外個別改善活動過程會產生許多改善重點，其執行內容會自然與設備的自主保養、計畫保養、品質保養有強烈的

關聯。

同時，高福成也提到，某位朋友在旅行中參觀沙灘海龜孵化奇景，第一隻小海龜掙扎著從沙堆裡冒出來，努力爬向遙遠的海洋，等這隻小海龜爬進海洋中的那一刻，頓時有上百隻小海龜從沙堆裡冒出，這自然界的現象，好像推動 TPM 一樣，首先需建立推動之模型架構，再以示範機台推行一段時間，確認無誤後，再水平展開到同型機台，以展現改善效率。

## 2.2 OEE 之定義

OEE(Overall Equipment Effectiveness)設備總合效率是為國際上用以評量機台生產效率的綜合性指標，包含了時間稼動率(Availability Efficiency, AE)、性能效率(Performance Efficiency)及合格品率(Quality Rate)三個指標的相乘所得即為 OEE。邱俊斌 (2006)的研究說明其衡量方式為目前半導體通相關產業通用標準，Jonsson and Lesshammar(1999)認為 OEE 是生產內部效率衡量方法，相關名詞會因產業別和需求不同而有不同的定義，尤其在考慮停機時間的紀錄判定，不同的 OEE 定義會有結果解釋上的差異，工廠之間很難利用 OEE 來相較，但仍適用於公司內部之生產效率的自我衡量。

OEE 基本公式如下：

設備總合效率(OEE) = 時間稼動率(Availability Efficiency) x 性能效率(Performance Efficiency) x 合格品率(Quality Rate)。

時間稼動率(%) = (實際工作時間 / 總工作時間) x 100。

性能效率 (%) = (實際產出量 / 應當產出量) x 100。

合格率 (%) = (良品 / 總生產量) x 100。

邱俊斌 (2006)研究中提到根據 SEMATECH E79 對 OEE 的定義：設備總合效率(OEE)是由「可用性效率(Availability Efficiency)」、「運作效率(Operational Efficiency)」、「速度效率(Rate Efficiency)」、「品質效率(Quality Efficiency)」而組成。其中運作效率和速度效率的乘積又稱為「績效效率」。在 OEE 各成分的計算過程中，都是以「時間」為基礎。

$OEE = \text{理論上生產的有效產品的時間} / \text{總時間} = AE \times (OE \times RE) \times QE$

$AE = \text{設備可運作時間} / \text{總時間}$

$OE = \text{實際生產時間} / \text{設備可運作時間}$

$RE = \text{理論上生產所有產品的時間} / \text{實際生產時間}$

$QE = \text{理論上生產有效產品的時間} / \text{理論上生產所有產品的時間}$

翁嘉宏 (2006)亦在研究中提到目前半導體業界通用的 OEE 稱之為設備總合效率，根據(SEMATECH，1995)在設備總合效率指導手冊中指出，設備總合效率是衡量半導體設備與製造生產力的全面性指標，公式整理如下：

設備總合效率(OEE) = 可利用時間效率(Availability Efficiency) x 性能效率(Performance Efficiency) x 品質品率(Quality Rate)。

其中，

1. 可利用時間效率(Availability Efficiency) = (全部時間-停機時間)/全部時間

停機時間 = 表訂停機時間 + 非表訂停機時間 + 非預期當機

在本研究中，亦即是  $UPM = (PR+SB) / \text{Total Hrs}$ 。

2. 性能效率(Performance Efficiency) = 比率效率 x 操作效率

比率效率 = 理想週期時間 / 實際週期時間

理想週期時間為設備供應商之規格單位時間的產出量。

在本研究中，亦即是  $WPH$  (Wafer out Pre Hour)。

3. 品質效率(Quality) = (全部製造數量 - 退件數量) / 全部製造數量

在參考了郭亦桓 (2001)探討到相對應到一般目前晶圓廠中常使用的 OEE 定義之後，再對應示範 DRAM 製造廠之定義，可歸納出三點意涵上的說明：

第一，時間稼動率(Availability Efficiency)在晶圓廠裡即是機台可以生產運作的時數。如果對應到某晶圓廠目前在針對無塵室所有 Cluster 的機台常用的評量用法可稱之為 UPM (UP time Manufacturing)，即是生產時間 PR (Productive Time) 加上閒置時間 SB(Standby Time)除以工廠總時間。工廠總時間為衡量的時間總長度，以一天 24 小時，一星期 7 天計算，包含有 PR、SB、SD、UD、EN、NS 的加總。

$$UPM = (PR+SB) / \text{Total Hrs}。$$

$$\text{總時數} = PR + SB + UD + NS + EN + SD。$$

$$\text{總時數} = PR + SB + UD + NS + EN + PT + PM。$$

PR (Production Time)實際生產時間；

SB (Standby Time)機台閒置時間；

ND (Non-Schedule Down Time)是非週期性之停機時間，通常指調節產能之停機或特殊計畫停機；

UD (Un-schedule Down Time 非預期當機時間)

EN (Engineering Time) 工程師借機時間，工程師因調整機台或驗證機台效能之停機；

SD (Schedule Down Time) 預期性停機時間，其項目包含有 PT (Production Test Time 例行測機時間)和 PM (Preventive Maintenance Time 預防保養時間)，兩者都屬週期性表訂停機時間；

$$SD = PT + PM$$

一般晶圓廠裡都有 PMS(Production Management System 生產管理系統)系統的功能，此乃係經由使用機台的操作員或工程師在無塵室裡的 IUI(Intelligent User Interface 智慧型使用者介面)上 Key in 以上不同屬性的機台狀態，可以正確的紀錄和統計出機台的時間配置，能提供給生產管理部和工程部基本的機台資訊去分



析機台效能的指標，以便找出最大的生產損失而加以改善。

第二，性能效率(Performance Efficiency)在晶圓廠裡代表性的指標主要是機台能夠生產的時間所能達到產量目標的產出能力，通常指的是實際的 WPH(Wafer Per Hour 機台每小時所能完成的 Wafer)和目標值(Target)的比率，WPH 可能被機台性能速度所影響，也可能和派工 Layer 穿插轉換、溫度升降及光罩轉換時間有關。此部分晶圓廠裡有 APC 部門(Advance Process Control)能接收機台所送出的 CEID code 以分辨紀錄 Wafer 從 Job in 到 Job Out，以及 Wafer in 和 Wafer out 的時間，甚至也紀錄了 Wafer 到機台裡的每個單元 process 的時間，可供生產管理部和工程部分析 WPH 損失的原因而加以改善。

第三，合格品率(Quality Rate)在 SAMETECH (1995) 的定義中是指生產出有缺陷異常產品的比率，同時也是指設備對產品良率貢獻的效能及影響。示範晶圓廠裡的缺陷管理系統，紀錄了產品在各站點的異常處理紀錄，也紀錄了缺陷訊息，工程師與晶圓廠內的相關人員就可量身打造對機台數據的擷取需求，這也加強了對機台運轉狀況及工作性能的監控，因此就直接地提升了晶圓廠的效能。

凌國榮 (2002)提到了會影響 OEE 績效指標主要有六大主因有：1.設備故障、2.設備調機、3.現場操作人員速度變緩、4.現場操作人員不足、5.產品重工以及 6.產品良率，這些生產變數對 OEE 的影響依構面和層面分類，可整理如下表 2-4，(整理 OEE 三大指標與六大影響要素)，對於時間構面的機器當機時間和設備調整時間可歸類為時間稼動率損失(Availability losses)；而績效構面的機器閒置或速度降低都屬於性能效率損失(Performance losses)；品質構面的良率損失和缺陷則是合格品率損失(Quality losses)。

表 2-5 整理 OEE 三大指標與六大影響要素

構面	損失層面	項次	影響 OEE 主要項目	衡量效率
時間面	時間稼動率損失 (Availability losses)	1	設備故障	可供性
		2	設備調機	可供性
績效面	性能效率損失 (Performance losses)	3	現場人員速度變緩	績效效率
		4	現場人員不足	績效效率
品質面	合格品率損失 (Quality losses)	5	產品重加工	品質係數
		6	產品良率	品質係數

資料整理自：凌國榮，2002

生產效率的目標是欲以最小的資源投入得到最大的產出效能而提高公司的生產力，投入資源包含了勞動力、機器及原材料，而產出效能包括產品、質量、成本、交貨期、安全、健康、環境和士氣各構面的效能提升，不僅僅是產量，產出還包括當提高士氣、改善安全和健康狀況，使工作環境處於正常狀況時，改善質量、降低成本和按期交貨。由於半導體業晶圓廠中設備成本佔製造總成本 75% 以上(Yurtsver, 1995)，因此各家企業都非常重視機台效能，也都花了相當大的心思去致力於減少機台各構面的效能損失，目的都是在於要百分百地發揮機台生產效能，降低生產成本，以提高企業永續經營的優勢。總結上述的文獻，針對本研究 TPM 的推行所要衡量的設備指標有兩項：

1. 機台稼動率  $UPM = (PR+SB) / \text{Total Hrs}$ 。
2. 不良率 = 機台所產出異常產品之缺陷次數。

而影響這兩項生產指標主因乃在於缺陷異常事件，故假設以推行 TPM 之個別改善能減少缺陷事件，便有機會提高這兩個指標，為本研究進行之方針。

## 2.3 QC 七大手法

傳統的品質七大手法(通稱為 QC 七大手法)，是品質管理的工具，用來做定量的數值分析，包括有：(1).檢查表(Check Sheets)、(2).要因分析圖(Cause-effect Diagram)、(3).柏拉圖(Pareto Analysis)、(4).直方圖(Histogram)、(5).管制圖(Control Charts)、(6).層別法/圖形法(Stratification Analysis/Graphic Method)、(7).散佈圖(Scatter Diagram)，是公認為在協助品質改善上非常有用的工具，可以在渾沌不明的情況下，認清問題關鍵所在，進而解決問題。

陳崇智(2008)的研究指出，品管七大手法是極有用的管理工具，廣泛的被應用在製造、服務、商業流程的管理當中，最早在生產管理使用時，著重於整理問題資料數據取得後的管理手法，有別於新 QC 七大手法著重於資料數據取得前的管理手法，兩者都是品質管理手法，彼此並不衝突。日本品管大師石川馨博士(Kaoru Ishikawa)的經驗表示，一個公司內部 95% 以上的品質問題是可以利用 QC 七大手法加以解決的，不但能夠管制製程能力，使其處於穩定狀態，亦能改進製程及產品品質能力。其中檢查表著重於資料蒐集與分類，要因分析圖則是找出品質問題之因果關係與整理，柏拉圖主要是掌握問題重點，直方圖可方便掌握變異部位，管制圖可用來監控制程能力與品質，而層別法主要是掌握資料分析與工作程序，常需要配合其他手法一起運用，所以另外有了一種分類方法，是把常用到的圖形，如長條圖、推移圖、圓餅圖...等統稱為圖形法來取代層別法，最後散佈圖則是表現兩種資料之相關性分析。參考鄭清和(1986)「品管七大手法」之目的整理如下表 2-6：

表 2-6 QC 七大手法之目的

	QC 七大手法	目的
1	檢查表	資料之分類、蒐集
2	要因分析圖	品質問題之因果關係與系統整理
3	柏拉圖	重點之掌握

4	直方圖	變異之掌握
5	管制圖	品質特性之監控
6	圖形法/(層別法)	資料分析/工作程序之瞭解與掌握
7	散佈圖	兩種資料間之相關性分析

資料整理自：鄭清和，1986

以下將詳細說明 QC 七大手法各分類的意義以及使用方法：

### 1. 檢查表(Check Sheets)：

用來紀錄和分析事實的統計表，又名查核表，使用之目的為分析事實和確認事實兩種。如下圖所示：

表 2-7 檢查表範例

種類一：紀錄用檢查表				
不合格種類	生產監控	儀器校正	工程變更	預防保養
抽樣比例	10%	10%	10%	20%
不合格次數	IF	T	F	—
Operator: _____ Manager: _____				
種類二：點檢用檢查表				
Item	Content	Yes	No	NA
Puck check	Cleanliness?	✓		
Load check	Vibration?		✓	
FOUP check	Smoothly?	✓		
Indexer check	Smoothly?	✓		
Shuttle check	Smoothly?	✓		
Vacuum check	Smoothly?		✓	
Laser power check	Decay?	✓		
Operator: _____ Manager: _____				

資料整理自：鄭清和，1986

### 2. 要因分析圖(Cause-effect Diagram)：

特性要因圖是將第一個問題之特性(結果)與造成該特性之重要原因(要因)歸納整理而成的圖形，由於外型類似魚骨，因此俗稱為魚骨圖，此圖由日本品管大

師石川馨先生所發展出來，故又名石川圖。繪製時採用腦力激盪的方式配合專業知識和經驗進行要因分析，除了當作結果和原因之間的分析外，亦可當作目的和手段之間的分析。如下圖所示：

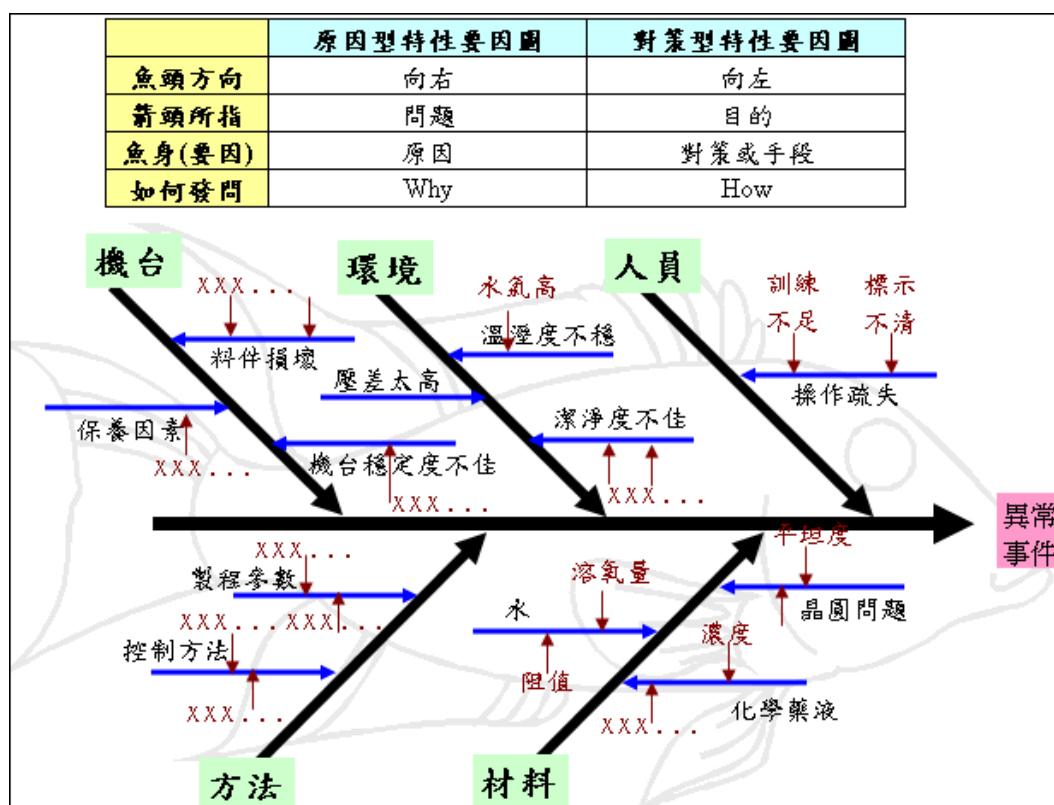


圖 2-3 特性要因圖(魚骨圖)範例

資料整理自：鄭清和，1986

### 3. 柏拉圖(Pareto Analysis)：

柏拉圖是用來做重點管理之工具，重點通常只佔全體的一小部分，只要掌握關鍵少數，就能夠控制全體。這就是一般所說的 80/20 法則。可以配合層別法一起運用，也可用於問題改善前中後的比較分析確認改善對策效果。如下圖所示：

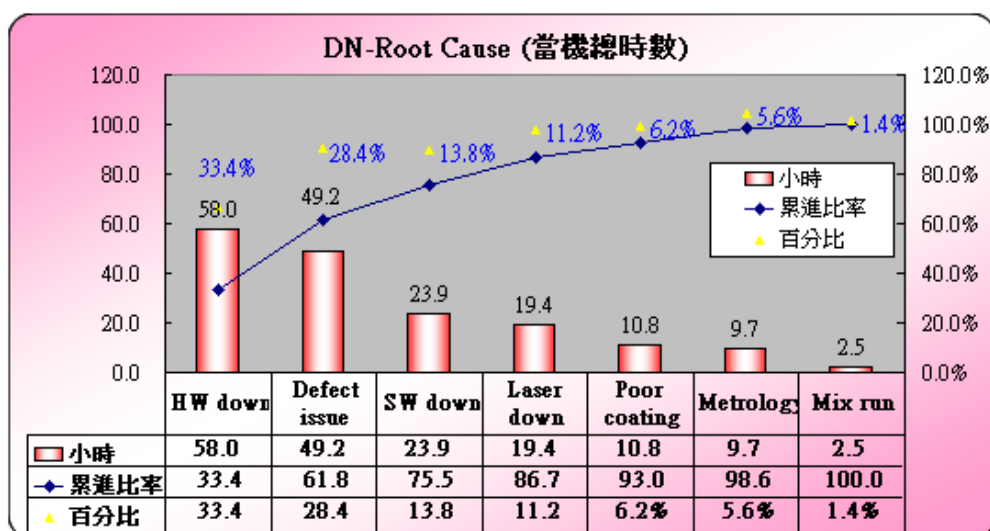


圖 2-4 柏拉圖範例

資料整理自：鄭清和，1986

#### 4. 直方圖(Histogram)：

將一組數據繪製成柱狀圖，用以調查平均值與分佈範圍，判斷其成常態分型、鋸齒型、右高或絕壁型、雙峰型、高原型及離島型等不同分佈上的意義。如下圖所示：

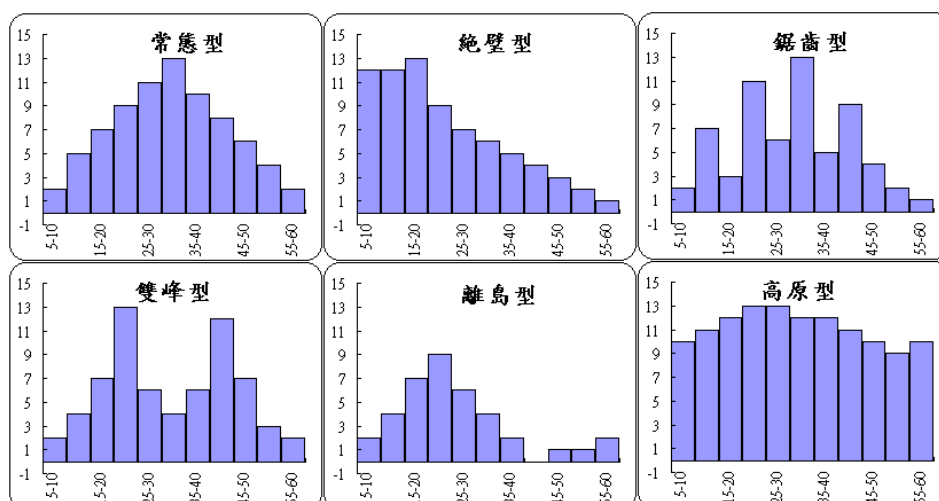


圖 2-5 直方圖範例

資料整理自：鄭清和，1986

## 5. 管制圖(Control Charts)：

以統計方法計算中心值及管制界線，並據此區分異常變異與正常變異之圖形，如下圖所示：

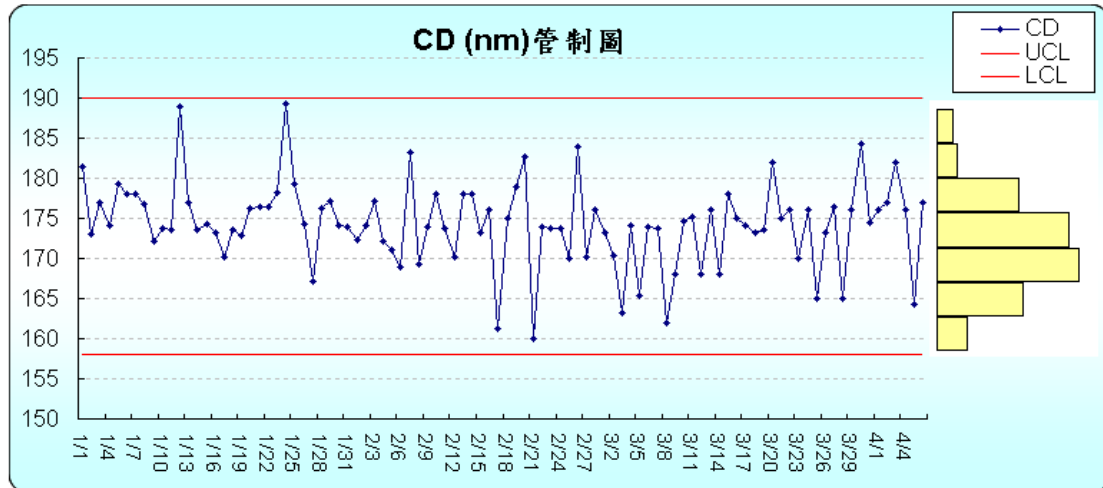


圖 2-6 管制圖範例

資料整理自：鄭清和，1986

## 6. 層別法/圖形法(Stratification Analysis/Graphic Method)：

將群體資料(或稱母集團)分層，把品質特性相關的資料放在一起成為一階層，使層內的差異小，而各層間的差異大，以便進行分析。對觀察到的現象或所蒐集到的數據，按照它們共同的特徵加以分類、統計的一種分析方法，是容易觀察，有效掌握事實的最有效、最簡單的方法。

層別法只是種思維方法，不是圖表工具，它會利用檢查表、柏拉圖、推移圖來操作，因此，QC 另有一種分類方法將經常使用到的圖形，如長條圖、推移圖、圓形圖等統稱為圖形法(Graphic Method)，用以取代層別法。

表 2-8 層別法範例

UD - type	%	Case	%	Root Cause	%
HW down	33.4%	Chuck damage	15.0%	wafer Hit	2.0%
				Resist damage	3.0%
				Aging	10.0%
		PCB broken	10.0%	static electricity	5.6%
				short	4.4%
		Tip damage	8.4%	wafer Hit	4.2%
				Chemical etch	4.2%
Defect issue	28.4%	Particle Cause	11.1%	Robot damage	5.6%
				Cleaning	5.5%
		Recipe Cause	10.3%	Miss key in	10.3%
		Operator Cause	7.0%	wrong job	7.0%
Laser down	11.2%	Shot energy low	7.2%	Lifetime end	2.2%
				Gas shorting	3.0%
				Voltage abnormal	2.0%
		Voltage high	2.1%	Chamber aging	2.1%
		Bandwidth NG	1.9%	gas refill issue	1.0%
				wavelength issue	0.9%

資料整理自：鄭清和，1986



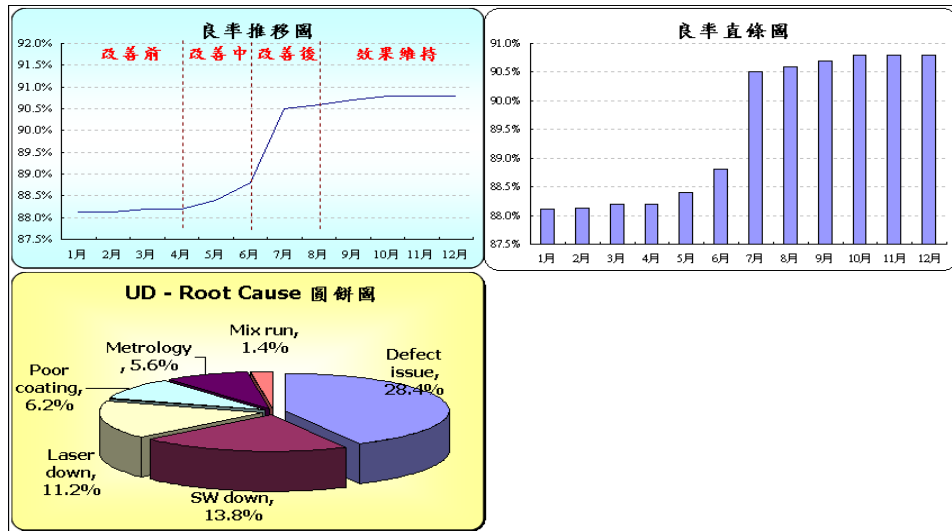


圖 2-7 圖形法之推移圖、直條圖、圓餅圖

資料整理自：鄭清和，1986

## 7. 散佈圖(Scatter Diagram)

將對應的兩種品質特性數據資料分別點入 XY 座標圖中，用以觀察兩種品質之間的相關程度，可由數據點的分佈情況判斷為正相關強，負相關強，無相關性，以及曲線關係，如有特異點需探究其造成原因。如下圖所示：

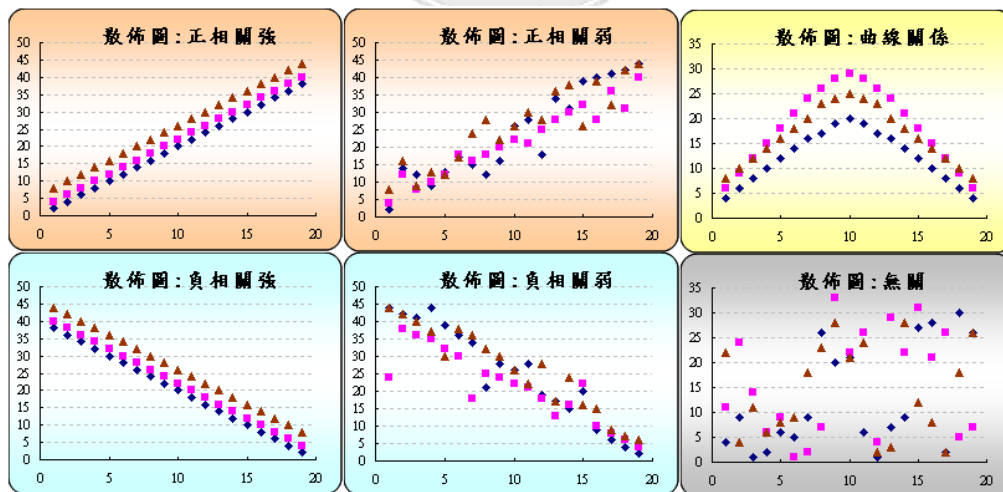


圖 2-8 散佈圖範例

資料整理自：鄭清和，1986

以上利用品管手法搭配 PCDA 改善循環的概念，可以讓改善品質更有效率，例如，在「Plan-規劃階段」可以使用查核表幫忙蒐數據，利用長條圖將數據轉換成圖，亦可使用層別法分析問題，利用散佈圖找出原因是否對問題有影響以及是怎樣的影響，或利用特性要因圖可以把問題分門別類地找出真因，經過腦力激盪討論從哪個問題先下手處理，當找出對策後，寫出企劃案，由現場人員或工程師開始「Do-執行階段」之後，接著在「Check-查核階段」部分可以設計查核表，例行檢查蒐集數據，或用管制圖查看執行情形，在「Action-糾正階段」改善後，使用推移圖比較改善前後的情形有無好轉，亦可利用柏拉圖來比較當初最大的影響因子有無改善，然後再找出下個目標持續改進。參考自鍾朝嵩(1996)「全面品質管理」。

## 2.4 5W2H 分析法

大多數人之所以不知道如何問問題，最主要的原因就是缺乏訓練，而在所有邏輯思考法中，「5W2H」可說是最容易學習和操作的方法之一。5W2H 分析法是第二世界大戰中美國陸軍兵器修理部首創，又稱「七何分析法」，此方法簡單又方便，易於理解與使用，富有啟發意義，廣泛用於企業管理和技術活動，對於決策和執行性的活動措施也非常有幫助，也有助於彌補考慮問題的疏漏。發明者用五個以 W 開頭的英語單詞和兩個以 H 開頭的英語單詞進行設問，發現解決問題的線索，尋找發明思路，進行設計構思，從而搞出新的發明項目，這就叫做 5W2H 法。有助於工作者在思考問題時不會有所疏漏。

提出疑問於發現問題和解決問題是極其重要的。創造力高的人，都具有善於提問題的能力，眾所周知，提出一個好的問題，就意味著問題解決了一半。提問題的技巧高，可以發揮人的想象力。相反，有些問題提出來，反而挫傷我們的想象力。發明者在設計新產品時，常常提出：為什麼（Why）；做什麼（What）；何人做（Who）；何時（When）；何地（Where）；如何（How）；多少（How much）。

這就構成了 5W2H 法的總框架。以下參考徐嘉良(2006)研究並根據本研究在晶圓廠解決缺陷所需利用到的 5W2H 型式做了定義與說明，整理如下圖所示：

表 2-9 5W2H 分析法之意涵

5W2H	意義與目的	應用在晶圓缺陷改善之意涵
WHO	是對象，指明「由誰來做？誰來完成？」	發生什麼類型的缺陷？哪一批產品批號？
WHAT	確立問題，了解「目的是什麼？做什麼工作？」	描述該類型缺陷的形狀大小及分佈
WHERE	是地點，確認「在哪裡做？從哪裡入手？」	在什麼機台的哪一個單元發生？
WHEN	指的是時間，設定「什麼時間完成？什麼時機最適宜？」	是什麼時間點發生的缺陷？以便查驗當時機台狀況。
WHY	說明背景或提出問題，「為什麼要這麼做？理由何在？原因是什麼？」	初步推論為何會發生該類型缺陷？
HOW TO	是方法，提出「怎麼做？如何做會更好？如何實施？做法是什麼？」	要如何去解決該類型缺陷？
HOW MUCH	則是花費或成本，計算「要花多少預算？金額是多少？」	該缺陷所影響的程度為何？

資料整理自：徐嘉良，2006

## 2.5 PDCA 簡介

戴明循環是戴明博士（Dr. Deming）在西元 1950 年受邀於日本講習時所介紹的一項管理理念，最初應用於品質管理，爾後擴及企業各階層的管理思維及行動上，經由不斷的改進而成為如今的面貌。最早的戴明循環分為設計、生產、銷售、研究四個階段，日本人將其改善觀念與管理功能的觀念相結合，修改為 PDCA 循環，以便適用於各種狀況。應用初期，PDCA 各階段分別由不同的人員

執行，現今則修正為個人或團體思考的準則。

了解透過事實資料的收集，擬定一個改善的行動(P)，隨之執行該計畫(D)，然後檢討績效(C)，查核預定的目標是否已經達成(A)。如果答案是肯定的，則進一步將整個方法標準化，以防止錯誤再度發生，同時確保爾後都能運用新方法，維持改善後的成果；否則另行改試其他對策。「問題」可區分為兩種類型：(1)問題解決型與(2)課題達成型。前者指「經常反覆發生的問題」；而後者則是「過去未曾發生過的課題」。面對經常反覆發生的問題，PDCA 循環應始於查核(Check, C)階段，逐一進行 CAPDCA 等步驟；若是未曾發生的課題，則由計畫(Plan, P)開始。如此一來，PDCA 不斷循環，改善後帶來新的作業標準，新的作業標準不久後又成為下一階段的改善目標，達到「止於至善」之境界。整理自林建基(2001)「PDCA 循環全員品管」。

推動 PDCA 循環時，每個步驟都有注意事項，分述如下。

- 1.計畫(P)：應採目標管理，注意要領包括：訂定目標，然後決定目標達成的方法，再決定目標達成否的評估基準。
- 2.執行(D)：依據計畫實施且為了能夠確實落成計畫，此階段應進行一個小型的 PDCA 循環。
- 3.查核(C)：依據先前擬定的評估基準查核實際績效，也就是將目標值與實績相對照。
- 4.處置(A)：在查核後如果發現未能達成目標，首先採取緊急對策，消除該現象，然後再進一步進行 PDCA 循環設法防止相同的問題重複發生。

利用不斷的應用 PDCA 循環完成「循環」的真義。若是達成目標，甚而超越目標，則應將此新對策標準化，儲存成為公司的技術規範，提昇公司的能力與市場競爭力。

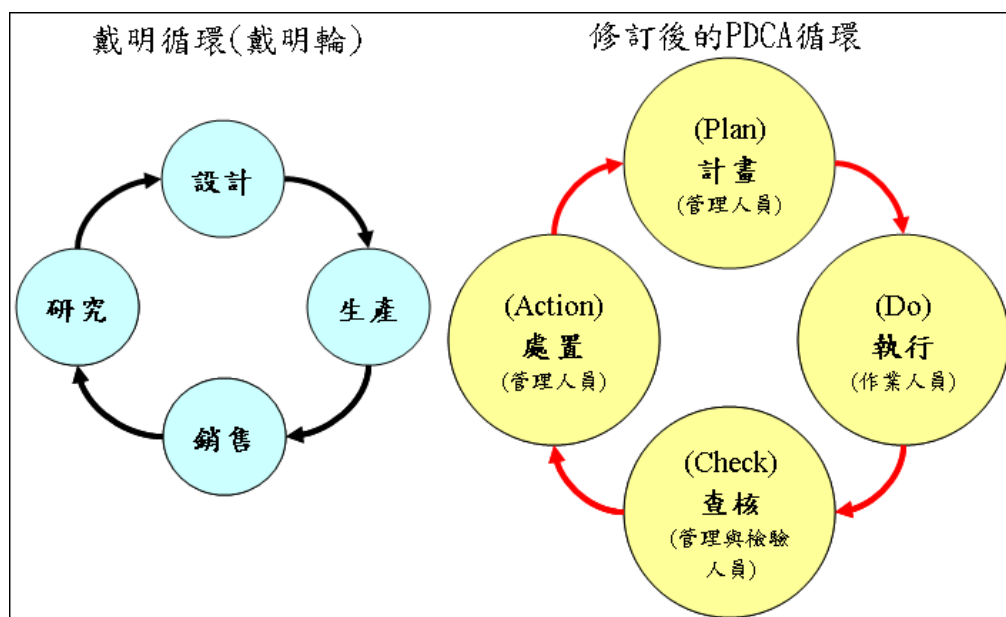


圖 2-9 PDCA 循環之演變

資料整理自：林建基，2001



### 第三章 晶圓製造實施 TPM 之架構

TPM 是一項經由全員參與然後追求設備最大的總合效率及效能的生產哲學(Nakajima,1998)。張致誠(2002)比較了七篇有關 TPM 的研究(Nakajima, 1998; Takahashi and Osada, 1990; Tsuchiya, 1992; Steinbacher, 1993; Maier et al., 1998; MacKone et al., 1999; McKone and Weiss, 1999), 歸納出了幾種最常被引述為 TPM 要素的做法, 分別是:個別改善、自主保養、計畫保養、設備技術提升、高階層支持、跨機能團隊和教育訓練, 並指出透過仔細的計畫保養和設備改善, 非預期故障當機是可以被預防的。

莊國泰(2008)在「C-TPM 的活動展開-中小企業如何有效導入 TPM」中提到中小企業在導入 TPM 活動時, 除了要有正確觀念去學習或模仿 TPM 的成功案例時, 要注意企業本身規模大小所應有的修正做法才能確保成功導入, TPM 活動中有達成整體目標的八大支柱, 企業要視其需求、所要達到的目標和搭配資源去挑選八項中的幾項支柱徹底執行, 未必所有項目都要實施, 掌握重點依然可以逐步達成 TPM 活動的目的, 例如, 可以先從故障損失, 換模損失等容易掌握的損失指標開始著手, 再逐步建立設備總合效率等整體性的指標。TPM 的八大支柱在改善員工本質態度上有很大的效果, 可訓練員工用自己的智慧來防止機台劣化, 並使員工在感受到自己所做的改善效果後能引發更大的改善興趣與衝勁。

邱元錫教授(1998)在國內半導體中、下游產業設備維護現況調查與運用 TPM 活動以提升競爭力之評估研究中提到台灣有 55% 的半導體業者尚未推行 TPM 活動, 這些比例中有 93% 的業者有意願推行, 且其中有 56% 希望能得到輔導。在希望得到輔導的項目當中以「TPM 觀念推廣」比例最高, 顯示未推行的業者對 TPM 並無很深的了解, 其次的需求項目是「制度的建立」, 如圖所示, 也表示半

導體業者希望透過制度化的 TPM 架構模式來推行以減少投入成本及磨合時間來增加效率。而在分析業者推行 TPM 希望偏重的內容，如圖，顯示希望偏重於「設備維護管理」方面高達 69%，即是機台設備的保養和改善，由此可見半導體業對提升機台稼動率之迫切需求。

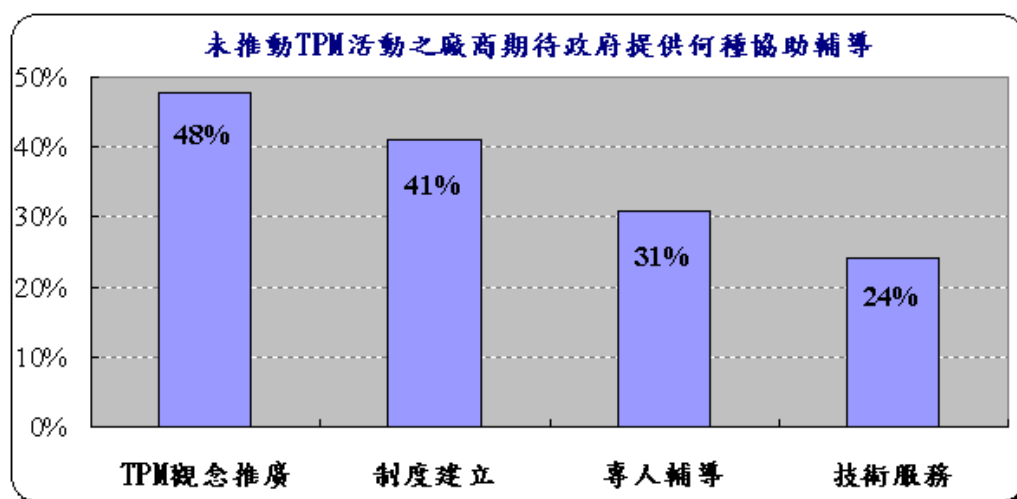


圖 3-1 未推動 TPM 活動之廠商期待政府提供何種協助輔導

資料來源：邱元錫，1998

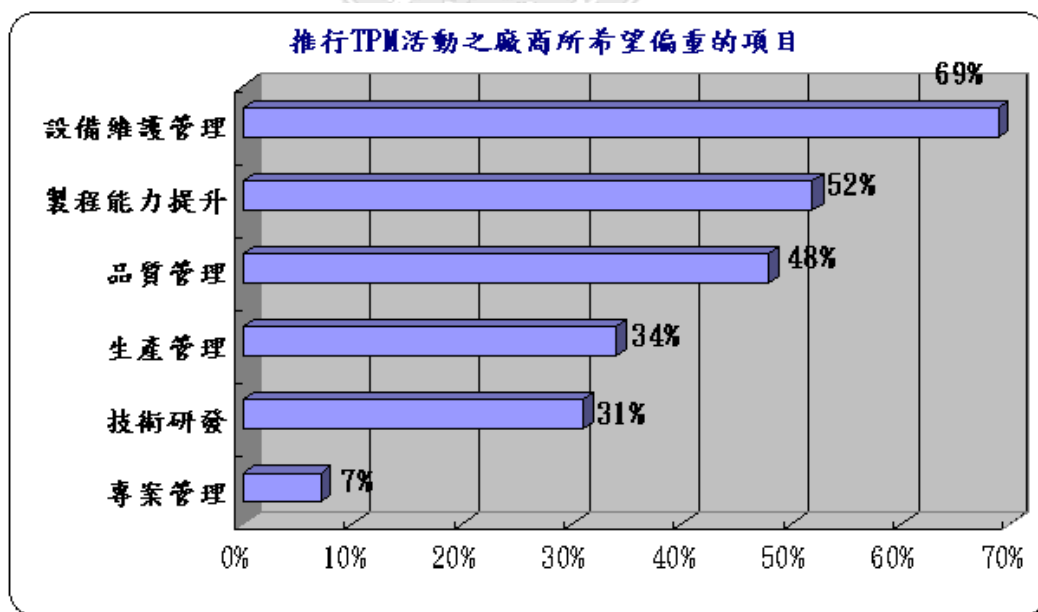


圖 3-2 推行 TPM 活動之廠商所希望偏重的項目

資料來源：邱元錫，1998

### 3.1 研究背景介紹

#### 3.1.1 半導體基本製程及黃光區製程設備簡介

歸納半導體製造廠的產業有以下幾項特性：變動快速，產品生命週期短，交貨時間需求短，價格競爭激烈以及競爭者眾多，生產製程複雜，設備機台投資昂貴，技術密集度高，研究發展需求龐大，因此，要維持半導體企業之競爭力，其關鍵在於製程技術與生產效率，而生產效率又以缺陷與良率的因素影響最為深遠。

莊達人（1995）在「VLSI 製造技術」中說明了製程設備在製造流程中的製程目的和特性。如下圖 2-1 所示之 IC 半導體晶圓製造流程基礎架構，從空白晶圓（Bare Wafer）開始在生產線投片，整個工廠無塵室裡，依產品製作過程及方法屬性可分為五個模組區域，分別稱為；

1. 黃光區：負責以曝光顯影之光學技術將設計好的電路線圖案轉換成影像刻印在晶圓上，成為有圖案的晶圓，並於出站點前量測線寬尺寸(CD)和疊對誤差(Overlay)，若不合規格則需重製(Rework)，若產品符合規格則會接著傳送到蝕刻區進行不同的製程。
2. 蝕刻區：是將已有圖案的晶圓，利用乾濕蝕刻製程技術，刻印出線路圖案或去除不必要的部分，接著用化學溶劑清潔洗淨遮罩用之光阻層後檢查電路線寬，再來則是傳送到擴散區進行後面製程。
3. 擴散區：以各種高低溫爐管生長新的磊晶膜，架構許多不同的導線線層，並最後檢查結晶結構的缺陷，然後接著傳送到薄膜區進行製程。
4. 薄膜區：負責將各種不同設計能量與濃度的電離子，植入在各層電路層中，最後加上抗靜電抗磨損的保護膜外層，即完成整體線路製程。
5. 製程整合；無固定區域，其工作內容是負責解決、推動與整合各生產區間之



跨區域相關複雜問題，此外還有其他相關部門參與負責缺陷量測監控及控制製程良率等工作。

每個區域中製程工程師所負責的工作是進行製程參數的控管與最佳化以及產品品質檢驗，而設備工程師則負責機台定期的預防保養與非定期當機之維修等工作，在品質檢驗程序中，會依在製品與產能的多寡或產品的成熟度與可靠度來執行例行抽檢、部份檢驗或全檢等，以檢驗結果判斷處理方式可分為重製(Rework)、降級(Down Grade)或報廢(Scrap)，工程師主要在於維持整體製造流程順暢，對於所有的缺陷問題都要在當站即時處理解決，以避免影響其他站點的製程品質及作業時間。

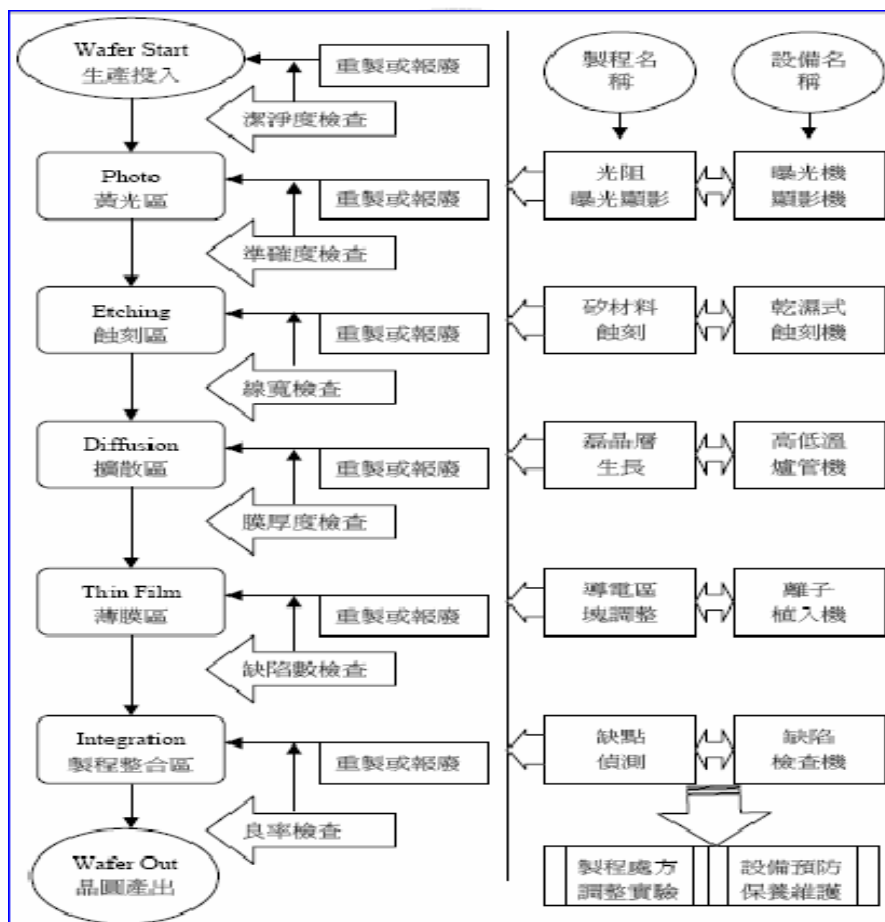


圖 3-3 IC 半導體製造流程基礎架構簡介

資料來源：董舒麟，2001

半導體的重要製程單位有黃光、蝕刻、擴散、薄膜四大部門，「黃光區」則為半導體製程裡面重要的一個環節，其製程的順序為光阻塗佈、軟烘烤、曝光、曝後烘烤、顯影、硬烘烤，其目的在於用光源照射刻印有電路圖的光罩，影像投射經過特製的透鏡並以微縮 4 倍的影像呈像在晶圓上，當塗佈有感光劑(光阻)的晶圓受到不同圖形區域的能量照射後，便能以顯影液來將電路圖顯像，以便到下一站點進行其它製程。

根據莊達人(1995)在「VLSI 製造技術」指出，晶圓廠中以黃光區的設備成本最高，而以投資報酬率的觀點來看，提高黃光區的良率所能獲得的效益最高，故所有的晶圓廠無不以提高黃光的良率作為整體的努力目標，在黃光區主要由兩種機型相連成一條生產線(cluster)，一是曝光機台(Scanner)二是塗佈顯影機台(Track)，製作流程一開始為由晶舟(前開口密閉式晶圓傳輸單元匣，Front Opening Unified Pod, FOUP)裝載晶圓(Wafer)，每個 FOUP 最大可容納 25 片 Wafer，作業員或自動傳送系統(Over Head Transfer, OHT)會將晶舟放置在光阻塗佈機的 Load Port 上，由作業員在自動化操作系統(EAP)的操作介面下達開始(Job Start)的指令，Track 便會自動開啟晶舟，藉由機器手臂將晶圓(Wafer)傳送到機台內的每一個單元模組(Unit)依序進行製造流程，如下圖 3-4 所示，黃光區之製程流程步驟依序為：

1. 抗反射層塗佈:Wafer 在塗佈光阻之前會在底部預先上一層抗反射層，稱為 Bottom Arc，目的在於避免曝光時光能量的反射影響圖行之解析度。
2. 烘烤:Wafer 被機器手臂傳送到烤盤烘烤以固化抗反射層。
3. 光阻塗佈:Wafer 被機器手臂傳送到塗佈槽(Coater Unit)的旋轉盤(Spin Chuck)上，此時真空 Chuck Vacuum)會吸附住 Wafer 以便作光阻塗佈時可以高速旋轉，接著光阻手臂(Nozzle Arm)會正確的移動到 Wafer 正中心，一開始先噴 Rinse 以便增加光阻的附著力和均勻度，然後光阻頭(Nozzle Tip)會在 Wafer 中心緩緩噴出光阻，此時 Spin Chuck 會以高速旋轉增加光阻塗佈在 Wafer 表

面的均勻性，不同的厚度會有不同步驟的旋轉速度與時間的參數，當完成上光阻動作後，修邊模組 EBR(Edge Bead Remove)會移動到 Wafer 邊緣開始以 45 度角正切的方向噴化學溶劑(Thinner)以沖洗掉 Wafer 邊緣大約 0.2~0.5mm 的寬度做修邊的動作，用以減少邊緣產生微粒污染(Particle contamination)的機率。

4. 軟烘考(Soft Bake):做完光阻塗佈後，晶圓會被機器手臂傳送到熱板加熱烘烤以去除光阻中的溶劑成分，目的在於增加顯像率及防止光阻崩裂。
5. 曝邊(Wafer Edge Exposure):在執行線路圖案的主要曝光之前，需利用汞燈光源先將 Wafer 邊緣大約 0.2~0.5mm 寬度的光阻曝掉，以便能讓顯影液沖洗掉邊緣的部分，目的是為了避免在各個機台內傳送過程中 Wafer 邊緣的光阻和機器手臂摩擦產生污染物(Particle)。
6. 曝光(Exposure):接著 Wafer 會傳送到微影機台(Scanner or Stepper)經過機台量測對準後，藉由不同的曝光光源(如汞燈，雷射光)照射光罩上的線路圖形，影像經過光學透鏡折射投影呈像在晶圓表面上，目的是要讓帶有線路圖影像的光能量照射在 Wafer 上的光阻層，使之能感光而產生化學結構變化，以便能藉由顯影液沖洗出線路圖形。如請參照下圖 3-5 所示。
7. 曝後烤(Post Exp Bake):在曝完光之後，一定時間內要進入烤盤烘烤，目的在於減少光阻層感光後產生的駐波效應。
8. 顯影(Develop):接著便是利用顯影液沖洗出所要的電路圖影像顯影來，此時會配合利用去離子水(De Ion water)沖洗顯影後的雜質。
9. 硬烤(Hard Bake):最後再送到熱盤烘烤以去除殘留的顯影液和清洗劑(Rinse)。
10. 製程完成:製程結束後，產品會進行品質檢驗，主要有三道檢驗關卡(1)檢查 CD 線寬(Critical Dimension)，即曝光顯影後的主要線路圖寬度，其樣式有 Line、Space 和 Hole...等，依產品層別的不同而異；(2)檢查 Overlay 疊對誤差，即新成形的當層與前層的疊對狀況；(3)檢查製程異常之缺陷，如光阻塗佈是否不良，曝光圖形是否異常，顯影效果是否異常...等等之類的缺陷，是為黃

光區的最後一道檢驗關卡，有異常產品便不能出站點，需扣留(Hold)給製程工程師檢查判斷問題之來源，在由設備工程師協助處理機台或產品重製(Rework)。



圖 3-4 黃光區製程流程示意圖

資料整理自：羅正忠，2003

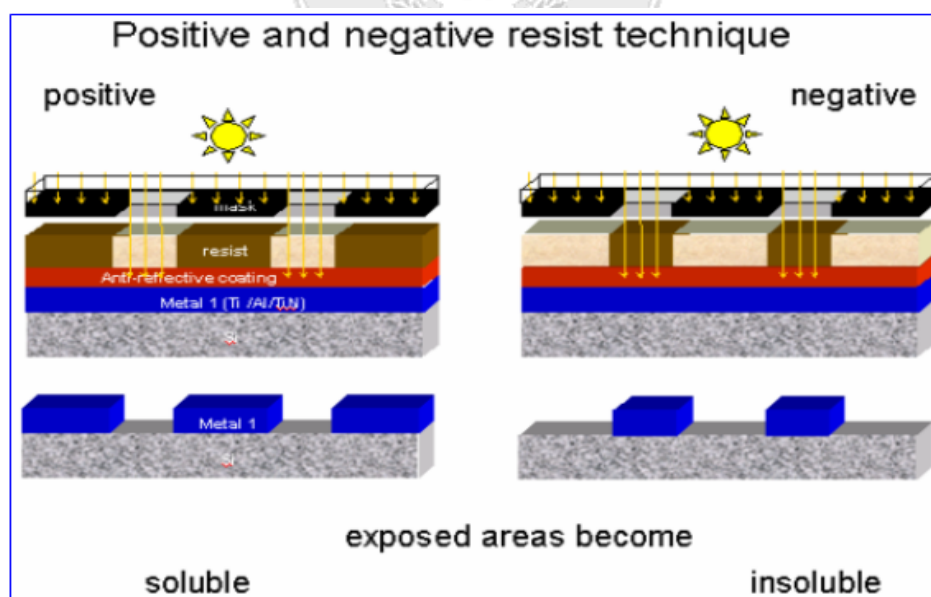


圖 3-5 曝光呈像之示意圖

資料整理自：羅正忠，2003

### 3.1.2 黃光區缺陷之定義及種類

由於黃光產出的重要因子「線寬」又稱關鍵尺寸(CD, Critical Dimension)”是決定整個晶圓廠技術的關鍵，其中黃光製程的缺陷多寡將影響到整個後續流程的良率，因為在上光阻、烘烤、顯影、或甚至曝光等都很容易沾上微塵(Particle)，更尤其在線寬越來越小的技術世代轉換過程中，微塵更是容易成為影響良率的變數。舉例來說，環境或機台所產生的任何肉眼看得到的微塵尺寸單位大約為 0.1mm，相較於 70nm 的線寬是極為龐大的顆粒：

$$1\text{mm}=1000\mu\text{m}=1000000\text{nm}$$

$$\text{例：} 70\text{nm} = 0.07\mu\text{m}=0.0007\text{mm}$$

因此，只要大於 70 奈米的粉塵落在某一個層(Layer)的線路中或跨在層與層之間，就必然會阻礙最終電性的導通而影響產出的良率(目前晶圓廠內的 Particle 規格為 0.05 $\mu\text{m}$ ，群聚性的缺陷則視末端電性測試結果而定義影響程度)，所以，缺陷的廣泛定義基本上是為在晶圓製程中足以影響到良率損失(Yield Lost)的因子，而此缺陷因子大體上可分為微塵顆粒以及不當的製程參數兩大類，其中和機台設備保養程度相關的以微塵顆粒為主要因素，Ingrid Peterson(2000)在 KLA-Tencor magazine 裡提及現今的半導體製程本身有許多不同的缺陷，而其中大部分的缺陷乃源自於黃光區。從缺陷管理的角度來看，黃光單元擁有許多獨特的特性：

第一，黃光製程的缺陷大小差異最大，特性的差異範圍也最廣。這類缺陷中有一部分屬於塗覆問題、對焦與曝光缺陷、顯影缺陷、修邊問題、污染以及刮痕等，一般都將其視為黃光巨觀方面的缺陷，如下圖 3-6。至於其它缺陷則屬於黃光的微觀缺陷，請參考下圖 3-7，在進行表面檢查時，這類缺陷較不易被發現，其中包括像污點(Spot)、顯影劑污點(Jell)、殘留物(Residual)，例如各種極微小的物質，

包括像微細橋接(Micro-Bridging)、微氣泡(Micro-Bubble)、最小線寬誤差(Critical dimension Variation, CD)、獨立圖型遺失(Isolated Missing)、接觸洞遺失(Contact Missing)，變型接孔(deformed contact)或穿孔。

第二，黃光是除了化學機械平坦化(Chemical Mechanical Planarization, CMP)以外，唯一能以重製作業修補缺陷的領域。

第三，黃光區的微影曝光是為半導體的關鍵製程，其電路線寬技術可決定產能與成本，及製程技術規格也較為嚴緊，因此，某種程度而言，黃光區仍是半導體缺陷的主要來源。

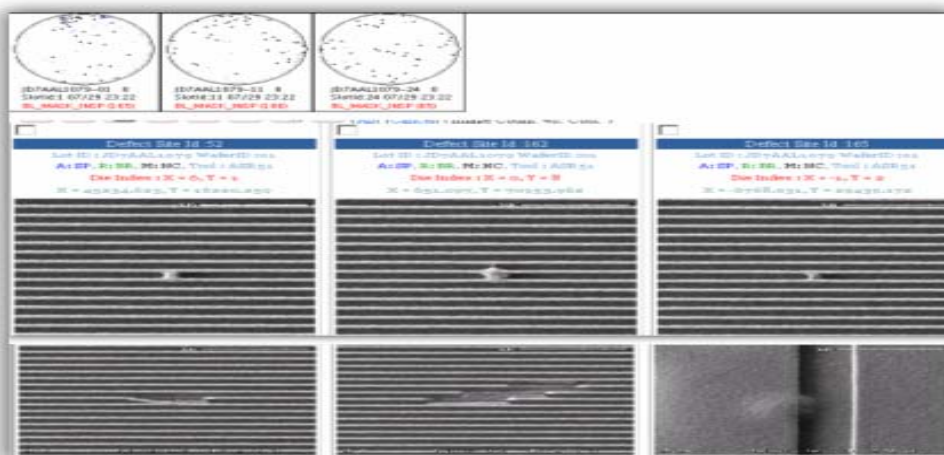


圖 3-6 黃光巨觀缺陷範例

資料來源：示範晶圓廠之實際缺陷圖片

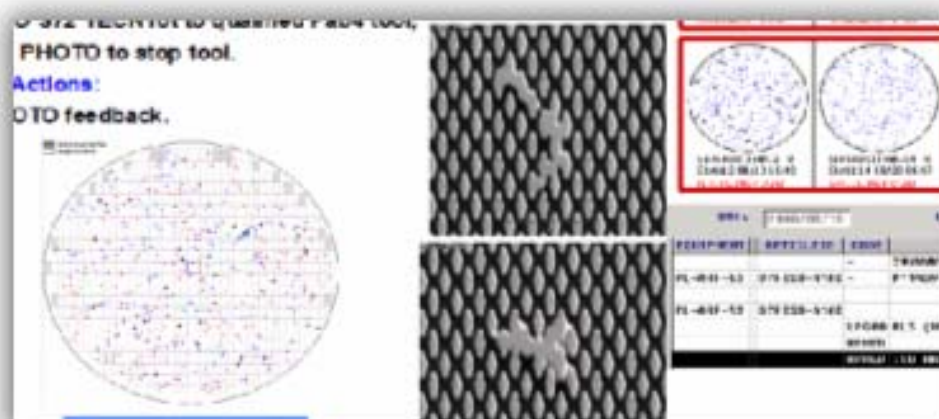


圖 3-7 黃光微觀缺陷範例，顯影劑污點(Jell)

資料來源：示範晶圓廠之實際缺陷圖片

整理晶圓廠黃光區在改善前，經由小組初步推論之常見缺陷種類及定義如下

表 3-1 所示；

表 3-1 缺陷種類及定義

Code	Description	名詞解釋	Solution	Root Cause
DF	Local DeFocus Defect	失焦缺陷	1.Clean chuck spot or particle. 2.Adjust focus offset	particle on chuck
CM	Contact Missing Defect	孔洞遺失型缺陷	Clean CLHP,Clean COT tip Line wash	可能是熱板太髒或 nozzle tip 太髒
Flame	Flame Defect	火焰型缺陷	Clean DEV tip	DEV Cup, Unit 或 Tip 太髒
CO	Collapse Defect	倒塌,倒線	Expose	Focus abnormal
BM	Big Masking Defect	大型遮蔽	Clean COT or DEV or BCT	COT 或 DEV 太髒,有大顆的 Particle
PA	Pattern Abnormal Defect	圖形異常	Expose	reticle or scanner issue
SM	Small Masking Defect	小型遮蔽	Clean COT,DEV,CLHP	particle around hot plate or COT.
CC	Circle Defect	圓形缺陷	Clean COT nozzle tip, Dispense condition.Bubble remove.	可能來自於圓形小顆微塵或光阻中的氣泡
BR	Bridge Defect	橋型缺陷	Clean COT,BCT nozzle tip,or CLHP	Particle before coating
BP	Big Particle Defect	大型顆粒	Clean robot arm	Transfer path or Hardware damage
SP	Small Particle Defect	小型顆粒	Clean all cover or plate	Transfer path or Hardware damage
SE	Small Embedded Defect	小嵌入型缺陷	Clean BCT or COT	一般都在光阻塗佈前掉下去的小顆 particle,被光阻覆蓋形成突起不規則狀.
PP	Pattern Peeling Defect	圖形翻起倒塌	Check or purge HMDS	HMDS 塗佈不均
BE	Big Embedded Defect	大嵌入型缺陷	Clean COT	Particle before coating

資料整理自：示範晶圓廠之常見缺陷

### 3.1.3 缺陷發現時機與發生來源

對於黃光區而言，在產品出站檢驗中若能及早發現異常，則能及早重製 (Rework)，以避免產品出黃光區到了蝕刻製作之後再產生無法挽救的良率損失，



產品的檢驗時機有：

1. 產品出站點前，固定檢查片數而檢測出缺陷。
2. 產品良率發生問題時，回溯缺陷問題來源，補救未出站點之產品。
3. 作業員測機時不合規格，設備工程師當下機台來做檢查、清潔或補償。
4. DCM 日常抽檢產品，每日 Highlight Defect 發生時間機台及部位。

因此，負責檢驗的作業員及工程師都必須小心謹慎的處理問題，絕對不能有僥倖的心態去面對缺陷問題，一旦大意輕忽，若讓異常的產品繼續往下一站點製作的話，則可能會導致大量的產品良率損失或報廢，甚至也可能會污染到下一站的機台，因而造成難以遏止的連鎖效應污染更多機台。

缺陷來源經過要因分析結果得知，主要可分為「設備」、「人員」、「原料」、「配方(Recipe)」和「環境」五大類。如表 3-2 所示，按其發生所佔的比例依序為：

第一是「設備」因素，所佔比例為最高，其產生造成缺陷的因子有粉塵(Particle)、光阻塗佈不良(Poor Coating)、光阻微小氣泡(Micro Bubble)、顯影不良(Poor Paddling)、洗邊不良(EBR 反濺)、熱盤太髒、顯影槽太髒...等不勝枚舉；

第二是「人員」因素，其造成的結果有光阻槽 Cup 裝置不佳(刮傷)、手臂位置調整不良(破片或刮傷)、光阻噴量調整不佳(Poor Coating)、光阻過期未更換變質(Jell Defect)、熱盤清潔不確實(Particle Defect)、光阻噴頭撞傷(Poor Coating)...等。另外也有人員過失造成參數設定錯誤的情形發生，例如操作人員或工程師不小心更改到 Recipe 裡面的參數時，或是設定的補植錯誤，也都會造成產品缺陷產生。

第三是「原料」因素，黃光區常用晶圓製程上的原物料有：光阻 (Resist)，顯影液 (Develop)，EBR 溶劑，這些化學液體都需要經過濾芯過濾才能接觸到晶圓表面，原因是要避免液體中的雜質落在晶圓上而影響製程產生缺陷，少數也會因為化學藥液過期而產生變質，也容易造成缺陷產生。



第四是「配方」因素，半導體製程裡全部都是自動化生產，晶圓從進到機台到完成所有步驟都由機台自動控制，因此必須賦予機台製作法稱之為 Recipe，所有產品和層別都有各自不同的完整 Recipe，當參數因為機台電腦系統出問題而錯置或其他原因造成參數錯誤時，也會造成產品不良而產生缺陷。

第五是「環境」因素，黃光區之潔淨度為等級 1，代表每一立方英尺空間所測到的 0.1um 粒徑的微塵不超過 1 顆，因此較少為環境的微塵過多的因素而影響產品。但無塵室環境空氣中的氨含量卻會產生阿摩尼亞而滲透到機台裡面影響晶圓上圖案的線寬大小 (CD, Critical Dimension)，或滲透到光罩盒裡造成光罩圖形缺陷，這一類的缺陷一般都有微污染控制課隨時監控，若有異常的氨含量，該部門會立即通知廠務或設備工程師，一般都能在缺陷發生前預防。另一類環境因素則是靜電，靜電若停留在晶圓或光罩上，都會有機會因為放電而導致光阻圖形異常或甚至光罩圖形缺陷，因此無塵室黃光區天花板都佈滿了靜電消除器，再搭配廠務的層流罩控制風速及流量由上往下的流動，可將消除靜電，甚至將微塵或空氣中雜質吹到孔洞地板底下而排出廠外，然而，這些看不到的靜電、微塵、或阿摩尼亞含量，都只能靠偵測儀器來判斷，偌大的無塵室卻仍有偵測死角不易被發覺，因此，環境仍是缺陷的潛在威脅因子之一。

表 3-2 缺陷來源說明表

缺陷發生來源	產生缺陷相對因子	現象表徵
設備(Machine)	粉塵	Particle Defect
	光阻塗佈不良	Poor Coating
	光阻微小氣泡	Micro Bubble
	顯影不良	Poor Paddling
	洗邊不良(EBR 反濺)	Comet Defect
	熱盤太髒	Particle Defect
	顯影槽太髒	Particle Defect
	Drain 管阻塞	Particle Defect
人員(Man)	光阻槽 Cup 裝置不佳	刮傷
	手臂位置調整不良	破片或刮傷
	光阻噴量調整不佳	Poor Coating
	光阻過期未更換變質	Jell Defect
	熱盤清潔不確實	Particle Defect
	光阻噴頭撞傷	Poor Coating

配方(Recipe)	OLY offset drift	OLY abnormal
	CD uniformity sift	CD abnormal
	Dose offset issue	CD abnormal
	Recipe issue.	CD/OLY abnormal
原料(Material)	HMDS 塗佈不均勻	Peeling Defect
	顯影液雜質含量過高	Micro masking
	溶劑(Solvent)雜質過高	Micro masking
環境(Environment)	無塵室內粉塵過多	Bridge
	無塵室內 NH4 含量	CD abnormal
	無塵室內靜電數過高	Discharge Defect

資料整理自：示範晶圓廠之統計數據

### 3.1.4 缺陷造成的影響(Impact)等級分類

產品發生缺陷時，除了有被檢測到缺陷而派工重製的晶圓不受影響外，若不能被檢測到異常而做處置的話，將會影響到後面製程的良率，依影響嚴重程度可區分為三大類：

一.良率損失:此乃沒有被檢測到且未經過重製(Rework)的異常晶片流出到下一站繼續著每一站點的製程，一直到後段電性檢測時，才被測出某些 Die 有缺陷，因此 Wafer 上的晶粒數量因缺陷而減少；或者當製程工程師面對異常晶片處理時，判斷為輕微缺陷僅影響到些許的晶粒，評估效益後會讓該晶片繼續往下一站點製作，輕微缺陷造成的部分晶粒損失稱之為良率損失。

二.晶圓報廢(Wafer scratch)：此類型的缺陷大部分為嚴重缺陷，所影響到的晶粒數已超過一片 Wafer 所能產出晶粒的半數以上，成本上的考量，製程工程師判斷不宜繼續往下一站點製作，因而提報廢。

三.晶圓破片(Wafer broken)：刮傷或破片都是機台位置失效或調整不良所造成，皆歸類為不可復原之缺陷；輕微的刮傷若僅影響幾個晶粒，則可往下一站製作，但破片或缺角則須直接報廢。

## 3.2 TPM 八大支柱及展開 12 步驟

日本設備維護協會 (2003)在「21 世紀 First Age 的 TPM 潮流-新世紀的 TPM 宣言」裡提到，一般而言，在 TPM 展開計畫裡所建立的八大支柱主要是針對加工、組裝、裝置等產業別來建構的，不是依企業別與職場別而建立的活動內容，也就是說，TPM 的八大支柱雖然不變，但其活動計畫內容有必要依企業別與職場別做調整。例如機台數較少的手工作業職場裡，自主保養活動有必要將設備活動的想法修改為手工作業相關。又如增產型的職場裡設備效率的最大化能擴大利益，因此有必要將整個重心調整放在個別改善方面。反過來說，減產型的職場裡削減材料費及人事精簡能帶來真正的利益。

蔡炳程 (2000) 研究提到 TPM 活動的主軸有八大支柱，其項目與各相關部門所負責的工作內容如下表 3-3 整理：

表 3-3 推行 TPM 的八大支柱

8 大支柱	主要推行部門	主要活動與目標
<b>建立生產部門效率化的體制</b>		<b>追求生產效率化的極限</b>
1.自主保養	製造部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 就設備、品質、作業性、物流、作業管理、生財器具等的不適宜者掛上牌子，以自己的能力實施復原改善</li> <li>• 爲了維持與管理，制定基準書</li> <li>• 培訓設備的能幹操作員</li> </ul>
2.個別改善	製造部門 技術部門 品質部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 消滅故障、換模調整、速度、短暫停機、不良、暖機...等設備損失。</li> <li>• 消滅起因於作業指示、人員配置、作業方法不良的浪費。</li> <li>• 消滅物料流程、庫存等物流浪費。</li> </ul>
3.計畫保養	技術部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立爲了追求設備效率極限的改良保養、定期整備、預知保養等防止未然故障的體制和實施活動。</li> <li>• 潤滑管理、預備品管理、圖面管理、工具管理、保養費管理等管理水準的提升。</li> </ul>
4.運轉、保養教育訓練	製造部門 技術部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實行設備保養以及各種技術、技能的習得措施。</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 培訓富有創意點子、有韌性、有挑戰意願的人才。</li> <li>• 實施對於指導者的集合教育和對於成員的傳達教育。</li> <li>• 實施技能的繼承和多功能化教育。</li> </ul>
5.建立新產品的初期管理制度	技術部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實施容易使用的設備設計和容易製造的產品開發。</li> <li>• 實施免保養的設備設計和引進設備。</li> <li>• 實施引進設備和新產品的垂直起產、初期流動管理基準的準備。</li> </ul>
6.建立品質保養體制	製造部門 品質部門 技術部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實施不出產不良的各設備、各工程的條件設定和其條件管理。</li> <li>• 追求品質特性要因系之新品質保證方法。</li> </ul>
7.建立管理間接部門的效率化體制	營業部門 總務部門	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 圖謀辦公桌、書櫥、OA 機器、生財器具等所管設備的效率化活動。</li> <li>• 圖謀爲了追求作業效率之極限，本身部門之業務改善。</li> <li>• 實施製造部門的支援活動。</li> </ul>
8.建立環安衛的管理體制	全公司	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 建立指向零災害、零公害的體制。</li> <li>• 展開消滅勞動災害活動。</li> </ul>

資料來源：蔡炳程，2000

一般企業在導入 TPM 時，大都依循 JIPM (Japan Institute of Plant Maintenance：日本工廠維護協會)的 12 步驟進行，首先舉辦多場 TPM 研討會讓全體員工了解 TPM 活動之大綱宗旨以及效益目標，接著由經營階層對全體員工宣示推動 TPM 之決心與願景，一般企業要花二年半到三年的時間才能徹底有效地推行所有步驟，但實際推動情況則視各家企業投入之資源及所要達成何種目標而定，其展開 12 步驟如下表 3-4 所示：

表 3-4 推行 TPM 的 12 步驟

區分	步驟	要點
導入準備階段	1.經營階層的 TPM 導入決心宣言	在公司內 TPM 講習會上做宣言刊載於公司內部刊物上
	2.TPM 導入教育與宣導活動	幹部；階級別的住宿研修 一般；幻燈片放映
	3.TPM 推動組織與建立職制示範	委員會、專門分科會、事務局、職制示範
	4.TPM 的基本方針及目標設定	基準值與目標，效果預測
	5.製作 TPM 展開的主計畫	從準備導入到接受審查
導入開始	6.TPM 的開始實施(Kick-off 大會)	招待,進貨廠商、關係企業、協力廠

導入實施的階段	7.建立生產部門效率化體制		追求生產部門效率化的極限
	7.1.個別改善	專業小組活動與生產現場小集團活動	
	7.2.自主保養	以步驟方式進行診斷及頒發合格證	
	7.3.計畫保養	改良保養、定期保養、預知保養	
	7.4.操作保養技能提升訓練	小組領導人的集合教育與組員的傳達教育	
	8.建立新製品、新設備初期管理體制		開發容易製造的產品與容易使用的設備
	9.建立品質保養體制		不會發生不良的條件設定與維持管理
	10.建立管理間接部門效率化體制		支援生產本部門的效率化、設備效率化
落實階段	11.建立安全衛生與環境的管理體制		建立零災害、零公害的體制
	12.TPM 的完全實施與水平之提升		接受 TPM 獎審查 向更高目標挑戰

資料來源：新 TPM 加工組立篇，1996

在 TPM 活動導入準備階段，此準備階段主要是活動的計畫及任務的分配與定義，整體的推行與檢驗由品保部門開始推動，首先總經理召集全體員工大會，向全體員工宣示本公司執行 TPM 之決心與未來目標，有了高階主管的支持與參與是活動成功的重要關鍵。接著亦需要對全體員工工作教育訓練，使全體員工了解 TPM 的意義和目的，並且針對員工技術提昇與體質提昇來制定完整有效的教育訓練體制，有了這些基本條件之後，TPM 才得以依 12 步驟順利進行展開。

本研究將對這 12 步驟之第七項中的「個別改善」項目進行研究與探討，並指出可行之架構。首先要先了解晶圓製造公司的組織分佈才能有效的計畫與分配活動推行之任務，本研究概述了晶圓製造企業的職級組織分佈，如下圖 3-8，亦為各部會及各級主管訂定了 TPM 推動時的任務與責任，列表整理如下表 3-5 所示。

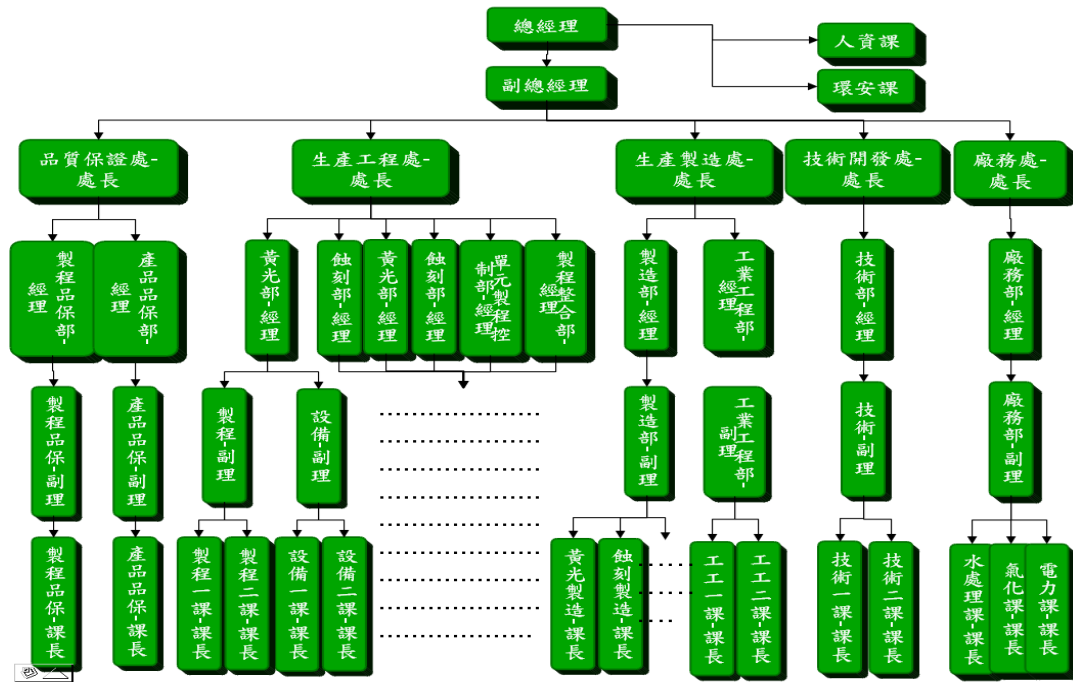


圖 3-8 晶圓廠職級組織圖

表 3-5 組織在 TPM 活動中之工作分配實例

單位	名稱	組成	目標	各部會之工作分配	舉行
公司	TPM 推動委員會	委員長:總經理 會員:副總經理、處長、經理	計畫性的推動 TPM 活動	1.基本方針目標的設定 2.培養推動狀況的診斷和指導 3.宣示實行的計畫與決心	1 次/月
工廠	TPM 推動委員會	委員長:副總經理 會員:處長、各部門經理	計畫性的推動 TPM 活動	1.工廠的基本方針目標的設定.擬定工廠主要計畫 2.組成工廠專案小組 3.推動狀況診斷指導與問題點因應對策決定	1 次/月
部	推動委員會(幹部會議)	委員長:產品品保部經理 會員:各部門經理及課長	自主保養、個別改善計畫的推動	1.召集個別改善專案小組.活動推行的協助與指導 2.自主保養個別改善的計畫推動和進度掌控	1 次/月
課	推動委員會(幹部會議)	委員長:課長 會員:組長	自主保養、個別改善計畫的推動	1.自主保養、個別改善的計畫推動和進度掌控 2.活動推行的協助與指導	1 次/月
課	個別改善分科會	分科會長:生產工程部经理 會員:工程課課長和組長	降低 16 大損失以建立有效的生產線	1.個別改善方法與水平展開方法之指導 2.各種標準化之進行	1 次/月
課	自主保養分科會	分科會長:生產工程部经理 會員:工程課課長和組長	培養對設備內行的人才	保養流程與方法之研究	1 次/月
課	計畫保養分科會	分科會長:生產工程部经理	挑戰零故障及保養作業的效	1.階段展開方法之研究 2.分析與預測機台保養日程	1 次/月

		會員:工程課課長和組長	率化		
課	初期管理分科會	分科會長:技術開發部經理 會員:技術開發課課長和組長	製造第一次生產即為良品的系統	1.新產品新設備開發階段的改善 2.目標為開發容易製造的產品與流程	1 次/月
部	品質保養分科會	分科會長:生產工程課經理 會員:工程課課長和組長	確定零不良生產線 提昇生產線的技術力和作業力	1.設定不會發生不良品的設備條件 2.以零不良為目標	1 次/月
部	事務改善分科會	分科會長:產品品保部經理 會員:品質管理課課長	創造事務效率良好的工作場所	1.個別改善方法與水平展開方法之指導 2.各種標準化之進行	1 次/月
部	研修委員會	委員長:人事部經理 會員:各課長代表	提昇保養技術、提昇管理技術、提昇固有技能	1.擬定研修計畫與教育訓練的推行 2.推行狀況的檢查與稽核	1 次/月
部	推進室會議	委員長:產品品保部經理 會員:分科會長、推進室會員	TPM 活動效率化的管理	1.擬定 TPM 推進計畫與效率化的各項標準流程 2.檢討與指導分科會各部門的推行活動	1 次/月

### 3.3 晶圓製造 TPM 個別改善活動之架構

以往 TPM 活動大都推行於傳統產業，並未於晶圓製造廠內推動 TPM 之個別改善，有鑑於晶圓廠的缺陷不斷，為了解決缺陷需要將機台停機來檢查或清潔而延誤生產效率，針對缺陷造成的機台當機時間損失和良率損失，本研究想藉由 TPM 減少損失的宗旨，利用 TPM 中的個別改善步驟來解決晶圓廠中的缺陷問題，藉以減少機台當機損失及產品良率損失，並建立晶圓廠之 TPM 個別改善模式架構。個別改善主要是設備的效率化，以實質的效果為目標，為了消除損失，藉由此活動來提升相關人員的技術能力、分析能力及改善能力，亦希望藉此而改善企業體質。晶圓製造之 TPM 個別改善架構如圖 3-9 所示：

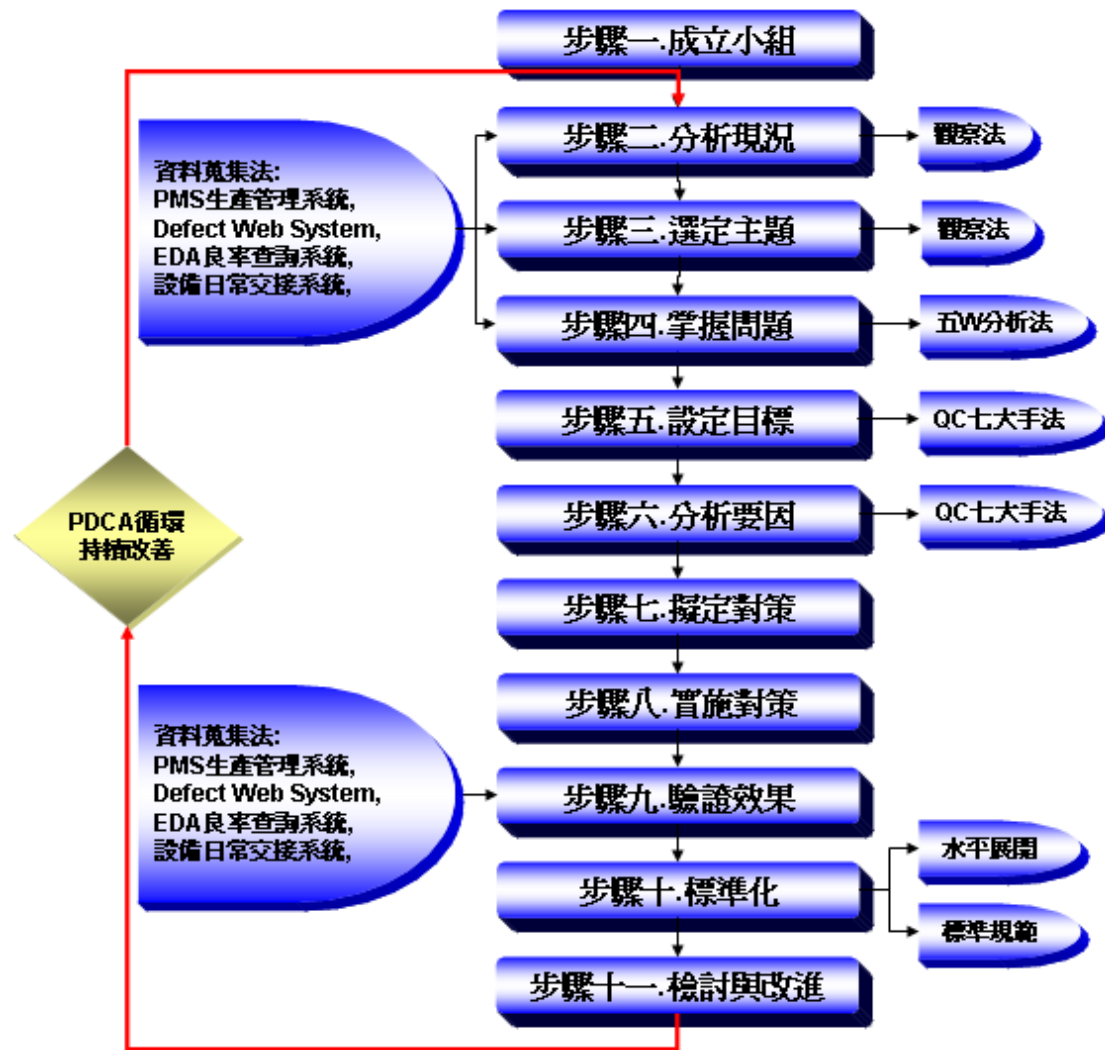


圖 3-9 晶圓製造 TPM 個別改善架構流程圖

而個別改善各步驟之活動內容細目如以下敘述定義：

#### 步驟一、成立小組：

依照 TPM 導入準備階段各部門成立 TPM 個別改善小組，該小組由各部門最高主管負責召集指派成員，並由小組開 Kick-off 會議，依廠內目前現況討論改善方向，並設定改善計畫及時程表，同時於該會議進行 TPM 之基礎訓練。全廠之個別改善集體由品管部門負責推動並與各部會主管及成員共同進行五大項準備程序如下：

##### (1).經營層的 TPM 導入決心宣言



- (2).TPM 導入教育與宣導活動
- (3).TPM 推動組織與建立職制示範
- (4).TPM 的基本方針與目標設定
- (5).製作 TPM 展開的主計畫

品保部門需訂定改善期限與稽核日期，並規定結案簡報格式。

#### **步驟二、分析現況：**

首先，設備課工程師以資料蒐集法整理 PMS 系統的機台狀況數據，觀察目前黃光區該示範機台的 UPM 水平，再將 UPM 資料細分出裡面的借機和當機時間損失，整理出有哪些因素造成損失，並以 QC 七大手法中的柏拉圖來顯示借機和當機損失的比例，找出比例最高的項目，作為改善要努力的方向。

#### **步驟三、選定主題：**

然後蒐集 Defect Web System 上的 2008 年缺陷紀錄，並統計分析黃光區塗佈機台目前發生過的所有缺陷種類，以 QC 七大手法中的圓餅圖來表示，找出佔最大比例之缺陷類型，以縮小改善範圍。再配合生產監測系統 PMS(Production Monitor System)和設備狀況日常交接系統所紀錄的機台時間資訊計算出因該類型之缺陷所造成的機台效率損失有多少，確認該缺陷所影響的情況後，選定為最急迫之改善主題，即是本專案所要解決的缺陷問題。

#### **步驟四、掌握問題：**

針對該缺陷改善的問題作資料收集，可使用 5W2H 分析方法來掌握該問題之發生情況及相關數據，5W2H 分析法依序(WHO)發生什麼類型的缺陷?哪一批產品批號?，(WHAT)描述該類型缺陷的形狀大小及分佈，(WHERE)在什麼機台的哪一個單元發生?，(WHEN)是什麼時間點發生的缺陷?以便查驗當時機台狀況，(WHY)初步推論為何會發生該類型缺陷?，並整理分析因該缺陷種類發生時所造成的當機影響(HOW MUCH)，亦即是機台時間稼動率 UPM 的損失程度，及建議如何解決(HOW TO)。此步驟乃可針對新問題或舊問題做進一步的陳述及了解，以便做下一步的分析。

#### 步驟五、設定目標：

依據所掌握的現有問題影響之程度及相關資訊，指導員帶領全組成員與部門經理及品保主管開會共同設定改善後欲達成之目標，並以 QC 七大手法中的直方圖表示之，亦即是若此問題能順利被解決，其後可達到改善之機台時間稼動率 UPM (UP time Manufacturing)及缺陷次數減少程度之可量化成果，當作本專案之共同目標。

#### 步驟六、分析要因：

設備課小組組長帶領成員以機台設備之日常當機紀錄系統所紀錄的資訊分析缺陷的來源可能性，並召集製程課與缺陷控制課成員共同開會，利用 QC 七大手法之魚骨圖來分析，找出主要缺陷問題及造成該缺陷的主要發生原因。魚骨圖的優點是可以確定問題、抓出關鍵、去除瓶頸、確實解決，利用魚骨圖的工具可以整合跨部門小組各自熟悉的領域技術與經驗，充分發揮小組腦力激盪的效果來徹底找出真因，對於特性要因圖之每一項子因及孫因皆必須由團隊仔細評估判斷，找出重點真因，並深入探討該問題之解決方案。

#### 步驟七、擬定對策：

針對要因分析所找出之所有可能的問題發生來源，改善小組全員偕同設備供應商共同開會分析討論各項孫因之特性及其可行性，判斷各項目是否為待改善之主因，需要說明充分的理由，再全員投票決定是否有執行的必要，並以檢查表來紀錄投票結果及可行性分析結論。同時，針對須執行之項目擬定更具體的解決方案與改善對策，然後開始進行改善實施。

#### 步驟八、實施改善：

依照擬定的解決對策開始進行示範機台的改修或改善，在完成所有改善項目後，需請製造課成員協助先使用檔控片驗證機台微塵顆數，測試結果符合規格後，再請製程課成員協助使用領導批次產品(Leading Lot)進行試產來檢驗產品缺陷種類顆數，若無該類缺陷或數量顯著減少，則可將機台交回給生產線繼續以正常方式生產。改善項目可能是零件改修或程序改善，改善過程中會牽涉到許多改

善重點，因此可能會與設備的自主保養、計畫保養、品質保養流程有關聯，若此則亦需要進行流程的改善與標準程序的制定。

#### **步驟九、驗證效果：**

在改善後且確認機台測試無誤後，始可請製造課成員繼續在該示範機台進行 6 個月的產品量產及驗證並請製程課成員持續追蹤監控產品，6 個月期間或期滿後，設備課定期利用 PMS 系統蒐集機台之時間稼動率 UPM 來代表改善效率，以及利用缺陷管理系統蒐集該示範機台的缺陷次數來代表改善品質，並以 QC 七大手法中之推移圖來比對改善前後之數據以驗證改善成效，可觀察 UPM 是否提升及觀察機台缺陷發生次數是否下降到既定之目標。

#### **步驟十、標準化：**

在示範機台改善完成後，需由工程師修訂改善程序報告書，上傳到電子傳簽系統，由該單位部門主管審核，並由相關單位如品保部門、文件管制部門會簽。示範機台改善完畢後，持續監測相關數據 3 個月，若效果有顯著成效，始可進行其他同型機台的水平展開，將改善對策實施到每一台同型機台上。黃光區另外的同型機台共有 8 台，將每週執行一台改修，分別於兩個月內完成，並且持續追蹤原始示範機台之改善成果維持 6 個月，而水平展開的同型機台亦須持續追蹤 6 個月的 UPM 及缺陷次數統計資料。

#### **步驟十一、檢討與改進：**

針對個案改善之流程及項目進行檢討及改進，以建構更效率化的 TPM 改善流程，並針對殘留問題持續追蹤與改善，例如該項缺陷雖然已經被解決，但還有其他缺陷種類仍影響著機台稼動率及產品良率，因此，應輔以 PDCA 改善循環來培養員工持續改善與隨時改善之體質與態度，建立持續改善的體制，以 TPM 的理念持續追求生產線的零損失。而改善方針需秉持著預防再發及預防勝於治療的觀念去擬定改善對策，才不會一再的做補救的動作耗費資源。

綜合以上個別改善之步驟推行模式，本研究再將 TPM 個別改善步驟活動內容列表整理，如下表 3-6 整理：

表 3-6 個別改善步驟活動內容小結

步驟	項目	實施方法	目標
一	成立小組	成立 TPM 個別改善小組，由品管部推動並與各部會主管及成員共同進行五大項準備程序： (1).經營層的導入決心宣言(2).TPM 導入教育與宣導.(3).TPM 推動組織與建立職制(4).TPM 基本方針與目標設定(5).製作 TPM 展開主計畫。	成立跨部門功能小組已進行改善。
二	分析現況	1.資料蒐集法整理 PMS 系統的機台狀況數據，觀察目前黃光區該示範機台的 UPM 水平， 2.將 UPM 資料細分出裡面的借機和當機時間損失，整理出有哪些因素造成損失， 3.QC 七大手法之柏拉圖:顯示借機和當機損失的比例，找出比例最高的項目，作為改善要努力的方向。	找出時間損失最大的方向。
三	選定主題	1.蒐集缺陷紀錄，統計分析示範機台發生過的缺陷種類。 2.QC 七大手法之圓餅圖:找出最大比例之缺陷類型，縮小改善範圍。 3.計算該類型缺陷造成的損失，選定為最急迫之改善主題。	選定改善主題。
四	掌握問題	使用 5W2H 方法來掌握該問題之發生情況及相關數據。 5W2H 思考分析法依序為： (WHO)發生什麼類型的缺陷?哪一批產品批號? (WHAT)描述該類型缺陷的形狀大小及分佈? (WHERE)在什麼機台的哪一個單元發生? (WHEN)是什麼時間點發生的缺陷?以便查驗當時機台狀況。 (WHY)初步推論為何會發生該類型缺陷? (HOW MUCH)該缺陷所影響的程度為何? (HOW TO)要如何去解決該類型缺陷? 分析該缺陷種類發生時所造成的當機影響，即機台時間稼動率 UPM 損失程度。	了解該缺陷影響的程度。
五	設定目標	1.指導員帶組員與部門經理及品保主管開會共同設定欲達成共同目標。 2.QC 七大手法之直方圖表示:欲達到改善之機台稼動率 UPM 之可量化成果。	共同訂定可行性之目標。
六	分析要因	1.以機台設備之日常當機紀錄系統所紀錄的資訊分析缺陷的來源可能性。 2.召集小組開會討論，利用 QC 七大手法之魚骨圖分析，找出主要缺陷問題及造成該缺陷主要發生原因。	分析缺陷之成因。

		<p>3.確定問題、抓出關鍵、去除瓶頸、確實解決，整合跨部門小組熟悉的領域技術經驗，發揮小組腦力激盪找出真因。</p> <p>4.對於魚骨圖每項子因及孫因必須由團隊仔細評估判斷，找出重點真因，深入探討該問題之解決方案。</p>	
七	擬定對策	<p>1.針對所找出之所有可能的問題發生來源，小組偕同設備廠商開會討論各項孫因之特性及可行性。</p> <p>2.判斷各項目是否為待改善之主因，需要說明充分的理由。</p> <p>3.全員投票決定是否有執行必要，並以檢查表來紀錄投票結果及可行性分析結論。</p> <p>4.針對須執行之項目擬定更具體的解決方案與改善對策，然後開始進行改善實施。</p>	擬定解決對策。
八	實施改善	<p>1.依擬定解決對策進行示範機台改修或改善。</p> <p>2.完成所有改善後，請製造課成員協助用檔控片驗證機台微塵顆數。</p> <p>3.合規格再請製程課成員協助進行領導產品(Leading Lot)試產來檢驗產品缺陷種類顆數。</p> <p>4.若無該類缺陷或數量顯著減少，則可將機台交回給生產線繼續生產。</p>	依照擇定的對策逐項完成改善，需檢驗機台狀況。
九	驗證效果	<p>1.改善確認機台測試無誤後，始可請製造課繼續在示範機台進行6個月產品量產並請製程課持續監控產品，6個月期間，設備課蒐集機台時間稼動率UPM，及示範機台缺陷數量，</p> <p>2.以QC七大手法之推移圖來比對改善前後成效，觀察UPM及機台不良率是否達既定目標。</p>	驗證改善成效，可觀察UPM及良率是否有提昇。
十	標準化	<p>1.示範機台改善後，工程師修訂改善程序報告書，上傳到電子傳簽系統，由單位部門主管審核。</p> <p>2.由相關單位如品保部門、文件管制部門會簽。</p> <p>3.示範機台改善完畢後，持續監測成效3個月，若有顯著成效，始可進行同型機台水平展開。</p> <p>4.黃光區之同型機台共8台，兩個月內每週執行一台改修，且持續追蹤改善成果6個月。</p> <p>5.示範機台亦須持續追蹤6個月的UPM資料。</p>	將改善措施水平展開。
十一	檢討與改進	<p>1.針對個案之流程及項目進行檢討及改進，以建構更高效率化的TPM改善流程。</p> <p>2.針對殘留問題持續追蹤與改善。</p> <p>3.輔以PDCA改善循環培養員工持續改善與隨時改善之體質與態度。</p>	檢討建立持續改善體制，以TPM理念持續追求生產線零損失。

### 3.4 TPM 個別改善小組之組織架構

本研究對晶圓製造組成改善小組之組織架構做了以下定義，分別說明各單位成員所需負責的工作細目，以便於組織運作能有明確之目標亦能更有效率。

#### 1. TPM 個別改善小組成立背景：

晶圓製造廠內缺陷問題不斷，而缺陷深深影響了生產效率與產品良率，進而影響到晶圓廠的獲利損失，為有效減少損失，將從根源的缺陷解決開始做起，於是成立 TPM 個別改善小組，以跨部門結合多功能性的組員來進行缺陷的分析與改善，期待能有效增加機台之時間稼動率 UPM (UP time Manufacturing)及降低機台不良率，若能有效降低缺陷成本減少損失，對企業營利將會有莫大的助益。

#### 2. TPM 個別改善小組組織架構：

TPM 強調全面生產管理，在其個別改善活動裡，組員通常是跨部門跨功能性的成員，藉由多面向的合作思維以更廣泛性地手法來找出損失，然後集合多功能性的腦力激盪，以有效解決問題。本研究整理了 TPM 個別改善小組之組織圖，如下圖 3-10 所示。

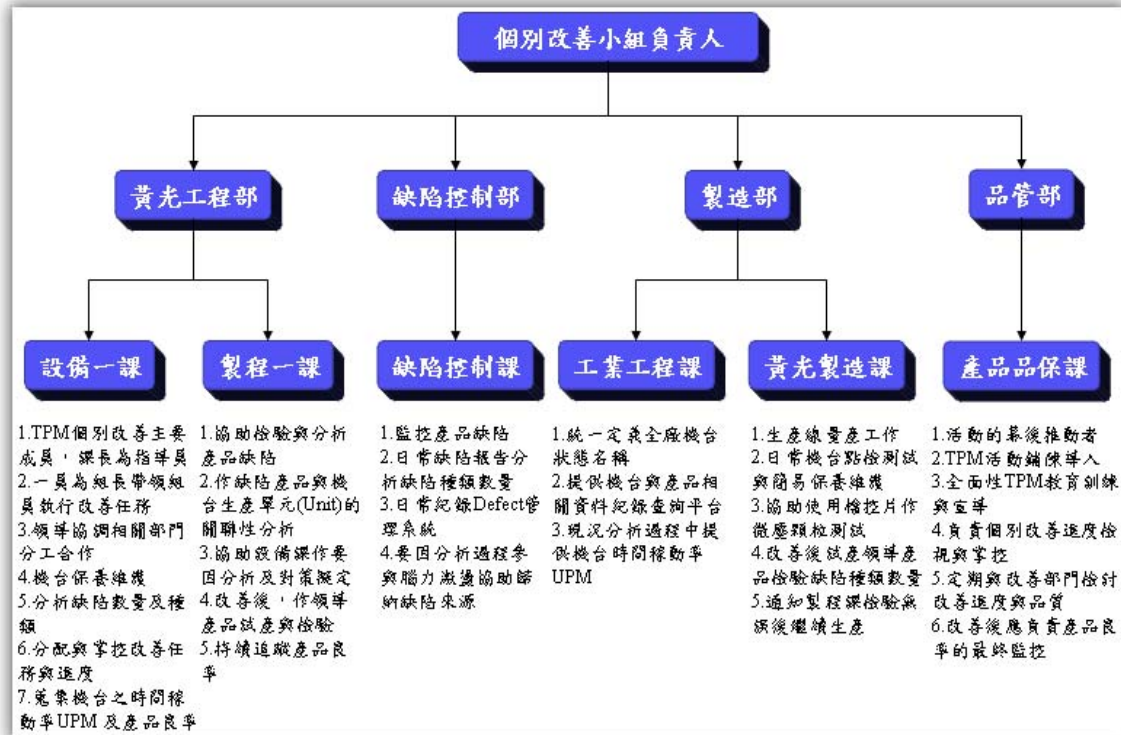


圖 3-10 TPM 個別改善小組組織圖

### 個別改善小組負責人：

小組負責人為改善小組召集推動人及領導人，通常為設備所屬部門的經理，任務為製作 TPM 個別改善展開的主計畫，並排定改善流程及掌控改善時程表之進度。專案負責人需召開 kick Off 會議上對所有成員宣示推行 TPM 個別改善之決心與目標，定義各相關部會的工作內容，必要時協助資源調配與跨部門溝通。並指定講師實行 TPM 導入的教育與宣導活動，設定 TPM 的基本方針與目標。

### 設備一課：

設備課為 TPM 個別改善之主要成員，該課課長為指導員，並舉出一員為組長帶領課內其他組員進行改善任務之執行，該課長需領導與協調其他相關部門的分工與合作。整體課員工作內容為機台狀態定義與維護，並與製程課及缺陷課成員共同討論分析缺陷數量及種類作現況分析，然後評估個別改善主題，再設定改善主題所要達成之目標，在定義好缺陷改善方向後，接著與製程課成員利用 QC

七大手法分析討論缺陷之成因並擬定缺陷改善對策，需評估各項改善對策之可行性及效益，然後逐項開始實行改善，在完成所有改善項目後，需請製造課成員協助先使用檔控片驗證機台微塵顆數，再請製程課成員協助進行領導產品(Leading Lot)試產來檢驗產品缺陷種類顆數，若無該類缺陷或數量顯著減少，則可請製造課成員進行三個月的產品量產及驗證並請製程課成員持續追蹤監控產品，三個月期滿後設備課利用 PMS 系統(Production Monitor System)蒐集機台之時間稼動率 UPM (UP time Manufacturing)數據及利用 Defect Web system (缺陷管理系統)蒐集產品缺陷次數來比對改善前之數據資料以驗證改善品質。

#### **製程一課：**

任務為協助設備課作產品缺陷的檢驗與分析及缺陷訊息的判斷與歸類，共同討論選定發生頻率最高影響最大的缺陷種類進行改善，並作缺陷產品與機台生產單元(Unit)的比對，以便找出缺陷之可能來源，然後協助設備課作要因分析及對策擬定，在設備課改善實施之後，需協助設備作領導產品試產並檢驗該產品之缺陷種類及數量，以驗證初步改善成效，若達標準則繼續讓該領導產品跑下面流程站點以持續追蹤該機台之缺陷狀況，三個月後，製程課需利用 Defect Web system (缺陷管理系統)蒐集整理該機台所發生之產品缺陷，並提供給設備課作改善前後之成果比對。

#### **缺陷控制課：**

任務為隨時監控產品缺陷並協助工程部作缺陷種類及數量分析，每天定時發出缺陷報告，以 5W2H 方法報告缺陷發生情形：(WHO)發生什麼類型的缺陷?哪一批產品批號?，(WHAT)描述該類型缺陷的形狀大小及分佈，(WHERE)在什麼機台的哪一個單元發生?，(WHEN)是什麼時間點發生的缺陷?以便查驗當時機台狀況，(WHY)初步推論為何會發生該類型缺陷?，(HOW MUCH)該缺陷所影響的程度為何?(HOW TO)要如何去解決該類型缺陷?並且每天完整地紀錄於 Defect Web system (缺陷管理系統)上以便相關部門查詢各批產品之缺陷狀況。在改善流程的現況分析參與討論以協助整理出待改善的種類，並在要因分析過程中參與腦



力激盪以協助歸納出缺陷來源。

#### **工業工程課：**

任務為定義與統一全廠之機台狀態名稱與紀錄及提供機台與產品相關資料紀錄查詢的平台，如建構與維護 PMS 系統(Production Monitor System：生產監測系統)以紀錄機台之時間稼動率 UPM(UP time Manufacturing)等資料，以便各相關部門作缺陷資料蒐集分析，並在現況分析過程中提供準確之機台時間稼動率 UPM (UP time Manufacturing)數據給予設備課了解現況機台停機的因素種類比例。在改善實施中，如遇需要設備保養流程改善的項目，則提供 X-site(PM 管理系統)協助設備課追蹤與查核流程標準化之項目。

#### **製造課：**

任務為生產線之量產工作及機台簡易測試如日常之機台點檢測試，以每日監控機台效能，且須每日作機台簡易保養維護，如擦拭機台外觀及晶舟承載平台，以減少微塵顆粒的產生。在設備課之改善實施後，需協助設備課使用檔控片作機台微塵顆粒測試，若合規格則繼續試產領導產品(Leading Lot)以檢驗缺陷種類數量，結果出爐後作初步數據判斷後通知製程課，須待製程課檢驗完全無誤後始能繼續正常產品之生產。

#### **產品品保課：**

任務為整個活動的幕後召集者，首先負責 TPM 活動的鋪陳與導入，在公司作全面性的 TPM 教育訓練與宣導，進而負責個別改善進度的檢視與掌控，定期與改善部門檢討改善進度與品質，必要時給予協助與建議，改善後亦應該負責產品良率的監控，做 TPM 個別改善的最佳守門員。

#### **技術文件管制部門：**

任務是在標準化的步驟裡，負責審核各改善小組所製作的改修程序報告書，進行電子傳簽系統會簽，並將技術資料備存於公司知識管理系統且加以分類控管。

TPM 之個別改善活動在跨部門小組裡亦需要分別詳細定義各部門的工作任務內容，以明確任務之方向，讓每一位成員都能清楚份內的工作，始能發揮強大

的團隊力量，本研究再將上述說明整理列表如下表 3-7 所示：

表 3-7 TPM 個別改善小組跨部門單位成員之任務整理表

名稱	單位	改善小組之工作任務內容
個別改善小組負責人	黃光工程部	1.小組負責人為召集推動人及領導人，通常為設備所屬部門的經理。 2.負責人在 kick Off 會議宣示推行 TPM 決心，並實行 TPM 導入教育與宣導活動，設定 TPM 基本方針與目標。 3.製作 TPM 個別改善展開計畫，排定流程及掌控進度，定義各部會任務，協助跨部門溝通。
黃光工程部	設備一課	1.設備課為 TPM 個別改善主成員，課級主管為指導員，並舉一員為組長領組員進行改善。 2.課級主管需協調跨部會合作，組員與各部會成員分工合作實行改善流程。 4.完成改善，需請製造課驗證機台微塵顆數。再請製程課進行領導產品 (Leading Lot) 試產檢驗產品缺陷。 5.若該類缺陷改善，製造課成員進行三個月以上的產品量產，並請製程課成員持續追蹤產品。 6.觀察期後設備課利用 PMS 系統蒐集機台之時間稼動率 UPM 及利用 EDA 系統蒐集產品良率來驗證改善成效。
黃光工程部	製程一課	1.作缺陷分析及判斷歸類，缺陷產品與機台生產單元(Unit)比對，以找缺陷來源，協助設備課作要因分析及對策擬定。 2.改善實施後，協助設備作領導產品試產並檢驗該產品之缺陷狀況，以驗證初步改善成效。 3.繼續讓該領導產品跑下面站點以持續追蹤良率。 4.觀察期後，製程課利用 EDA 系統蒐集該示範機台所生產之產品良率，提供設備課作改善前後之成果比對。
製造部	工業工程課	1.任務為定義與統一全廠之機台狀態名稱與紀錄 2.建構與維護 PMS 系統紀錄機台稼動率 UPM 等資料及 EDA 系統便於查詢產品良率。 3.現況分析過程中提供準確之機台時間稼動率 UPM 數據給予設備課了解現況機台停機的因素、種類及比例。
製造部	黃光製造課	1.量產工作及機台簡易測試，如日常機台點檢測試，以監控機台效能。 2.日常機台簡易保養，如擦拭機台外觀及晶舟載台以減少微塵顆粒。 3.改善實施後，作機台微塵顆粒測試。合格則試產領導產品檢驗缺陷。 4.待製程課檢驗完全無誤後始能繼續正常產品之生產。
缺陷控制部	缺陷控制課	1.監控產品缺陷協助工程部作缺陷分析，每日定時發出缺陷報告。 2.以 5W2H 分析法報告缺陷種類(What)、發生時間(When)、機台發生之單元(Where)、可能原因(Why)、影響程度(How impact)、及建議處理方式(How to)。 3.每日紀錄缺陷管理系統，以便查詢各批產品缺陷狀況。 4.在現況分析參與討論以協助整理出待改善的種類。在要因分析過程中參與腦力激盪以協助歸納出缺陷來源。
品管部	產品品保課	1.任務為整個活動的幕後召集者，負責 TPM 活動鋪陳與導入，在公司作全面性的 TPM 教育訓練與宣導。 2.負責個別改善進度的檢視與掌控，定期與改善部門檢討改善進度與品質，必要時給予協助與建議。 3.改善後應負責產品良率的監控，做 TPM 個別改善的最佳守門員。

### 3.5 個別改善資料蒐集與分析

晶圓廠內推行無紙化，許多報表、工單及資訊都已經 e 化，建構在公司內部網路上，藉此，本改善案可以從網路系統上蒐集到許多機台相關資訊以及產品的缺陷紀錄，並利用 QC 七大手法來做統計分析，以便找出生產線真正的問題來幫助作改善。在本研究中需要用到的資料系統共有四大項，分別是：PMS、設備日常交接、缺陷系統及 EDA，以下將針對各項系統簡述其功能、關聯性及分析方法，如表 3-8 整理：

表 3-8 整理資料蒐集之系統及其功能

項次	系統	功能描述	蒐集目的	蒐集理由	蒐集之資料
1	PMS system (Production Monitor System 生產監測系統)	1.工業工程部建構與維護，紀錄機台狀態資訊。 2.由製造部、設備課及製程課依不同的機台使用用途來切換紀錄機台狀態。 3.辦公室或無塵室任何電腦皆可連接到公司內部網路進此系統。	為了分析機台稼動率。	了解目前機台 UPM 表現狀況，針對 UPM 較低的機台做分析。	機台時間稼動率的 UPM。
2	Equipment Daily Status (設備日常交接系統)	1.設備工程師每日填寫日常交接簿，紀錄所有機台該日當機事件及保養紀錄。 2.利用此系統整理出需停機處理的時間損失真因，以量化損失程度。 3.找出改善所欲解決的問題，可做設定目標參考依據。	為了得到因處理缺陷而造成的停機及當機時間。	了解各種缺陷所造成的時間損失。	缺陷所造成的停機時間損失。
3	Defect Web System (缺陷管理系統)	1.缺陷控制部建構與維護，將晶圓廠內發生的缺陷做完整紀錄分類。 2.依缺陷類型分類並定義統一代碼，以建構廠內溝通共同語言。 3.提供相關部門做歷史資料查詢統計。 4.統計發生頻率最高、影響最大缺陷種類，分析改善機會。 5.改善後，需從缺陷管理系統蒐集示範機台缺陷次數，與改善前比較，以驗證機台不良率是否獲得改善。	為了統計缺陷種類及次數。	掌控缺陷次數以便了解改善成果。	示範機台產生缺陷的數量統計資料，亦即是機台的不良率。

1. PMS system (Production Monitor System 生產監測系統):

此生產監測系統乃是由工業工程部建構與維護的 WEB 平台，平台上的機台資料由製造部、設備課及製程課依不同的機台使用用途來切換並紀錄機台狀態，在辦公室或無塵室任何一台電腦都可連接到公司內部網路上進到此生產管理系統，常用的機台狀態代號有：

PR (Production Time): 機台實際生產時間；

SB (Standby Time): 機台閒置時間；

ND (Non-Schedule Down Time): 非週期性之停機時間，通常指調節產能之停機或特殊計畫停機；

EN (Engineering Time): 工程師借機時間，工程師因調整機台或驗證機台效能之停機；

SD (Schedule Down Time): 預期性停機時間，其項目包含有 *PT (Production Test Time 例行測機時間)* 和 *PM (Preventive Maintenance Time 預防保養時間)*，兩者都屬週期性表訂停機時間；

$$SD = PT + PM$$

UD (Un-schedule Down Time 非預期當機時間)

總時數 = PR + SB + UD + NS + EN + SD。

總時數 = PR + SB + UD + NS + EN + PT + PM。

目前晶圓廠在針對無塵室所有集束型設備(Cluster Tool)常用的評量用法有代表機台時間稼動率的 UPM (UP time Manufacturing)，即是生產時間 PR (Productive Time) 加上閒置時間 SB (Standby Time) 除以工廠總時間。工廠總時間為衡量的時間總長度，以一天 24 小時，一星期 7 天計算，包含有 PR、SB、SD、UD、EN、NS 的加總。  $UPM = (PR+SB) / \text{Total Hrs}$ 。

在實施 TPM 活動的個別改善後，設備課將持續觀察三個月的示範機台時間

稼動率 UPM (UP time Manufacturing)，並與改善前三個月的 UPM 做比較，來驗證改善成效，觀察機台時間稼動率 UPM (UP time Manufacturing) 是否因 TPM 個別改善活動而提高。如圖 3-11：

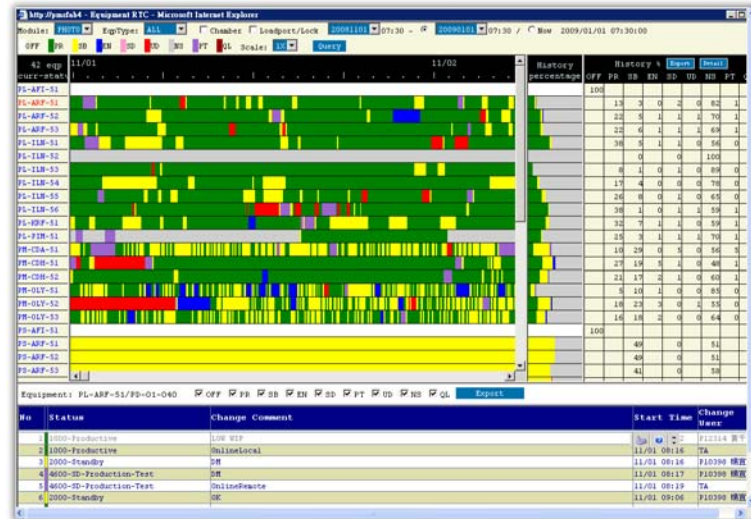


圖 3-11 PMS system (生產監測系統 Production Monitor System)

## 2. Equipment Daily Status(設備日常交接系統)：

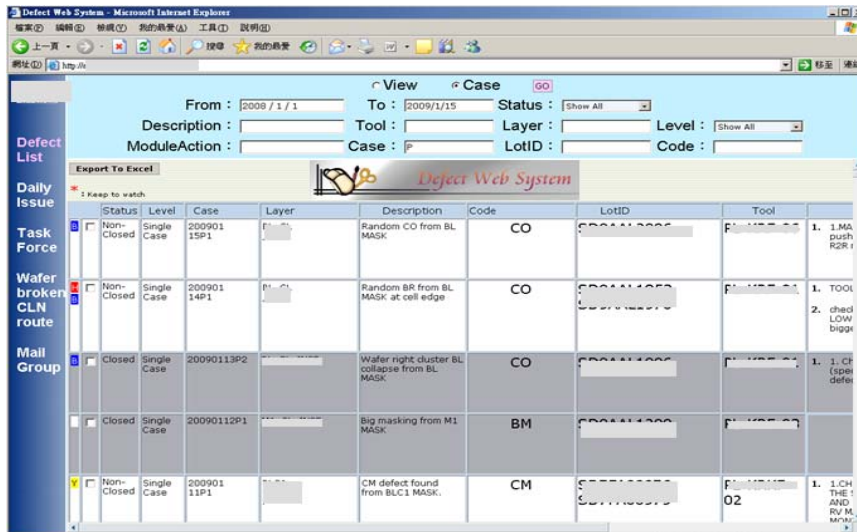
此系統為晶圓廠裡的設備工程師每日填寫的日常交接簿，紀錄了所有機台該日的當機事件或保養紀錄，可利用此系統整理出因某種缺陷而導致需要停機清潔或保養的時間損失，以便量化該類型缺陷所造成的損失程度，即為整個改善所欲解決的問題，亦可以當作目標設定的參考依據，如圖 3-12。



圖 3-12 設備日常交接系統

### 3. Defect Web System (缺陷管理系統):

此缺陷管理系統由缺陷控制部建構與維護，是將所有晶圓廠內發生的缺陷做一完整的紀錄與分類，在此系統缺陷控制課已依照缺陷類型作分類並定義統一代碼，以便建構廠內溝通的共同語言，可提供給各相關部門做歷史資料查詢與統計，設備課依此系統統計出發生頻率最高、影響最大的缺陷種類，然後將此缺陷種類加以分析其發生原因及討論其改善之機會，並在改善後蒐集缺陷次數來與改善前比較，以驗證機台不良率是否獲得改善，如否，則需再重新回到要因分析及對策擬定步驟，重新評估原因和對策。如下圖 3-13：



The screenshot shows the Defect Web System interface in a Microsoft Internet Explorer browser. The interface includes a search bar with fields for From, To, Status, Description, Tool, Layer, Level, ModuleAction, Case, LotID, and Code. Below the search bar is a table of defect cases. The table has columns for Status, Level, Case, Layer, Description, Code, LotID, and Tool. The data is as follows:

Status	Level	Case	Layer	Description	Code	LotID	Tool
Closed	Single Case	20090115P1		Random CO from BL MASK	CO		1. MA push R2R
Non-Closed	Single Case	20090114P1		Random BR from BL MASK at cell edge	CO		1. TOOL 2. ched LOW bigge
Closed	Single Case	20090113P2		Wafer right cluster BL collapse from BL MASK	CO		1. 1. CP (spei defe
Closed	Single Case	20090112P1		Big masking from M1 MASK	BM		
Non-Closed	Single Case	20090111P1		CM defect found from BLU1 MASK	CM		1. 1. CH THE 1 AND RY M MASK

圖 3-13 Defect Web System (缺陷管理系統)

綜合以上三種資料系統的關聯性，是為了要從機台時間狀態的資料，找出損失最嚴重的時間狀態，例如，當機損失。再為此當機損失時間深入找出造成損失的項目種類，然後再從損失的種類裡面挑出最嚴重的項目分析其發生原因，找出多種發生原因之後才能針對各項問題擬定對策加以改善，當最嚴重的問題被改善並持續監控時，即可接著做次要問題的改善流程，如此逐步完善地進行 PDCA 循環達到零損失的目標。如下圖 3-14 所示:

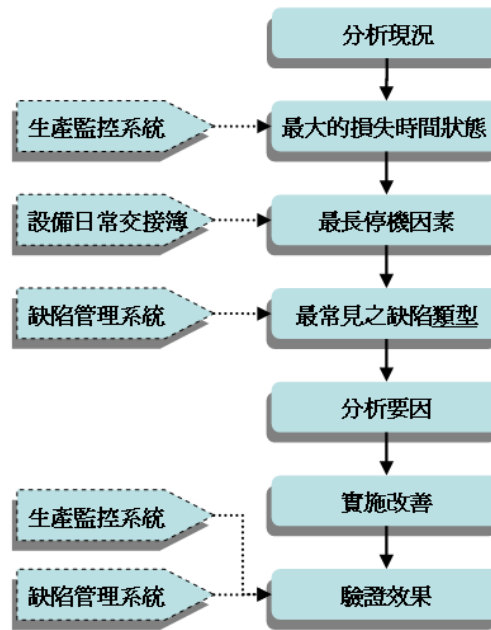


圖 3-14 資料蒐集流程圖

在本研究中各系統資料的使用方法，先從「PMS 系統」下載各機台的狀態時間原始資料，利用直方圖整理每個月的 UPM 數值以及 UPM 以外的其他數值，如 UD、SD、EN...等資料，可觀察每個月的機台效率表現，亦可觀察每個月各類型的时间損失，如當機時間損失、表定保養時間損失及非定期借機時間損失，即可找出損失最大的時間損失狀態。

再針對該異常的時間損失狀態去統計「設備日常交接簿」裡面的紀錄資料，找出造成該狀態停機的所有項目種類，例如造成當機的项目種類有：硬體當機、軟體當機、缺陷停機、人為疏失...等项目，可使用柏拉圖表示其比例，方便找出比例最大的項目，例如缺陷停機項目，以便能鎖定改善方向。

接著利用「缺陷管理系統」針對所有缺陷進行統計，找出所有缺陷類型發生的次數，可利用檢查表紀錄其發生次數，再用圓餅圖表示各類型缺陷佔總缺陷的比例，以便能鎖定發生頻率最高的缺陷類型，縮小改善範圍。然後才能針對該缺陷類型進行要因分析，找出真因進行改善。

改善後仍需要蒐集 PMS 系統的 UPM 及各項時間損失資料與改善前作比較，可利用推移圖來表示改善前後的差異。由於末端產品良率尚摻雜許多改善個



案以外的變因，因此良率指標僅能供參考，無法完全代表改善品質。在此以機台之缺陷發生次數來代表機台的不良率，當作改善品質的目標，若改善後該類型缺陷有減少達預定目標，則代表改善成功。





## 第四章 個案研究

### 4.1 個案背景分析

#### 1、UPM 狀況：

黃光區之機台稼動率 UPM 始終無法到達標準，時間的損失造成產能無法提升。藉由 PMS system (生產監測系統 Production Monitor System) 分析黃光區一號示範機台 2008 年上半年度總平均機台稼動率 UPM 為 88.2%，如下圖 4-1 所示，未達廠內標準 90%。而總借機時數(EN)為 204.9 小時消耗了 UPM 約 4.7%，總當機時數(UD)為 173.6 小時消耗了 UPM 約 4%；須待探討借機與當機時數之原因，期待能治本根源地消除不必要的損失。

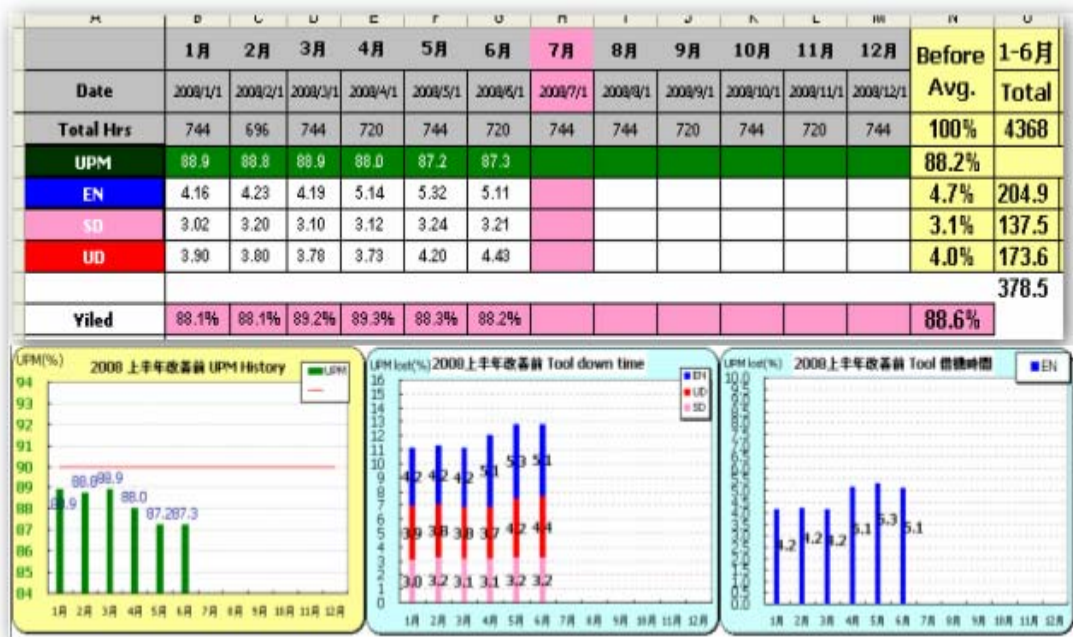


圖 4-1 示範機台 2008 年 1 月到 6 月份之機台稼動率 UPM 資料

#### 2、良率狀況：

影響良率的成因有製程參數及產品缺陷，一般而言，缺陷問題乃是影響良率之最大因素。然而，良率無法完全反應單一缺陷之改善狀況，因為晶圓廠之良率乃是產品經過數百道製程之後的終端檢測，因此，為驗證改善品質，可利用示範

機台之缺陷產生次數來代表不良率，作為改善品質之驗證。如下圖 4-2 所示蒐集 2008 年 1 月到 6 月在示範機台所發生過的所有缺陷種類及次數，以推移圖表示之，可比較改善前後之機台不良率狀況，以驗證改善品質。

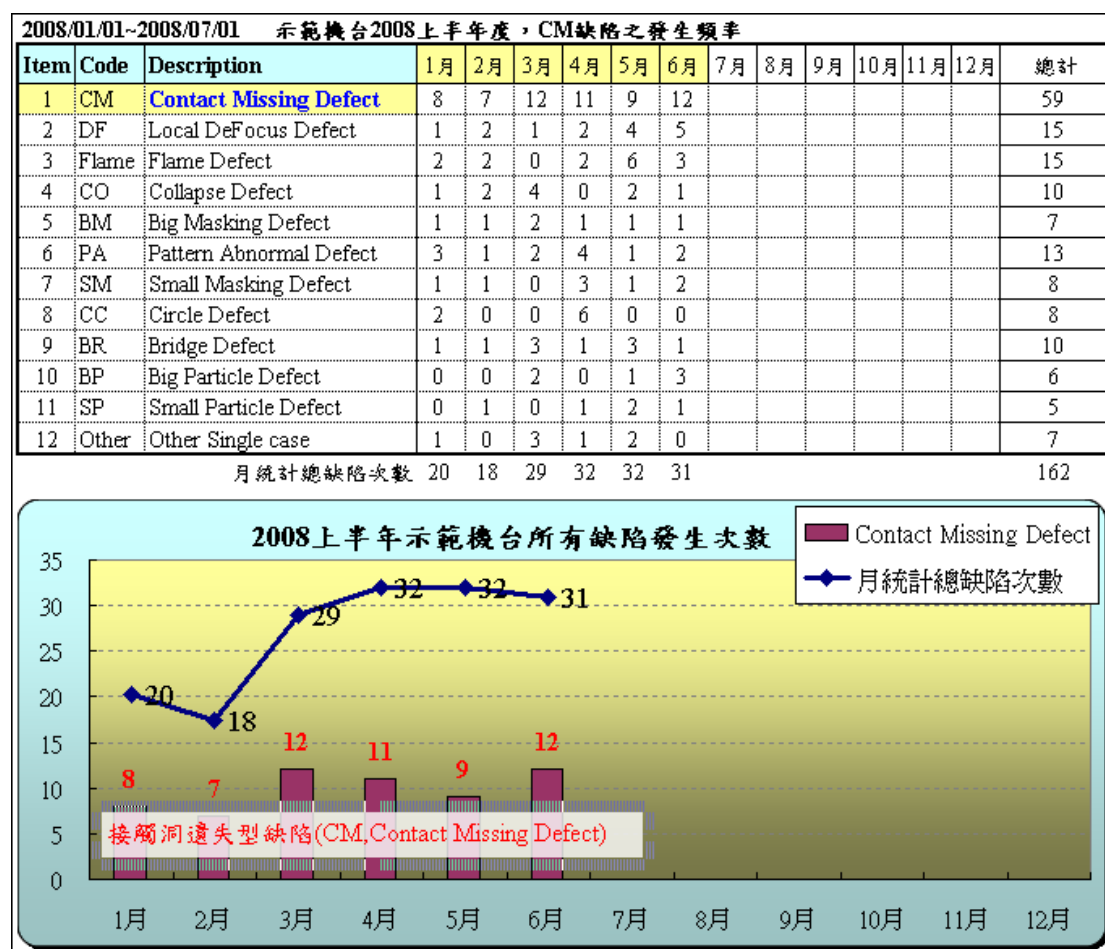


圖 4-2 示範機台 2008 年 1 月到 6 月份之缺陷資料

### 3、缺陷狀況:

黃光區之缺陷問題不斷嚴重影響機台稼動率及產品良率，經由 Defect Web System 整理出黃光區所有缺陷次數統計，在示範機台統計 2008 上半年度所有類型缺陷發生次數為 162 次，而發生頻率最高的缺陷種類為接觸洞遺失缺陷(CM，Contact Missing Defect)總共 59 次，其比例為佔所有缺陷種類裡面的 36.5%，請參照下表 4-1。

表 4-1 示範機台 2008 上半年發生缺陷統計資料

Item	Code	Description	Count	Percentage	名詞解釋
1	CM	Contact Missing Defect	59	36.5%	接觸洞遺失缺陷
2	DF	Local DeFocus Defect	15	9.1%	失焦缺陷
3	Flame	Flame Defect	15	9.2%	火焰型缺陷
4	CO	Collapse Defect	10	6.1%	倒塌倒線
5	BM	Big Masking Defect	7	4.2%	大顆遮蓋型缺陷
6	PA	Pattern Abnormal Defect	13	8.0%	圖形異常缺陷
7	SM	Small Masking Defect	8	4.6%	小顆遮蓋型缺陷
8	CC	Circle Defect	8	5.1%	圓形缺陷
9	BR	Bridge Defect	10	6.0%	橋接型缺陷
10	BP	Big Particle Defect	6	3.8%	大顆粉塵缺陷
11	SP	Small Particle Defect	5	3.1%	小顆粉塵缺陷
12	Other	Other Single case	7	4.3%	其他單一事件
總計			162	100%	

## 4.2 TPM 個別改善實施

### 步驟一、成立小組：

2008 年 7 月 1 日在某示範晶圓廠，副總經理召開導入 TPM 宣示大會以傳達推動 TPM 之決心及達成零損失之宗旨，並由品保部開設活動方法教育訓練以讓員工了解何謂全面生產管理以及 TPM 之宗旨與目標，並教育員工如何有效推動 TPM 之個別改善之重點，藉以協助各部門推動全面生產管理活動。

#### 1、召集成員：

各部門組成個別改善小組，以黃光區為例，黃光部門經理及副理是為推動委員，向部門成員宣導個別改善小組成立之宗旨及目標，並由研究生我來擔任指導員，召集相關跨部門相關成員共同參與 TPM 活動，定義小組成員及任務分配如

下表 4-2 所示：

表 4-2 TPM 個別改善小組成員及任務簡介

所屬單位	XX科技 黃光部				
小組功能	TPM全面生產管理之個別改善小組				
成立宗旨	利用小集團活動，達成「零損失」之目標				
活動目標	改善黃光區缺陷				
成立日期	2008年7月1日				
活動日期	2008年7月1日～2008年7月31日				
會議次數	6 次				
推動委員	李明杰（黃光部經理），古明恭（黃光部設備副理）				
圖職稱及資歷	姓名	部門	職稱	工作內容	年資(年)
指導員	游登凱	黃光部	設備課長	執行進度追蹤及掌握，任務分派	8
組長	林祺峰	黃光部	設備工程師	資源整合，資料統籌整理與撰寫改善報告	4
組員	葉知明	黃光部	設備工程師	分析缺陷及機台改修、驗證與資料蒐集	3
組員	陳永昇	黃光部	設備工程師	分析缺陷及機台改修、驗證與資料蒐集	2
組員	黃基峻	黃光部	設備工程師	分析缺陷及機台改修、驗證與資料蒐集	2
組員	洪偉洲	黃光部	製程工程師	協助分析缺陷成因及改修後產品驗證	3
組員	廖振國	黃光部	製程工程師	協助分析缺陷成因及改修後產品驗證	3
組員	陳濟宣	缺陷控制部	缺陷部工程師	協助提供缺陷資料及分析缺陷成因	3
組員	陳信福	製造部	製造部組長	派遣作業員協助作產品驗證	2
組員	藍心潔	工業工程部	工業工程師	測機數據驗證及監控	2
組員	李儀隆	品質保證部	品保課長	協助及掌控改善活動之進行	5
組員平均年資					3.4

## 2、選定方向：

小組成立時，於 2008 年 7 月 2 日召開部門個別改善專案 Kick-off 會議，討論改善方向並設定改善計畫，同時作 TPM 基礎訓練。選定一號示範機台並加以分析，由於該示範晶圓廠黃光區之機台稼動率一直無法提高達 90%，原因乃是黃光區之缺陷問題不斷，嚴重影響機台稼動率及產品良率，因此在黃光部門選定降低缺陷為改善主題，希望能減少缺陷，提升機台稼動率 UPM (UP time Manufacturing) 及良率。

## 3、排定計畫：

此 TPM 個別改善專案時程目標設定在 2008 年 7 月份一個月內完成第一階段改善案，以快速而有效率地降低損失。在活動初期設定計畫及時程表，如下表 4-3 所示，活動期間之定期稽核檢討會議包含有：

- (1).基礎訓練一次 (7/2)，
- (2).品保部門輔導三次：
  - (2.1).主題選定~目標設定 (7/3~7/7)

(2.2).要因分析~對策擷定 (7/8~7/18)

(2.3).改善實施~檢討改進 (7/19~7/31)

(3).品保部門之查核四次:(指導員及組長皆須參與)

(3.1).第一次進度主題選定~目標設定 (7/7)

(3.2).第二次進度分析~對策擬訂 (7/18)

(3.3).第三次進度對策實施~效果確認(7/28)

(3.4).第四次進度標準化~檢討改進 (7/30)

(4).改善結案發表會 (7/31)

表 4-3 TPM 個別改善計畫時程表

步驟	活動項目	PDCA	工具	負責人	日期	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28	7/29	7/30	7/31	
1	小組成立	Plan	甘特圖	游登凱	Plan Actual																																
2	現況分析	Plan	柏拉圖	林祺峰	Plan Actual																																
3	主題選定	Plan	檢查表	黃基峻	Plan Actual																																
4	問題掌握	Plan	圓形圖	陳永昇	Plan Actual																																
5	目標設定	Plan	直方圖	林祺峰	Plan Actual																																
6	要因分析	Plan	魚骨圖	廖振國	Plan Actual																																
7	對策擬定	Do	查檢表	林祺峰	Plan Actual																																
8	改善實施	Do	NA	葉知明	Plan Actual																																
9	效果驗證	Check	推移圖	洪偉洲	Plan Actual																																
10	標準化	Action	NA	藍心潔	Plan Actual																																
11	檢討與改進	Action	NA	李儀隆	Plan Actual																																

1.基礎訓練一次(7/2)

2.品保部門輔導三次:

2.1 主題選定~目標設定(7/3~7/7)

2.2 要因分析~對策擬定(7/8~7/18)

2.3 改善實施~檢討改進(7/19~7/31)

3.查核\*4:(指導員&組長參與)

3.1 第一次進度主題選定~目標設定(7/7)

3.2 第二次進度分析~對策擬訂(7/18)

3.3 第三次進度對策實施~效果確認(7/28)

3.4 第四次進度標準化~檢討改進(7/30)

4.結案發表會(7/31)

改善結果報告

## 步驟二、分析現況：

經由設備日常交接紀錄資料來分析示範機台 2008 年 1 月到 6 月的機台稼動率損失，請參考下圖 4-3 之借機與當機原因分析，分析數據表示借機原因可分為六大類，其中以因缺陷問題需要借機停機處理的比例最高 57.8%；而當機原因可分為七大類，其中缺陷問題亦佔了第二高的比例 28.4%。

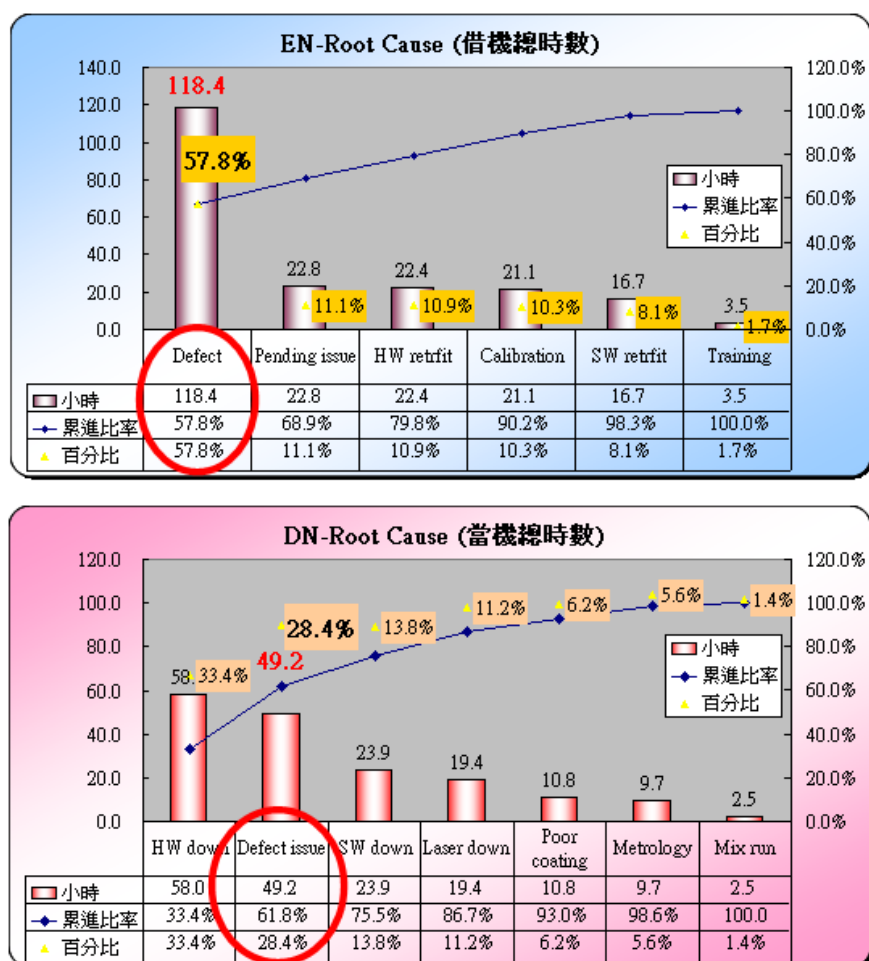


圖 4-3 示範機台稼動率損失分析之柏拉圖

另外，再以圓餅圖分佈來輔助說明該示範機台 2008 年時間稼動率中的借機時數與當機時數所損失之原因，如下圖 4-4 所示：



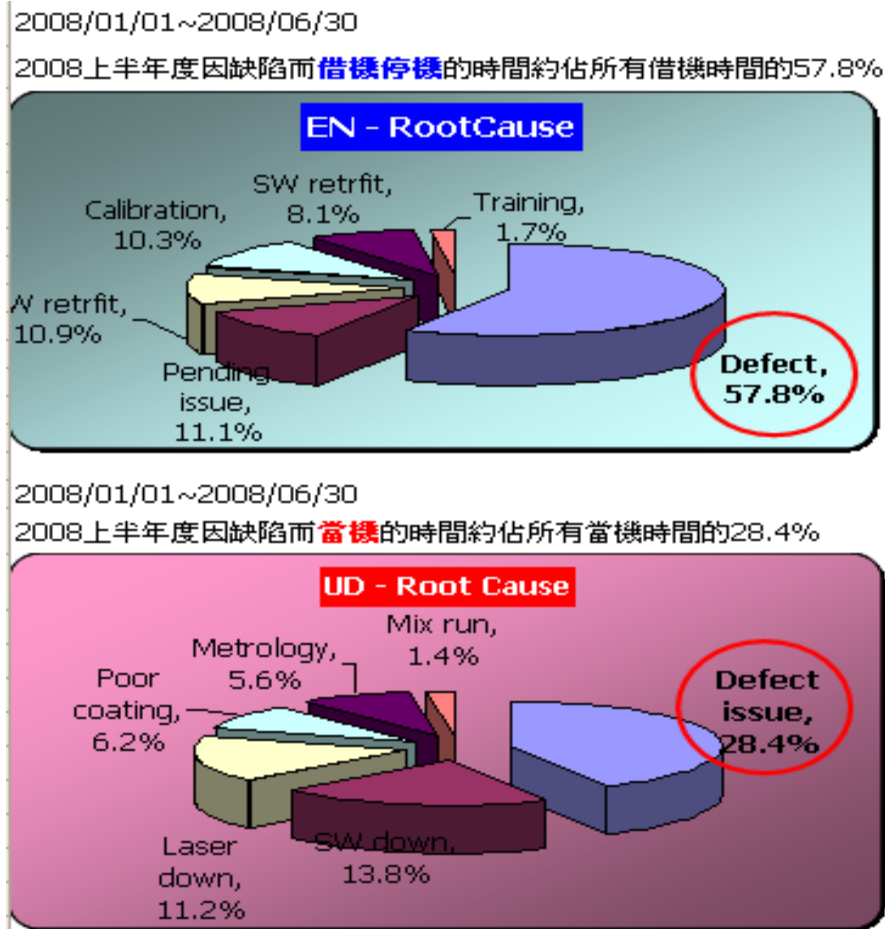


圖 4-4 示範機台稼動率損失分析之圓餅圖

經由 **PMS system** 統計示範機台之 2008 上半年度 UPM 損失時間，請參照以下表 4-4，UPM 資料表整理，機台借機時數總共使用了 204.9 小時，其中有 57.8% 都是因為處理缺陷問題而停機，因此缺陷問題共花費了 118.5 小時的借機時間。再分析機台當機時數，2008 上半年度共當機 173.6 小時，其中有 28.4% 亦是因為處理缺陷問題而導致當機而停機，因此缺陷問題共造成當機 49.3 小時。經由計算得知，損失的時間當中因為缺陷問題而造成的機台時間損失總時數共為 167.7 小時，相較於 1 到 6 月的總生產時數 4368 小時，缺陷問題相當於平均每個月都造成 UPM 損失 3.8%。由此可見缺陷問題造成機台稼動率損失程度之甚。

表 4-4 示範機台 2008 年上半年度稼動率 UPM 資料表

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	Before Avg.	1-6月 Total	所有缺陷問題	所有缺陷問題
Date	2008/1/1	2008/2/1	2008/3/1	2008/4/1	2008/5/1	2008/6/1	2008/7/1	2008/8/1	2008/9/1	2008/10/1	2008/11/1	2008/12/1			%	Hrs
Total Hrs	744	696	744	720	744	720	744	744	720	744	720	744	100%	4368		
UPM	88.9	88.8	88.9	88.0	87.2	87.3							88.19%			
EN	4.16	4.23	4.19	5.14	5.32	5.11							4.7%	204.9	57.8%	118.5
SD	3.02	3.20	3.10	3.12	3.24	3.21							3.1%	137.5		
UD	3.90	3.80	3.78	3.73	4.20	4.43							4.0%	173.6	28.4%	49.3
														378.5		167.7
																3.8%

### 步驟三、選定主題：

在了解缺陷乃是造成黃光示範機台稼動率最大損失的因素之後，經由 Defect System 統計 2008 年 1 月到 6 月總共發生 162 件缺陷，其中最大比例的是接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)，共發生了 59 次，佔全部缺陷的 36.5%，如下圖 4-5 所示。因此本改善個案之主題將選定為解決接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)問題，目的為減少該類缺陷所造成的損失。

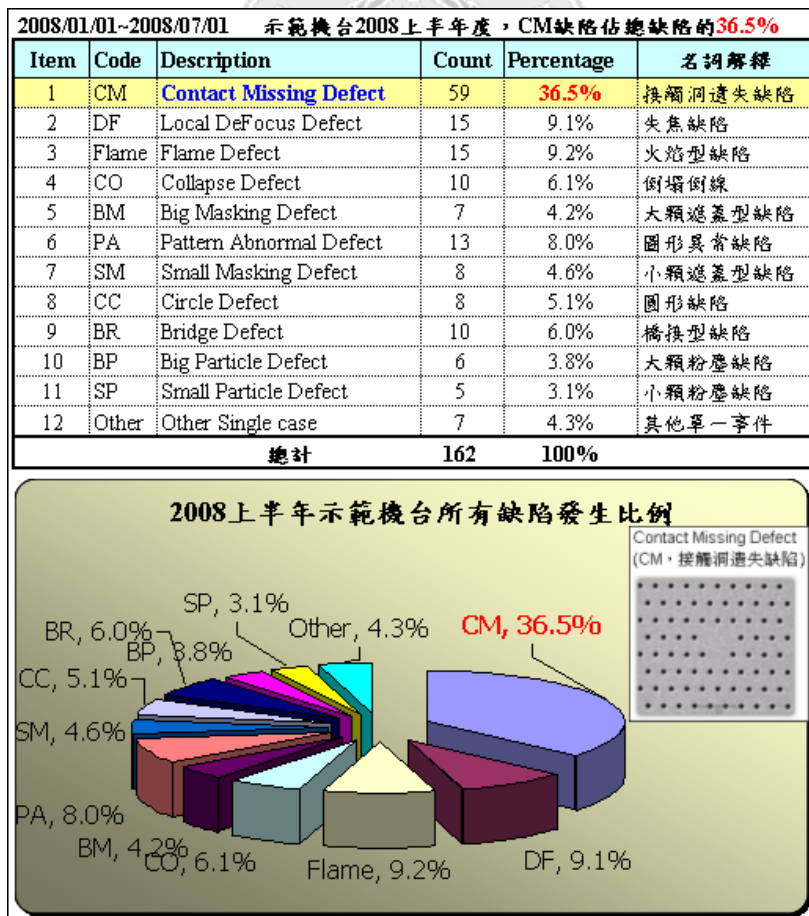


圖 4-5 接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)發生頻率之圓餅圖



#### 步驟四、掌握問題：

在掌握問題上，使用 5W2H 方法來描述缺陷問題，例如：

WHO：產品 SXXXXX 第 3 片 wafer 發生 CM 缺陷。

WHAT：狀態為微塵顆粒阻礙孔洞圖形顯像。

WHERE：缺陷發生自黃光區之示範機台熱烤盤單元

WHEN：2008 年 1 月 1 日到 6 月 30 日之期間

WHY：異物來源經由製程工程師做關聯性分析後，發現大部份來自於光阻塗佈後之低溫軟烤熱盤 CLHP(Cooling Low Hot Plate)，需待分析熱盤之微塵如何產生而掉落到晶圓上。

HOW MUCH：CM 缺陷發生次數頻繁，造成機台稼動率損失。

HOW TO：接觸洞遺失缺陷(CM，Contact Missing Defect)發生時，發生現象為孔洞遺失，如圖 4-6 所示，原因初步推斷可能為光阻塗佈完畢後要執行曝光前，異物掉落在光阻層導致曝光時部份光阻無法感光，因而無法顯影呈像；或者為曝光完畢要顯影之前，遭異物遮蔽而無法將孔洞圖形完整地顯像出來，導致後段電性失效。

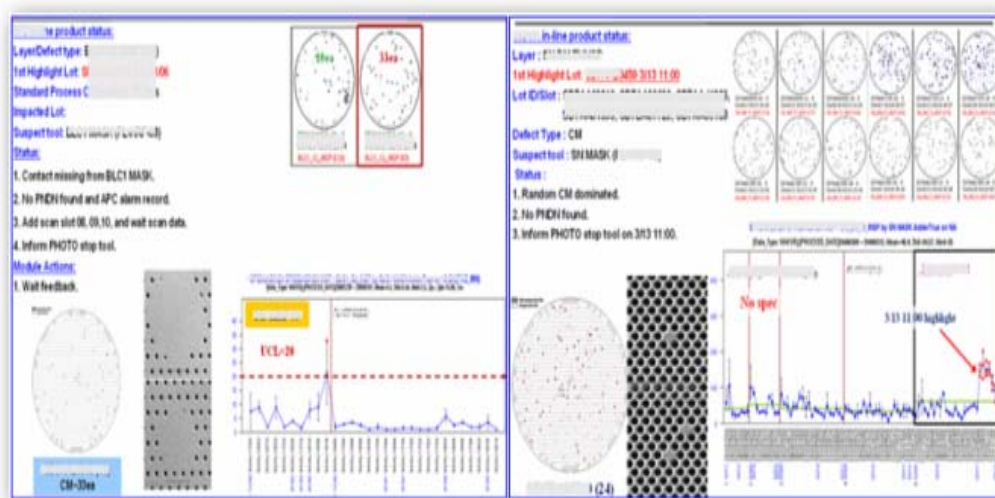


圖 4-6 接觸洞遺失缺陷(CM，Contact Missing Defect)

將接觸洞遺失缺陷(CM，Contact Missing Defect)所造成的損失予以量化，請

參照下表 4-5，2008 上半年度示範機台總借機時數為 204.9 小時，所有缺陷問題約佔了借機時間的 58%，換算為 118.5 小時。而 CM 缺陷佔了所有缺陷中的 26.5%，因此，CM 缺陷發生而工程師借機處理的時數為 31.4 小時，佔平均 UPM 比例為 0.72%。2008 上半年度總當機時間為 173.6 小時，而所有缺陷問題佔了當機時間的 28.4%，換算為 49.3 小時；而 CM 缺陷佔了所有缺陷中的 10%，故 CM 缺陷發生而造成當機無法立即回線的時數為 4.9 小時，佔平均 UPM 比例為 0.11%。總結接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)所造成的機台稼動率損失共為 36.3 小時，佔平均 UPM 比例為 0.83%。

表 4-5 接觸洞遺失缺陷影響機台稼動率之程度

	A	N	O	P	Q	R	S	T
1		<b>Before</b>	<b>1-6月</b>	所有缺陷問題		CM缺陷發生		CM缺陷對UPM影響程度
2	Date	<b>Avg.</b>	<b>Total Hr</b>					
3	Total Hrs	100%	4368	%	Hrs	%	Hrs	
4	UPM	88.19%						
5	EN	4.7%	204.9	57.8%	118.5	26.5%	31.4	0.72%
6	SD	3.1%	137.5					
7	UD	4.0%	173.6	28.4%	49.3	10.0%	4.9	0.11%
8	小計		378.5		167.7	36.5%	36.3	0.83%

#### 步驟五、設定目標：

由問題掌握得知，2008 上半年度，接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)所影響 UPM 的總損失程度，佔了 UPM 約 0.83%，因此，若能完全改善 CM 缺陷，則 UPM 預計將可由原本的 88.19%提升到 89.02%，故將本個案之改善目標設定為提升 UPM 至 89.02%，如下圖 4-7 所示。

另外，在良率的部分因為尚摻雜了許多其他因素，且該類型缺陷所影響的良率無法正確估算，在此僅以機台發生缺陷之次數作為改善品質之衡量標準，CM 缺陷的來源大約有 93.5%來自於熱盤髒污，另外 6.5%來自於光阻塗佈槽和傳送路徑的髒污，因此，若改善熱盤髒污，則預計能減少 CM 缺陷次數約 93.5%，故原本 2008 上半年度 CM 缺陷共發生 59 次，估算改善後能降低至 3.8 次，所以改善品質目標設定為減少 CM 缺陷發生次數降至 3.8 次以下。如下圖 4-8 所示。

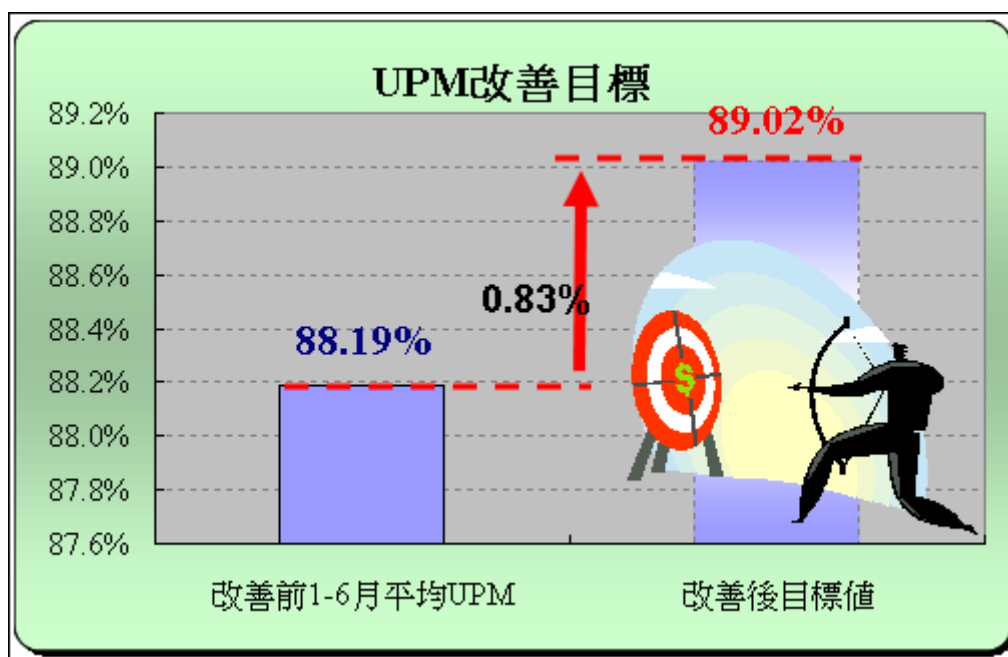


圖 4-7 TPM 個別改善個案之改善效率目標

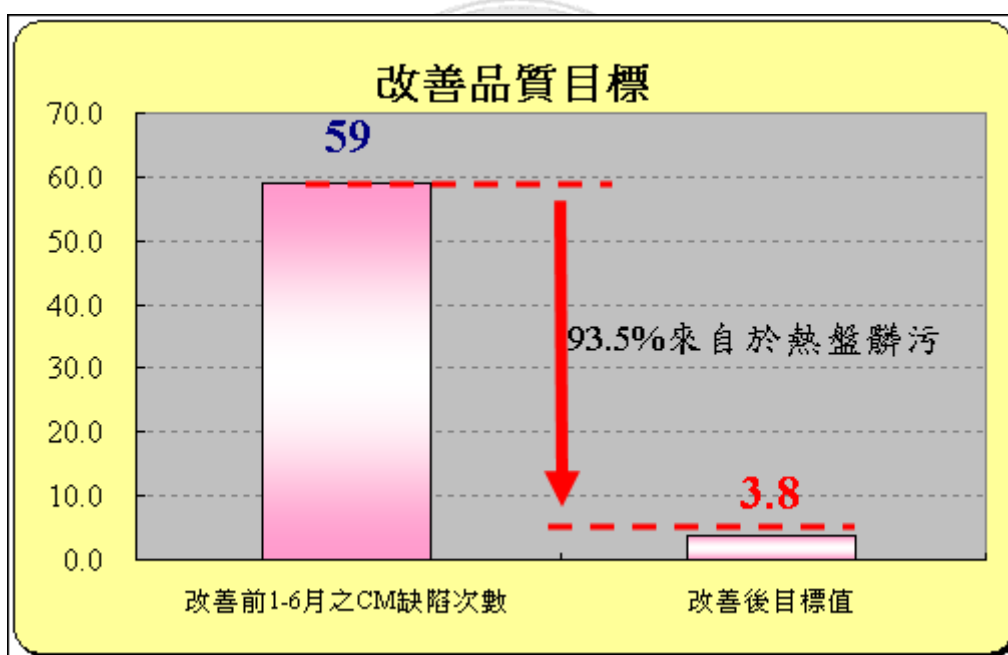


圖 4-8 TPM 個別改善個案之改善品質目標

#### 步驟六、分析要因：

小組事先以統計該缺陷之處理方式作分類，來討論為何會發生接觸洞遺失缺陷(CM，Contact Missing Defect)。討論後，由數據得知其可能發生原因有三種，如下圖 4-8，分別是熱盤髒污 93.5%、光阻塗佈槽髒污 5.3%、以及傳送路徑髒污

1.2%。其中有 93.5% 的比例主要是來自於熱盤髒污，而表訂的預防保養週期已由原本的每季清潔縮短為 2 個月清潔一次，卻仍出現該類型缺陷，倘若再縮短保養週期為 1 個月清潔一次，恐造成停機次數過於頻繁，反不符合經濟效益。因此，本改善小組決議不再增加保養頻率地來修改保養週期，而將朝向熱盤為何會髒污的方向來做魚骨圖分析以找出真因而加以改善。

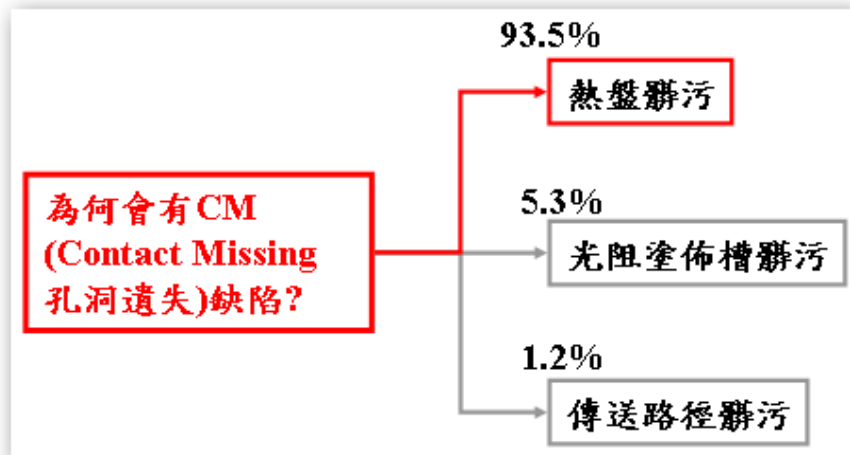


圖 4-9 發生接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)之來源

為何熱盤會容易髒污，經過本小組共同在會議上腦力激盪，配合 QC 七大手法，以描繪出魚骨圖的方式進行要因分析，如下圖 4-9 發現，晶圓塗佈光阻後送到熱盤烘烤，光阻揮發物會因為熱盤及蓋板抽氣不佳而沾黏在熱盤周圍及蓋板表面，積久而形成薄粉末狀的表層，此粉末狀的微塵會隨機地掉落在晶圓上，而阻擋圖形的呈象，因而產生接觸洞遺失(CM, Contact Missing Defect)之缺陷，因此，改善方向將朝熱盤單元來開始著手。而為何抽氣會不佳的原因，經分析後發現熱盤上蓋部分之抽氣孔太小，且呈細小洞狀不易清潔，容易累積附著物而阻塞住，反而會造成抽氣量不足。而且，通過上蓋之後的中段抽氣管徑也太小，也非常容易阻塞而減少抽氣量。

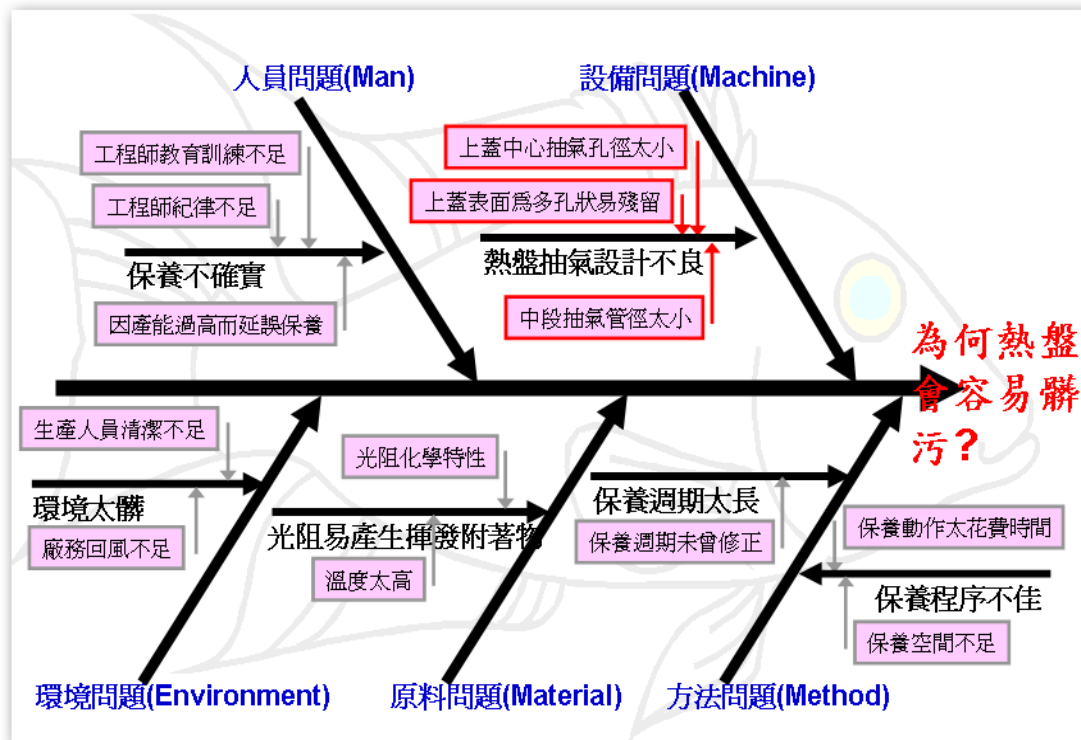


圖 4-10 分析熱盤髒污之特性要因圖

#### 步驟七、擬定對策：

在上一步驟已歸納出接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)之成因，主要乃是來自於熱盤之髒污，而面對熱盤髒污之現象，源頭乃因抽氣量不足而起，在研究抽氣量不足的原因後，發現是光阻揮發附著物累積阻塞在管徑內，而造成管徑變小，因而降低抽氣量，隨著生產的晶圓越多，導致阻塞的附著物越多，因而隨機掉落在晶圓上。

因此，我們鎖定方向針對熱盤抽氣量的部分擬定改善措施，共有三項部品改修，如表 4-6：

第一，將熱盤上蓋中心抽氣孔加大。

第二，將原本佈滿小孔的上蓋表面換成平滑表面。

第三，將中段抽氣管徑加大，把原來 1/4" 管徑改修為 3/8" 管徑，其抽氣流量可由原本的  $4.0 \pm 1\text{L/min}$  增加為  $8.0 \pm 2\text{L/min}$ 。

表 4-6 解決熱盤髒污之改修項目

項次	改修項目	改善前	改善後
1	上蓋中心抽氣孔	Ø 5mm	Ø 38mm
2	上蓋表面	細小孔狀	平滑表面
3	中段抽氣管徑	Ø 6.35mm(1/4 inch)	Ø 9.53mm(3/8 inch)
	平均抽氣量	4±1L/min	8±2L/min

至於保養週期方面，由於之前已從每季清潔縮短為兩個月清潔一次，且保養程序也遵照原廠之保養手冊來施行，此方面並非缺陷產生的主因，因此，為了有效節省人力及不浪費停機時間，暫不變更保養週期及程序。

環境方面，由於晶圓廠之潔淨度要求甚嚴，無塵室黃光區在等級 1 的潔淨度之下(每平方公尺的微塵數量在一顆以下)，且光阻塗佈機台內部乃是正壓力環境，外界的微塵不易進入機台內影響產品，所以此因素並非造成缺陷之主因。

光阻材料方面，由於製程需求每道製程的光阻和溫度都有特殊規定，且技術聯盟合約指定之原物料無法做任何變更，因此暫不考慮更換光阻材質。

在人員方面，加強工程師之保養技術教育訓練，以每週一題材的方式，由原廠工程師擔任講師，負責現場教學實作，並由課長指派種子人員參與學習，待全部機型之保養項目皆完成教育訓練後，再由種子人員擔任講師，再次向部門內工程師作教育訓練，帶領工程師現場實作，並由主管負責檢驗實作品質，經過檢驗合格之工程師始能單獨作保養之動作，三個月內未通過檢驗者，予以紀錄並加強訓練。另外，若因產能而延誤保養之情形，可由保養監測系統發出警報，通知該機台負責人及部門主管，應主動避免該情況發生。

#### 步驟八、實施改善：

熱盤抽氣量改修總共有 3 個項目，如下圖 4-11 所示，依序第一項為上蓋中心抽氣孔直徑由 5mm 改為 38mm，以增大熱盤烘烤時之抽氣量，將光阻揮發物完全抽乾淨，避免殘留附著在熱盤環境內。第二項為上蓋表面由原本的細小孔狀

改為平滑表面，以減少揮發物排出時殘留的機率，亦可便於清潔。第三項為中段抽氣管路，將原本的 1/4 inch 加大為 3/8 inch，以增加抽氣量。三項全部改修完畢後測試平均抽氣量由改善前的  $4\pm 1\text{L/min}$  增加為  $8\pm 2\text{L/min}$ ，抽氣量增加足足兩倍之多，更有利於排出烘烤時所產生的光阻揮發物，減少阻塞管徑而產生附著物。

由原本的 5mm 直徑加大為 38mm，抽氣量的增加或許會對內部氣流造成改變，但氣流的改變並不會影響到熱盤上的晶圓製程品質，因為只要和晶圓直接接觸的熱盤所傳遞的溫度能夠穩定即可。

由原本的佈滿小孔改變為平滑表面且單一中心抽氣孔，或許造成散熱過度集中在中心位置，而蓋板周圍之散熱效果不平均，但在初步檢驗過產品後，並無太大的製程品質改變，改善後需要持續監控散熱均勻度所造成的晶圓製程品質，若有影響，需要再做改善。





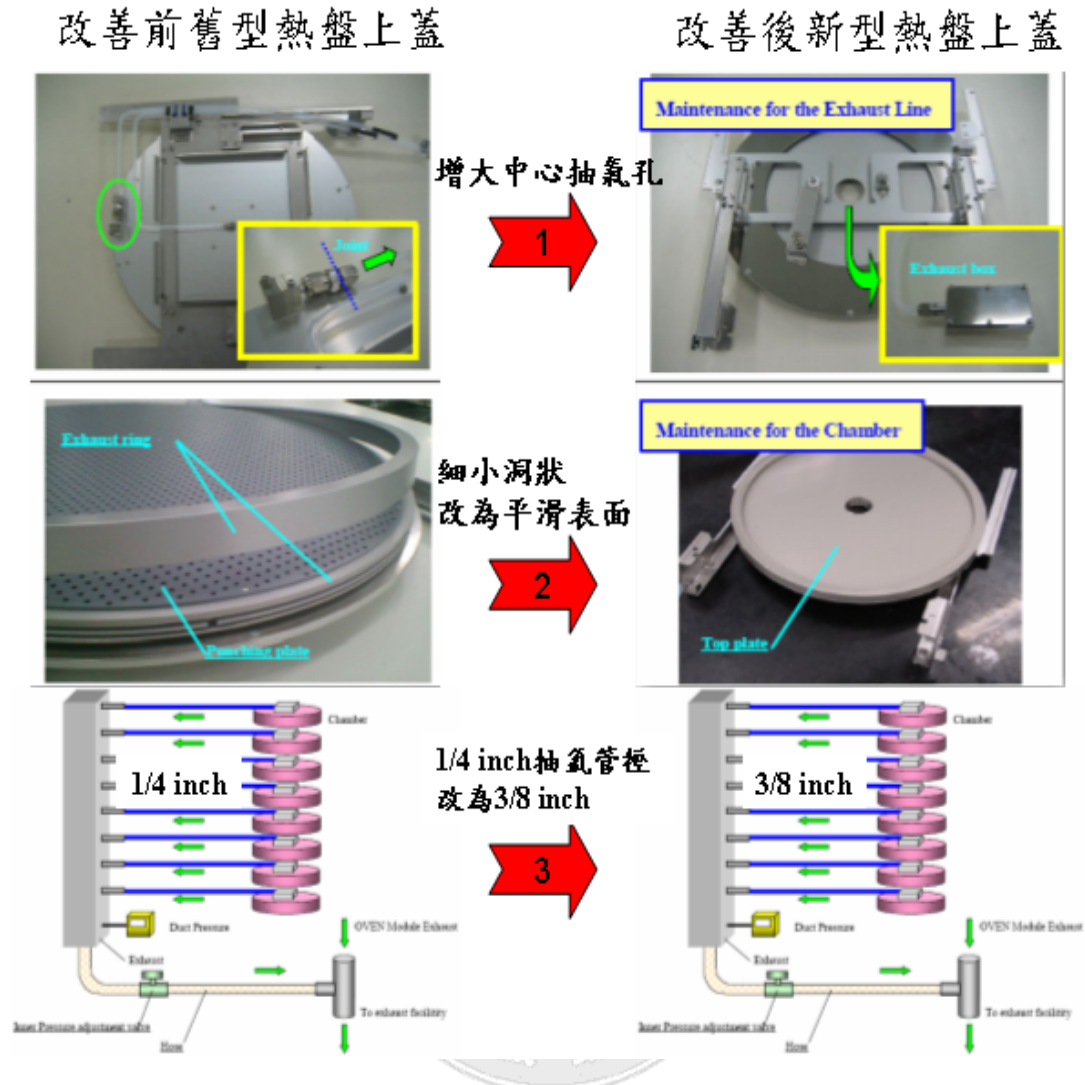


圖 4-11 熱盤實施改修之前後對照圖

## 步驟九、驗證效果：

### 1、基本測機：

熱盤改修完畢以傳送晶圓測試傳送位置，測試傳送位置無誤後，請生產線作業員以檔控片進行日常測機，測機項目為乾式微粒測試(Dry Particle Test)，測試規格為 0.09um 之顆粒需少於 30 顆；0.2um 之顆粒需少於 10 顆，結果皆符合規格，如下圖 4-12，微塵數大量減少，接觸洞遺失缺陷(CM, Contact Missing Defect)亦大幅減少。接著請作業員以一般產品進行領導批次(Leading Lot)試產，再請製程工程師確認產品規格及缺陷，結果為正常。然後恢復生產線正常生產，為期五



個月期間或期滿後設備課定期利用 PMS 系統(Production Monitor System)蒐集機台之時間稼動率 UPM (UP time Manufacturing)數據及利用 EDA (Equipment Data Acquisition) 系統蒐集產品 Yield(良率)資料來比對改善前之數據資料以驗證改善成效，觀察 UPM 及良率是否有提昇達到既定目標。

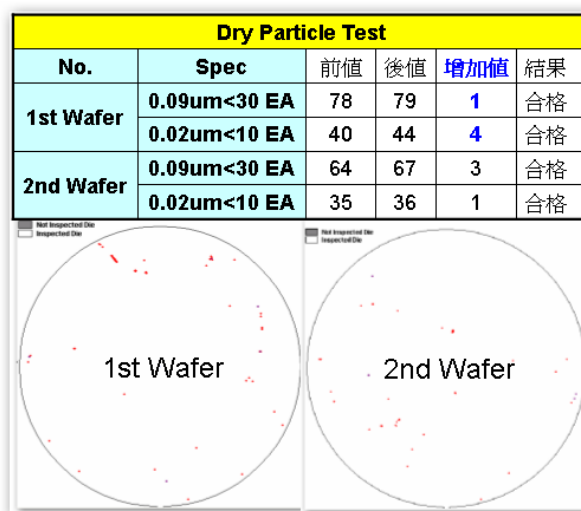


圖 4-12 機台改善後之乾式微粒測試資料

## 2、觀察 UPM：

從 PMS system 蒐集 2008 年 8 月份到 12 月份的平均 UPM 資料(7 月份由於改善時間佔大多數，因此不予計算)，改善前後如以下推移圖所示，改善前平均 88.19%，改善後提昇到了 90.14%，改善了 1.96%，達到原先設定之目標 0.83%。借機時間(EN)從平均 4.7%降低到 3.4%，改善了 1.3%。當機時間(UD)從平均 4.0%降低到 3.5%，改善了 0.52%。改善接觸洞遺失缺陷(CM，Contact Missing Defect)之後，UPM 損失整整改善了 1.96%，換算與目標相較之改善效率目標達成率為 101.2%，改善成果相當顯著。

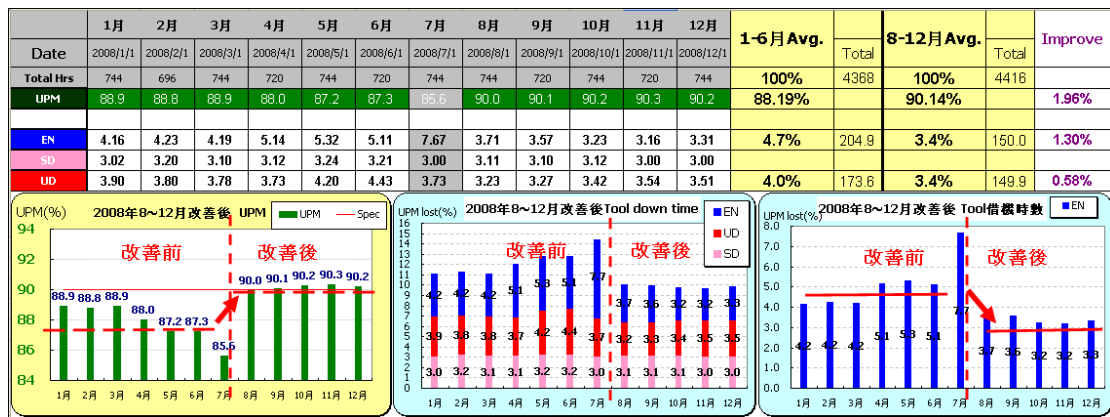


圖 4-13 改修前後之機台稼動率 UPM 推移圖

### 3、觀察機台不良率：

由缺陷管理系統統計缺陷次數資料，示範機台發生之缺陷頻率改善如以下圖 4-14 推移圖所示，改善後 2008 年 8 月份到 12 月份的 CM 缺陷次數為 2 次，相較於改善前 2008 年 1 月份到 6 月份的 CM 缺陷次數 59 次，降低了 96.6%，而 2 月份缺陷次數驟降的原因是該機台於 2007 年 7 月新裝機開始量產，而 2 月份剛好實施每季保養維修的動作，以致於缺陷次數能夠降低，但到 5 月再度實施季保養的時候，可能是機台老化或熱板設計不良導致 CM 缺陷無法徹底被消除，而需要進行改善。

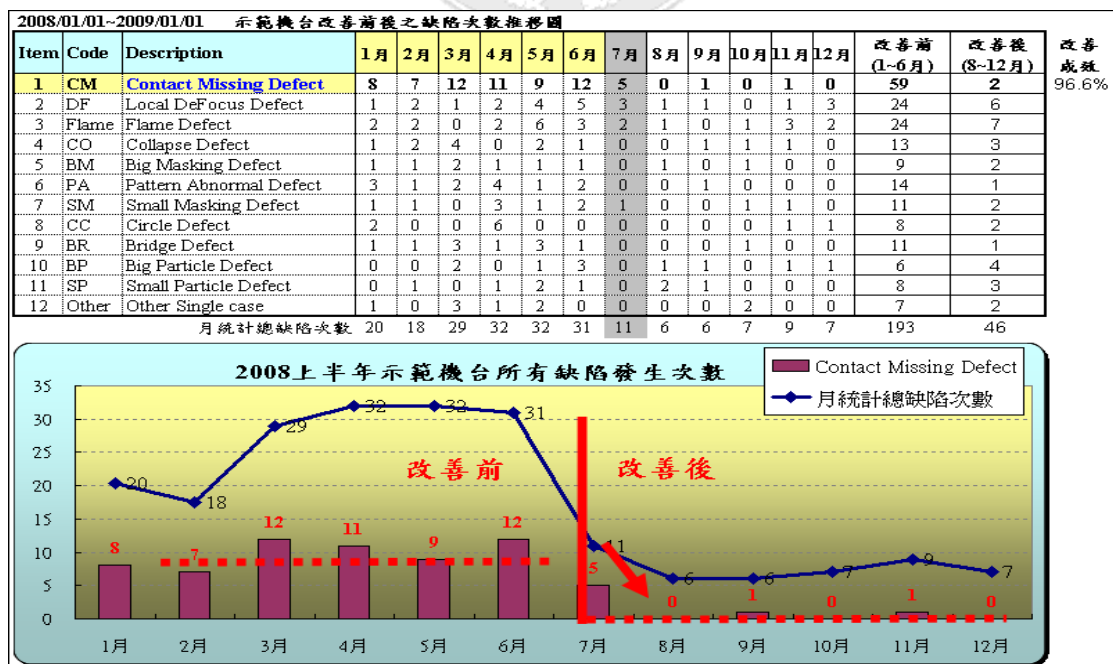


圖 4-14 改修前後之缺陷次數改善推移圖

改善後，缺陷減少了自然當機時間就會降低，因而能達成改善目標，換算成改善品質目標達成率為 103.3%，UPM 改善效率和改善品質目標如下圖 4-15 及 4-16 所示。

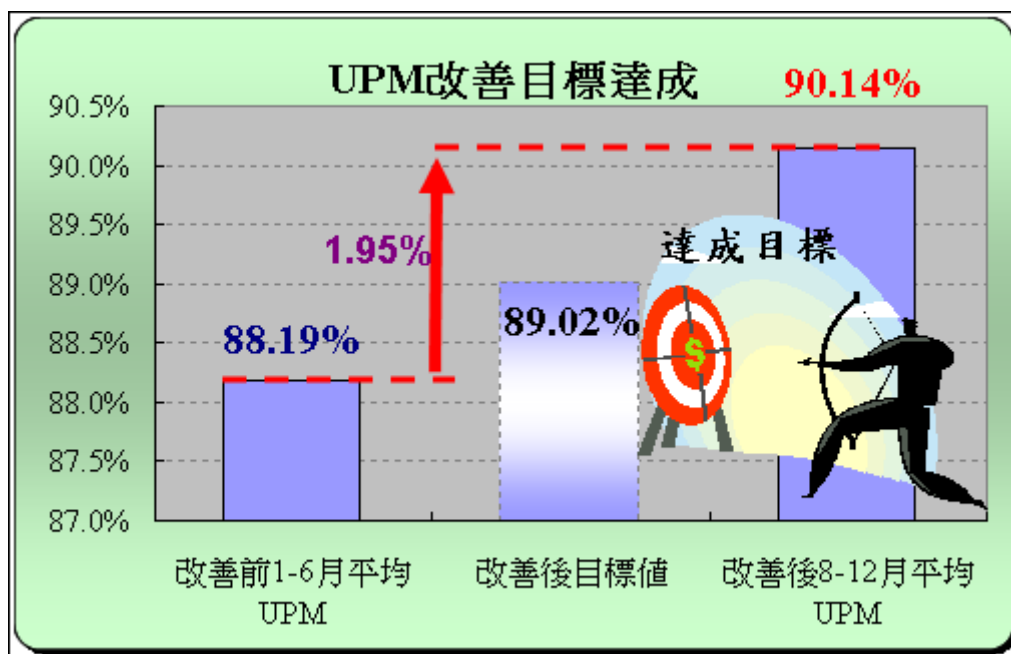


圖 4-15 TPM 個別改善個案之 UPM 改善成果

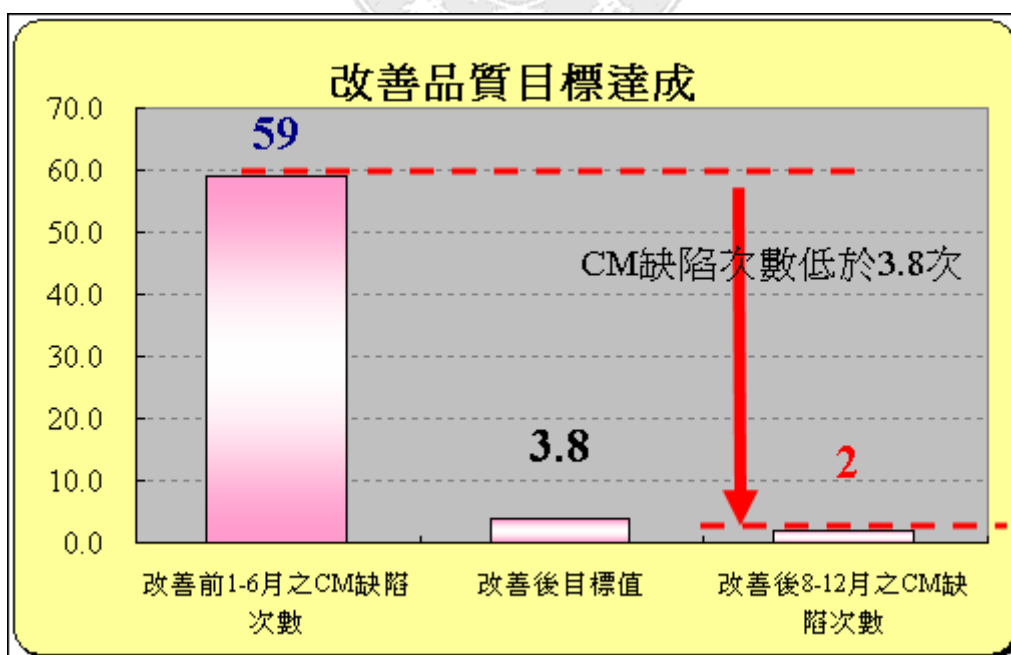


圖 4-16 TPM 個別改善個案之缺陷次數改善成果

#### 步驟十、標準化：

在驗證示範機台之改善效果後，即開始修正完整版的改修程序報告書，每一步驟都需圖示並說明操作要點，製作完畢後經由公司內部之文件電子傳簽系統送出簽核程序，須經課級主管檢閱簽核後，再由品保部門稽核驗證簽核，然後再傳回部門最高主管簽核，最後送至技術文件管理部門簽核，始能完成簽核程序，如下圖 4-17，並於晨會向部門內所有工程師簡報，便可由主管指派工程師依循改修程序手冊開始進行其他同型機台水平展開的改修，施作過程仍需遵照效果驗證的方式及確認改修效果。

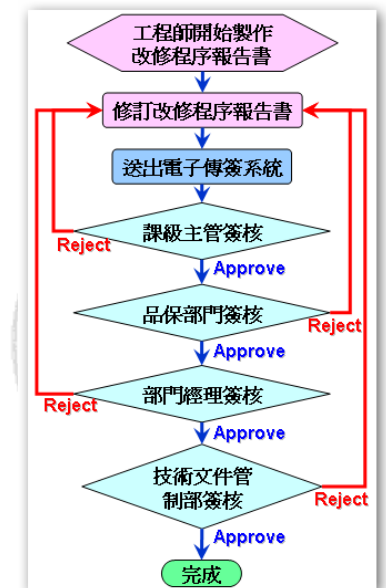


圖 4-17 TPM 個別改善個案之標準化簽核流程

#### 步驟十一、檢討與改進：

TPM 之個別改善活動成功落幕，感謝小組所有成員不辭辛勞的付出，和絞盡腦汁地思考對策，活動當中讓我們產生了務必消除損失的意志力，也讓我們學習到整個改善流程的一些思考模式和分析手法，雖然個案成功達成目標，然而，還有很多小細節尚值得我們檢討改進。

以下歸納本次黃光區 TPM 個別改善內容細節之檢討與改進事項：

- 1.晶圓廠黃光區示範機台實施 TPM 之個別改善成效顯著，從改善前平均 88.19% 到改善後平均 90.14%，整整提升了機台稼動率 1.96%，達到且高於原先設定之目標。高於目標的原因是因為改善了熱板髒污，也可間接消除了其他類型缺陷的產生機率，因而減少的停機時間比原先預期的還要多。
- 2.整個改善過程遵照流程步驟推行，能快速而有效率的在一個月內完成一個改善案。
- 3.在改善熱盤之抽氣量後，使抽氣管路不易阻塞，光阻揮發物能順利被抽離熱盤環境，不再沾粘累積在熱盤及其蓋板上而掉落至晶圓表面，微塵數明顯大量減少，接觸洞遺失缺陷也因而大幅減少，至於揮發率方面，因為每片晶圓的製程加熱溫度和時間固定，揮發量也固定，所以增加抽氣量或許會增加揮發速率但並不會增加太多揮發量導致阻塞更嚴重，另外改修後亦檢查晶圓之製程表面線寬大小，並不會因為增加此抽氣量而造成異常。
- 4.改善步驟裡的「標準化」乃僅製作標準改修程序報告書，且簽核完畢，並未在 2008 年 7 月份的同時於其他同型機台作水平展開，原因是完成示範機台的初步驗證後，仍需觀察三個月的機台稼動率 UPM 及產品良率，因此水平展開改修於 2008 年 11 月 1 日開始施行，並於同年 12 月底全部完工。
- 5.活動期間因為對策擬定步驟延誤一天，因而整個時程往後順延一天，不過因為標準化步驟提早在效果驗證的同時就開始進行，乃致於最後一天終能如期作結案報告，請參考下圖 4-18，這是當初在排定計畫時，未能精準估計每個步驟之工期所致，故往後將需要在計畫排定上多花心思改進。
- 6.此外，同仁在數據分析上估算的非常清晰，能有條不紊的估算出單一缺陷影響到機台時間稼動率的損失，將問題量化乃是達成有效掌控問題的首要條件，因此量化指標乃是改善成功基礎。
- 7.然而，在缺陷數據方面略顯不足，若能再蒐集歸納出改善該類缺陷之後的發生頻率，更足以佐證改善效果。
- 8.黃光部門 2008 年 TPM 個別改善專案在公司內部高階主管評鑑獲得第三名，小

組成員每一位都能從 TPM 活動中獲得成長和新啟發，是本活動帶來最基本效益。

公司亦頒發給得獎部門一面錦旗以及每位組員一張獎狀以資鼓勵，所有組員亦拍了合照以慶祝合作改善成功，請參考圖 4-19。然而，若活動能再以獎金取代獎狀，相信對改善人員而言會更有吸引力及動力，亦能帶來更大的鼓勵。

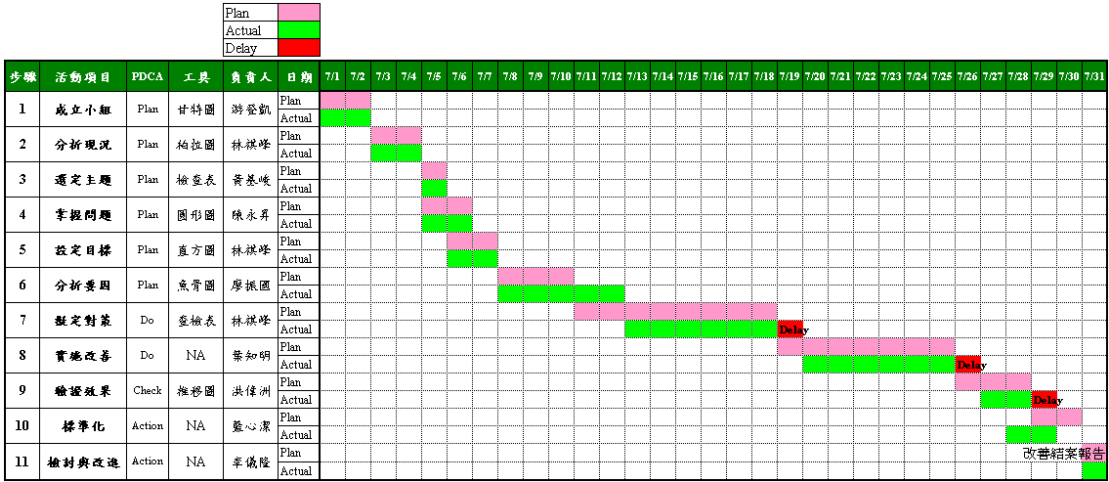


圖 4-18 TPM 個別改善之實際時程表



圖 4-19 TPM 個別改善小組獲頒榮譽之團體照

### 4.3 TPM 個別改善活動結語

相較於 TPM 推動前，以往工程師在無塵室裡解決問題的方式，往往各有其法，但改善的品質良莠不齊，推動 TPM 活動之個別改善步驟後，組織裡有了更有效率的改善流程，可以讓工程師依循參考，能更有效率地處理問題，由此可知悉 TPM 活動在改善員工體質上有著相當的成效。

此次，設備部品改修因機台尚在保固期內，供應商能配合協助吸收料件及改裝之費用，因此，並無額外之成本支出。若改善有成本支出應將其紀錄在結案報告內。同時，雖然機台稼動率和缺陷影響程度能夠以時間比例來量化，但若再以金錢損失作量化則可以讓現況及改善成果更具體化，這是日後實施改善需要改進之處。

最後，感謝 TPM 個別改善小組能在跨部門合作的不同背景之下共同齊心努力進行本改善個案，成功地改善接觸洞遺失缺陷，增進 UPM 約 1.7%，改善效率達成率為 101.2%；減少不良率約 76.2%，改善品質達成率為 103.3%，改善小組成功達到目標，改善效益相當顯著。推行 TPM 之活動後，我們更能深刻感受到生產線損失所帶來的影響，使我們更有消除損失的決心。藉由此活動亦能夠提升小組成員的技術能力、分析能力及改善能力，也能夠充分改善企業生產體質，逐漸踏往「生產零損失」之路。

然而，其他缺陷仍然存在，改善小組應立即再找出第二順位的缺陷，修正個別改善步驟之缺失並依循 PDCA 循環進行持續改善，以達到 TPM 全面生產管理之零損失的終極目標。

## 第五章 結論

本章對於整體 TPM 之個別改善活動作了總結與歸納，並從觀察整個活動流程過程當中，指出本研究所擬定的 TPM 改善步驟流程之優缺點，且提出未來研究方向。

### 5.1 研究結論

本研究擬定的 TPM 個別改善流程步驟優缺點如以下敘述：

1. 本活動由高階主管宣告，由品保部門開始推動並排定活動計畫，定期開會稽核與檢討各部門之個別改善案，在結案時各部門專案領導人需在高階主管出席的會議上做結案簡報，如此，可以避免員工以「日常工作已經做不完了，哪還有空搞這個活動！」或「抽時間執行會影響現在的工作！」為藉口，而拖延 TPM 活動的進行，亦不會讓人天生的惰性阻礙全面生產管理消除損失的目標。
2. 本研究在晶圓製造之全面生產管理的個別改善模式架構流暢，特別是「現況分析」和「問題掌握」兩大步驟，可以了解問題所造成的損失，並且將以量化，有了量化指標後，可以輕易地明確了改善的方向。
3. 此個別改善模式每一個步驟都運用到了 QC 七大手法，如此可以讓每一位組員都知道目前進行的工作和進度，以有效地達到分工合作的效果，並能清楚地接著做下一步驟的分析。
4. 本個別改善模式架構緊湊，快速簡潔，是因為除了改善案本身以消除浪費為目的之外，活動本身亦要節省不必要的人力和時間浪費，因此，以 1 個月為改善期限為最佳，用最短的時間以最有效率的方式完成改善步驟。



## 5.2 未來研究方向

本研究針對推行 TPM 活動之後的心得做了整理及未來研究方向如下：

1. 晶圓製造廠之機台價格昂貴，欲推動 TPM 改善活動必須投入大量成本，因此如遇到需事先投入大量成本才能獲得改善的情況時，一般企業主都會卻步，然而，長期來講，TPM 的零損失目標可以為企業帶來相當大的成本效益，所以，投入短暫的改善成本和長久消除不必要的浪費相較起來，是絕對符合經濟效益的活動。因此，企業經營者除了表現推動 TPM 的決心和注重改善成果之外，亦要充分了解到為了追求無限的改善空間，投入相當的人力和金錢資源是必要的，因為導入 TPM 一定要有資金的投入，無論對人員的訓練、對設備的改善都會發生成本，但其長遠所能帶來的效益肯定是值回票價的。
2. 推動 TPM 個別改善活動時，除了要持續做改善循環不斷地消除損失之外，在每一次的改善案裡，特別要有預防再發的觀念，而非像頭痛醫頭、腳痛醫腳般地盲目改修，因此在「要因分析」步驟上要特別花心思去仔細分析找出問題真因，並且在「對策擬定」步驟要特別仔細評估每一項對策之可行性，才不會做了改修才發現並非真因，又得要花更多時間彌補或者重頭開始，反而造成更多不必要的資源和時間浪費。
3. 晶圓製造在推行 TPM 個別改善時，如能依照此流程步驟有效展開，並要求設定改善期限，較能確保推行成果。
4. 導入 TPM 的企業應設立專職的 TPM 推行單位較易成功，因為 TPM 一般是持續 3 到 5 年的全公司跨部門性的活動，若以兼職的某些員工來推動較不適合處理衝突任務或較容易因為離職異動而不易發揮 TPM 活動的號召力與影響力。
5. 導入 TPM 最重要的是領導者必須思考，想要藉由 TPM 個案改善達成什麼目標，並且將此理念完全地傳達給每一位員工，才能有效建構企業競爭優勢。

6. TPM 活動成功的關鍵在於活動目標與中階管理者的心態相結合，因此，管理者務必要了解各步驟的目標和成果，並且每一場會議都要親自出席掌握整個 TPM 活動的進度，也能讓員工感受到管理者推動 TPM 的決心。
7. 推動 TPM 是長期性的活動，在過程中應該要能適時導入一些活動性手法，例如，在 Kick-off 會議之前的標語、標誌、代表性的物件及 TPM 活動看板，或有獎賞性的競賽規則，增加全體員工的刻板印象，以及燃起全體員工的興趣，並能增加活動的靈活性。



## 參考文獻

### 中文部分：

- [1]. Hong Xiao, 2003, 「半導體製程技術導論」, 羅正忠譯, 台灣培生教育出版, 台北
- [2]. 莊達人, 2003, 「VLSI 製造技術」, 高立, 台北
- [3]. 日本設備維護協會, 2003, 「21 世紀 First Age 的 TPM 潮流-新世紀的 TPM 宣言」, 中衛發展中心
- [4]. 中嶋清一, 1993, 「生產革新的 TPM 入門」, 先鋒企業管理發展中心 TPM 研究小組譯, 和昌, 桃園
- [5]. 日本設備維護協會, 1996, 「新 TPM 加工組立篇」, 中衛發展中心
- [6]. 坂口光生, 2001, 「設備初期管理：產品、設備的品質保證」, 中衛發展中心
- [7]. 杉蒲政好, 1998, 「短暫停機零的挑戰」, 中衛發展中心
- [8]. 日本設備維護協會, 2008, 「TPM 實踐法:全員參與的設備保養實施大全」, 先鋒企業管理發展中心 TPM 研究小組譯, 和昌, 桃園
- [9]. 鄭清和, 1986, 「品管七大手法」, 復文書局, 台南
- [10]. 片山善三郎, 1995, 「簡單. 易懂. 好用的 QC 手法：以 QC 七大手法解決問題」, 先鋒企業管理發展中心 QC 手法研究小組譯, 和昌, 桃園
- [11]. 鍾朝嵩, 1996, 「全面品質管理」, 和昌, 桃園
- [12]. 林建基, 2001, 「PDCA 循環全員品管」, 管理雜誌, 316 期
- [13]. 高福成, 1995, 「TPM 全面生產保養推進實務」, 中衛發展中心
- [14]. 莊國泰, 2008, 「C-TPM 的活動展開-中小企業如何有效導入 TPM」, 中衛發展中心報告 No.05, 7 月
- [15]. 陳冠榮, 2008, 「TPM 的個別改善與損失結構」, 中衛發展中心報告 No.05, 7 月
- [16]. 許棟樑、吳振寧, 2000, 「台灣半導體廠設備管理指標模型建立與評比—1998 ~99 年成果」, 機械工業、品質與維護工程技術應用專輯, 第 202 期
- [17]. 邱元錫, 1999 「TPM 本土化的經驗 - 國內廠商推動 TPM 之經驗分析」, 中衛簡訊, 139 期, 頁 88-94
- [18]. 邱元錫, 1999, 「國內廠商推動 TPM 之經驗分析」, 中衛簡訊 139 期。
- [19]. 邱元錫, 1998, 「國內半導體中、下游產業設備維護現況調查與運用 TPM 活動以提升競爭力之評估」, 朝陽學報, 3 期, 頁 125-145
- [20]. 邱俊斌, 2006, 「半導體廠設備綜合效力之探討-以半導體測試廠為例」, 成功大學, 碩士論文
- [21]. 翁嘉宏, 2006, 「導入 TPM 活動提昇設備 OEE-以半導體封裝產業之成型機台為例」, 逢甲大學, 碩士論文

- [22].郭亦桓，2001，「台灣半島體設備管理標竿-黃光區設備」，清華大學，碩士論文
- [23].凌國榮，2002，「設備總合效率改善之研究-半導體產業之個案探討」，淡江大學，碩士論文
- [24].高福成，2005，「台灣企業實施 TPM 的適合性研究」，中原大學，碩士論文。
- [25].林義輝，2003，「TPM 活動實務之探討-以盛餘公司為例」，中山大學，碩士論文
- [26].蔡炳程，2000，「以全面生產管理 TPM 建構企業競爭優勢之探討」，清華大學，碩士論文
- [27].張致誠，2002，「實行 TQM-JIT 及 TPM 與企業績效間的關係」，大同大學，碩士論文
- [28].董舒麟，2001，「半導體製程設備管理的失效模式與效應分析」，中央大學，碩士論文
- [29].陳崇智，2008，「半導體廠生產電力品質管理之研究」，交通大學，碩士論文
- [30].徐嘉良，2006，「使用者經驗應用於概念發想之研究」，交通大學，碩士論文

### 英文部分：

- [1].Goldratt, E.M. and Cox, J., 1986, “The Goal, North River Press”, Croton-on-Hudson, NY.
- [2].Peterson, I., 2000, “Lithography Defects: Reducing and Managing Yield Killers Through Photo Cell Monitoring? Yield Management Solutions”, KLA-Tencor magazine.
- [3].SEMATECH, 1995, “Overall Equipment Effectiveness(OEE) Guidebook Revision 1.0”, SEMATECH Technical Reports.
- [4].SEMATECH, 1998, “Process Monitor and Control”, SEMATECH Technical Reports.
- [5].SEMI, 1996, “Cost of Ownership for Semiconductor Manufacturing Equipment Metrics”, SEMI E35-95A.
- [6].Nakajima, S, 1988, “Introduction to TPM, Productivity Press”, Cambridge, MA.
- [7].JIPM, 1997, TPM College Manager’s Course Text, CSD.