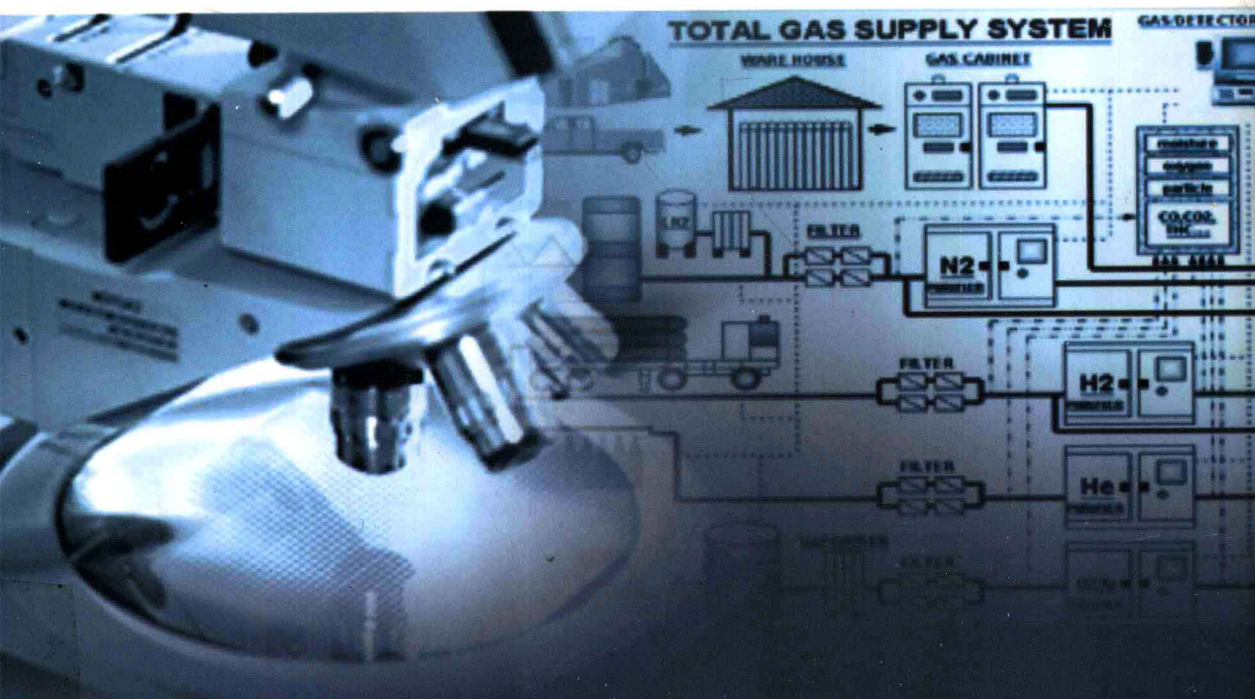


半導體製造技術與管理

簡禎富 施義成 編著
林振銘 陳瑞坤



國立清華大學出版社

半導體製造技術與管理

主編：簡禎富、施義成、林振銘、陳瑞坤

國立清華大學出版社
中華民國九十四年五月

國家圖書館出版品預行編目資料

半導體製造技術與管理 / 簡禎富等主編. --初版.

新竹市：清大出版社，民 94

706 面； 17*23 公分 含參考書目及索引

ISBN 957-29880-5-0 (精裝)

1.半導體

448.65

94004487

半導體製造技術與管理

作 者：簡禎富等主編

發行人：徐遐生

出版者：國立清華大學出版社

社 長：周懷樸

地 址：30013 新竹市光復路二段 101 號

電 話：03-5714337 03-5715131 轉 5050

傳 真：03-5744691

網 址：<http://my.nthu.edu.tw/~thup/>

電子信箱：thup@my.nthu.edu.tw

行政編輯：陳文芳

出版日期：民國 94 年 5 月初版

定 價：精裝本新台幣 700 元

【版權所有、翻印必究】

劉炯朗序

“怎樣做”和“怎樣做得好”是任何產品製作最重要的兩個課題，“怎樣做”要靠製作技術，“怎樣做得好”要靠製作管理。半導體是一個極度精密（積體電路中連線的寬度為頭髮寬度的千分之一）和極度複雜（一個小於指甲的晶片中有超過千萬個電子元件）的產品，再加上製作設備需要大量資金的投入（一條製作生產線需要二十億美元以上），和市場的競爭又極為激烈（半導體市場年值約二千億美元）。因此，優良的製作技術和製作管理是成功的必要條件。

簡禎富、施義成、林振銘、陳瑞坤四位專家學者，將他們多年在半導體製造上的心得和經驗，結合理論和實務，整合成書，內容完整豐富，對學術界和產業界是一大貢獻。這本書不但是產學合作、互補互助、相輔相成成功的一大明證，尤其，清華大學和旺宏電子公司是極為密切合作的伙伴，這本書也代表了這個良好關係的成果。旺宏電子文教基金會成立以來，推動學術創新不遺餘力，成績斐然，本書作者們決定將本書的收入，捐予旺宏電子文教基金會，更對本書的出版有著一層更深遠的意義。

劉炯朗
前國立清華大學校長
2005.4.1

陳力俊序

台灣半導體產業在近三十年間，從無到有，歷經六十年代工研院團隊赴美國 RCA 公司取經，七十年代新竹科學園區設立，聯華、台積電公司成立，工研院深次微米計畫衍生為世界先進公司，以及其他積體電路公司之興衰起落，由起步、萌芽、茁壯，到現在被公認為世界級產業，創造經濟奇蹟；也建立國人在高科技領域於國際舞台上競爭的信心，影響極為深遠。近年來我國平面顯示器產業迅速崛起，產值近兆，市佔率即將超越韓國而成為世界第一，亦與半導體產業奠定的良好基礎息息相關。因此半導體產業在我國高新科技發展上，無疑地佔據了制高點，仍將扮演龍頭主導角色。

剖析台灣半導體產業優勢，個人認為半導體製造技術與生產管理最為突出。有人認為，半導體製造先進設備，均附有操作條件與步驟指示（recipe），只要肯投資，「轉動鑰匙」（turn key）依樣畫葫蘆即可。但實際上，先進積體電路製程，步驟動輒數以百計，由於高精密度的要求，往往「牽一髮而動全身」，而由於產業進步迅速，及時引進新製程為持續不斷的挑戰，可謂與時間賽跑，在產業毛利率逐漸下滑之際，製程整合與生產管理至為重要。

簡禎富教授為本院工業工程與工程管理學系傑出教師，主要研究領域為決策分析、半導體製造模式與分析、資料挖礦等，不僅學有專精，並與產業界互動良好。例如，其研究成果「最佳化晶圓曝光樣型最佳化」，已獲得發明專利等具體成果，並於半導體公司上線使用，因而榮獲八十九年度教育部產學合作研究獎。如今擬以與產業界合作成果部份內容，整合產業相關知識，出版「導體製造技術與管理」一書，當為台灣半導體產業持續發展重要參考。本人從事半導體製程相關教學研究多年，身處台灣半導體產業發展洪流中，友朋學生亦多為從業人員，見證產業整

體蓬勃發展，個別興替，感受特別深刻，自樂爲之序。

陳力俊
於清華大學工學院
2004.7

作者序

自 1998 年以來，旺宏電子股份有限公司和清華大學工業工程與工程管理學系簡禎富教授有非常密切的產學合作研究，累積不少具體成果更達到產學雙贏的目標，其中包括三個半導體製造管理的國際發明專利，以及多項專利審查中。計畫成果在結合了公司同仁的後續努力進而上線推廣，更為公司帶來具體效益，其中包括「提高晶圓產出」及「晶圓圖資料挖礦與分群分類系統」已分別榮獲旺宏電子營運績效獎的最高榮譽；另一方面，簡禎富教授榮獲教育部產學合作研究獎等學術殊榮的高度肯定，參與之研究生已連續多年得到相關學會論文比賽之優等獎與佳作等獎勵亦是明證之一。

2000 年起我們開始進行力行廠區的知識管理專案，除了系統建構外，在知識內容管理問題探討中，發現公司的訓練教材和製程知識大都散落在各個資深人員手中，且沒有一致的格式，無法具體累積成為公司的資產，發揮更大效益。另一方面，觀察坊間參考書籍，也發現在工程技術上，半導體相關書籍材料難易不一，且未針對新進半導體製造領域人員所需。其他行業對半導體有興趣的人員以及在校學生，也沒有合適的相關入門參考書籍，而半導體製造管理方面的書籍更幾乎付之闕如。因此除了成功地推動旺宏電子力行廠區的知識管理工作外，更激發大家編纂一本結合旺宏電子和清華大學在半導體工程與製造管理經驗的基本參考書—「半導體製造管理與技術」的願景。在旺宏電子十餘位相關領域的資深同仁與清華大學「決策分析研究室」的團隊合作，利用公餘時間，經過二年多的共同努力，我們終於完成本書，並由清華大學出版社出版。清華大學出版社對於出版的書籍有比一般商業出版社更高的學術標準，能夠由此出版亦是對本研究團隊同仁努力的肯定。本書共約七百餘頁，主要讀者包括半導體、TFT-LCD 等相關高科技產業的新進人員，以及對高科技產業有興趣的學生和社會人士。

本書的出版是標誌旺宏電子與清華大學產學合作研究的里程碑，清華大學一向以卓越的學術理論研究而蜚聲國內外，我們感謝學校支持和孕育本團隊結合理論與實務的理想，讓我們可以走不一樣的路，並從最困難的產業實證中檢驗導向更深一層的基礎理論研究，如今終於陸續開花結果；也感謝旺宏電子高階主管支持本書的撰寫，以及國科會和旺宏電子贊助相關計畫之研究經費。因此，所有作者同意將版稅收入悉數捐給「旺宏電子文教基金會」，以從事公益文教活動。本書內容涵蓋技術與管理包羅萬象，除了感謝作者們不計酬勞不畏艱辛的付出外，也藉這個機會特別感謝王興仁、曾俊仁、曾繁斌、吳佳虹等及清華大學「決策分析研究室」同學們不辭辛勞的執行校稿與調整統一格式等繁瑣工作，還有清華大學出版社周懷樸社長的督促勉勵與陳文芳先生的任勞任怨，才能順利將本書付梓。高科技產業是十倍速進步中的產業，本書疏漏之處在所難免，謹在此期盼諸位先進，不吝指教，廣為建言，以為我國在高科技產業的競爭優勢貢獻心力。

簡禎富 施義成 林振銘 陳瑞坤
謹識 2005.3.21

Introduction

Since 1998, there have been a number of successful collaborative research projects between Macronix and National Tsing Hua University conducted by Professor Chen-Fu Chien and his associates. The MXIC-NTHU project team has developed a win-win industry-university cooperation mechanism and generated many achievements including three invention patents. In particular, most of the project outcomes are further developed by Macronix employee and successfully implemented on line. Two of them, “Maximizing Gross Die Yield” and “Wafer Bin Map Data Mining and WBM Clustering & Classification System”, were even awarded Macronix Operation Contribution Awards. In addition, Professor Chen-Fu Chien and his graduate students have also received many awards, including Distinguished Industrial Collaboration Award from the Ministry of Education, owing to their academic achievements for integrating academic theories with empirical problem solving validated via Macronix sponsored projects.

Indeed, high-tech industry is experiencing fundamental changes, especially in the Asian Pacific region where is emerging as a new factory of the world. New technologies and business models have had profound effect on practices of high-tech industries, yet the managerial research fall far behind the needs in real settings. Rather than following the linear path developed by the western scholars based on their industry demands, the academics in developing countries including Taiwan should have devoted themselves to study national or regional issues and then generalize them into conceptual models and theories, which will contribute more fundamentally

to both industrial and academic fields in their countries and the rest of the world. The MXIC-NTHU project team has foreseen this need and dealt with the involved problems boldly with persistent efforts.

Since 2000, the authors including senior managers and engineers from Macronix and the research team of Professor Chien's Decision Analysis Laboratory initiated this joint mission with collaborative efforts to write this book to foster knowledge management within Macronix as well as semiconductor industry. Therefore, this book is intended to address fundamental knowledge of semiconductor technology and the manufacturing management insights for those who are beginners in this field as a basis for further study. Most of the case studies and the illustrations are from Macronix or based on the research projects sponsored by Macronix and National Science Council, Taiwan. The authors have all agreed to donate all the royalties from this book to the non-profit organization, Macronix Foundation, for charities.

Chen-Fu Chien, Yih-Cheng Shih
Cheng-Ming Lin, Jacky Chen

作者簡介

簡禎富

現為國立清華大學工業工程與工程管理學系教授、科技管理所合聘教授。1990年國立清華大學工業工程與電機工程雙學位畢業（斐陶斐榮譽會員），1994年於美國威斯康辛大學麥迪遜分校取得工業工程碩士，1996年取得決策科學與作業研究博士。現並擔任台灣積體電路股份有限公司及工業技術研究院半導體設備組顧問，以及國科會工業工程與管理學門規劃委員。除了國科會等單位學術研究計畫外，曾執行旺宏、台積電、力晶、悠立、光寶、廣輝等高科技公司產學合作研究計畫，並因而榮獲清華大學新進人員研究獎、國科會甲等研究獎、教育部產學合作研究獎、中國工業工程學會優秀青年工業工程師獎、工業工程論文獎、中國工程師學會工程論文獎等學術獎勵，以及加州大學柏克萊分校工業工程與作業研究系訪問教授（傅爾布萊特基金會獎助）、劍橋大學製造所訪問教授（皇家學會獎助）、北京清華大學工業工程系客座教授（中華發展基金會獎助）、早稻田大學資訊、生產與系統研究院訪問教授（日本交流協會協助）、天津大學管理科學與工程兼職教授等學術榮譽，發表超過40篇學術期刊論文於 *IEEE Trans. on Semiconductor Manufacturing*, *IEEE Trans. on Power Systems*, *IEEE Trans. on Power Delivery*, *Int. Trans. in OR*, *J. of MCDA*, *Computers & IE*, *Int. J of CIM*, *Int. J of Production Economics*, *Int. J of Production Research*, *R&D Management*，工業工程學刊、資訊管理學報、科技管理學刊、系統與管理、捷運技術等國內外期刊，著有「決策分析」等教科書，並獲得三項國內外半導體製造發明專利，及多項專利審查中。研究領域包括決策分析、半導體製造模式與分析、資料挖礦與統計決策、決策支援系統等。

施義成

現任台灣積體電路股份有限公司資深處長，曾任旺宏電子資深協理。1976 年國立清華大學材料工程學系畢業後，於美國加州大學柏克萊材料工程學系繼續深造，1982 年取得碩士學位；1985 年取得博士學位。2001 年 3 月榮獲國立清華大學第二屆工學院傑出系友；並於同年 12 月榮膺第十九屆國家傑出經理人（生產經理類）。曾發表國際性技術文章三十餘篇，並擁有四個專利；專注於材料微結構、半導體 IC 製程、離子佈值、化學氣相沉積、Ohmic / Schottky Contacts、Rapid Thermal Process、黃光微影、蝕刻、工廠管理與品質管理等領域。

林振銘

現任旺宏電子協理。1985 年台灣大學電機研究所碩士，1988 年美國壬色列理工學院（Rensselaer Polytechnic Institute）電機博士。1989 年加入英特爾半導體公司（INTEL），從事 FLASH 及 Microprocessor 等製程研發工作。1995 年加入旺宏電子股份有限公司服務迄今，負責晶圓製造及工程等相關業務。

陳瑞坤

現任旺宏電子晶圓二廠副廠長。清華大學物理系，台灣大學商學研究所畢業，自 1987 年進入半導體製造業至今，曾經歷黃光，蝕刻部門經理，擔任第一線製程改進及設備維護工作，並參與先進黃光製程技術之開發，目前從事晶圓廠製造生產管理。

何濂澤

1992 年畢業於交通大學電子研究所，研究所期間主要研究方向為元件中熱載子效應（Hot Carrier Effect）改善方式，1994 年加入旺宏電子公司從事製程整合相關業務至今，現任旺宏電子晶圓二廠產品工程二部部經理，主要專長為快閃記憶體（Flash）相關製程整合與良率提昇。

陳威銘

1993 年畢業於中央大學化學工程研究所，1995 進入半導體從事薄膜製程，1999 年加入旺宏電子公司從事製程整合良率提昇及缺陷改善，目前負責罩幕式記憶體（MROM）相關製程整合與良率提昇。

陳士弘

前任旺宏電子前瞻技術實驗室專案經理。1995 年畢業於交通大學電子物理研究所，1997 年加入旺宏電子公司。曾經歷 SRAM / FLASH 製程整合昇及邏輯製程開發等工作。

陳啟宗

現任旺宏電子晶圓一廠黃光製造工程部部长經理。清華大學材料科學研究所畢業，1994 年進入旺宏電子服務迄今，專責於步進式對準機製程改善及黃光相關業務之管理。

周宗賢

現任旺宏電子晶圓二廠黃光製造工程部製程經理。中山大學化學研究所畢業，主修有機熱裂解化學，1996 年進入旺宏電子服務迄今，負責黃光製造工程之製程相關業務，專責於塗佈機製程改善及光阻液，化學品之評估與應用。

蔡居光

1991 年畢業於清華大學物理系。1992 年加入旺宏電子從事蝕刻製程之開發與設備改良的工作，在此領域工作年資達 9 年餘。目前任職於旺宏電子製程移轉處任專案部經理。

練文政

現任旺宏電子晶圓二廠薄膜工程部部經理，交通大學材料科學與工程研究所畢業，1995 年進入旺宏電子公司擔任製程工程師迄今，專長薄膜製造技術，金屬化製程，平坦化製程技術等。

王明信

是國立清華大學材料工程碩士，現為旺宏電子晶圓一廠擴散工程部部經理。

曾參與旺宏晶圓一廠及二廠之建廠工作，專長爐管製程與設備。2000 及 2001 年獲邀擔任經濟部工業局主辦之半導體基礎人才培訓積體電路製程技術班講師。

黃良田

現任旺宏電子晶圓二廠製擴散工程部專案經理。國立清華大學物理系學士，1994 年國立清華大學材料科學與工業研究所碩士班畢業，於 1997 年加入旺宏電子先進模組 CMP 製程開發，2000 年轉任旺宏二廠擴散工程部工程師，負責 CMP 及 Clean 製程維復及改善工作。

黃廣智

1989 年畢業於中央大學統計研究所，主要研究的內容為實驗設計（Experimental Design）在工業統計上的應用。1991 年加入旺宏電子品質可靠部，從事品質保證以及製程可靠性監測之工作，專長為統計製程管制與品質系統之建立。

黃銘峰

現任旺宏電子股份有限公司力行廠區廠務處專案經理。淡江大學機械工程系畢業，目前在職進修交通大學工學院安全防災碩士學程。1996 年進入旺宏電子公司，擔任力行晶圓二廠建廠小組負責潔淨室規劃監造施工，並接手空調潔淨室運轉達三年，再轉專案經理負責廠務處工安、環保、品質、風險改善迄今。

曾俊仁

現任旺宏電子銷售資訊整合部經理。台灣科技大學（台灣工業技術學院）機械系控制組畢業。1995 年進入旺宏電子公司迄今，曾擔任晶圓廠自動化系統整合工作，專長專案及資訊軟體應用整合。

王興仁

現任欣詮科技股份有限公司處長，前任旺宏電子晶圓二廠專案部經理。東海大學化學工程系畢業，清華大學工業工程與工程管理所碩士。1991 年進入旺宏電子公司，擔任晶圓廠第一線生產管理工作迄今，專長生產線管理、晶圓製造生產管理、排程派工。

陳英仁

現任旺宏電子應用整合發展部專案副部經理。清華大學工業工程學士、清華大學工業工程所碩士，1996年進入旺宏電子公司，任職晶圓一廠製造整合工作，興趣專長生產排程派工，系統模擬。

洪明欣

現任欣詮科技生產客服部經理，前任旺宏電子晶圓二廠製造部整合課經理。交通大學工業工程研究所畢業。1996年進入旺宏電子公司，擔任晶圓廠製造整合工作至今，專長生產管理、模擬製造、排程派工。

邱泉樺

現任旺宏電子晶圓二廠製造部經理。中興大學機械工程學系，清華大學工業工程與工程管理所碩士畢業。1993年進入旺宏電子公司，擔任晶圓廠第一線生產管理工作迄今，專長生產線管理、晶圓製造生產管理、製造品質。

李培瑞

現服務於工業技術研究院電腦與通訊工業研究所，清華大學工業工程與工程管理所碩士。主要研究領域包括資料挖礦、統計決策、與決策分析等。

蕭禮明

現服務於工業技術研究院機械工業研究所，清華大學工業工程與工程管理所碩士。主要研究領域包括資料挖礦、決策支援系統、半導體製造模式與分析等。

郭仲仁

現任台積電製造技術中心專案經理。是國立清華大學工業工程學士，國立清華大學工業工程與工程管理碩士。現任職旺宏電子後端作業中心系統與工業工程部經理，並在職進修國立清華大學工業工程與工程管理所博士班中。研究領域包括績效衡量、知識管理、系統工程、企業與製造電子化等。

葉淑芬

1997 年畢業於清華大學材料與科學研究所，同年加入旺宏電子公司從事半導體製程相關工作至今，主要專長為擴散製程與半導體製程相關的教育訓練工作與知識管理推廣。

曾繁斌

現服務於奇美通訊股份有限公司。清華大學工業工程與工程管理所碩士。主要研究領域包括生產排程、決策分析與服務系統等。