

積體電路發明60週年

波瀾壯闊的 台灣半導體產業

工研院產業趨勢與經濟研究中心（IEK）統計，2017年台灣半導體產業鏈產值達新台幣2.46兆，全球排名第三，在專業晶圓代工製造領域更長期獨占鰲頭。這些傲人的成果，始於40多年前，由政府與工研院共同推動的「積體電路計畫」，不僅將積體電路技術引進台灣，也翻轉了台灣的產業經濟結構。

撰文／龔招健



工研院超大型積體電路（VLSI）廠房，於1987年公開招標租予台積電，是台積電發展最初的起點。



HISTORY

1974

潘文淵博士在美國積極規劃積體電路技術，並召集當時美國IC界有名的華人專家成立「電子技術諮詢委員會」，由潘文淵擔任主任委員，以做為台灣技術、工業發展上的諮詢機構。前排左起凌宏璋、葛文勳、趙曾旺、羅念、胡定華，後排左起厲鼎毅、史欽泰、李天培、楊丁元、潘文淵。



HISTORY

1976

工研院派員赴美國RCA訓練。與RCA公關主任合影，左起曹興誠、倪其良、曾繁城、戴寶通、劉英達、陳碧濤、史欽泰。

2018年是積體電路（Integrated Circuit；IC）發明60週年，走過一甲子，IC驅動了世界快速演進，包括電腦、通訊、家電、汽車等3C產品都少不了它。隨著積體電路產業不斷製造出更強、更快、更小的晶片，它實現了無處不在的運算，在可預見的未來，汽車自動駕駛不再只是科幻想像，而智慧家庭、智慧廠辦、智慧交通、智慧城市的夢想實現不再遙不可及。

積體電路產業引領科技不斷創新，台灣身為半導體設計與製造的重鎮，不僅上、中、下游產業鏈整合完整，更首創專業分工模式，打造出晶圓、IC封測代工業，以打群架、技術領先的模式，帶動全世界積體電路產業蓬勃發展。

一場始於豆漿店的產業革命

而如此輝煌的成績，則要從44年前一場豆漿店的早餐會報開始說起。

時光回到1974年，當時台灣以勞力密集的輕工業、加工出口業為主，面臨產業已發展成熟，且第三世界國家崛起，擁有大量低廉勞力，台灣面臨尋找下一世代接棒產業的轉捩點。

2月，在台北市南陽街小欣欣豆漿店中，聚集了當時台灣政治財經界重量級人物，包括行政院秘書

長費驊、經濟部長孫運璿、電信總局局長方賢齊、交通部長高玉樹、工研院院長王兆振、電信研究所所長康寶煌，以及力主台灣發展積體電路產業的美國無線電公司（Radio Corporation of America；RCA）研究室主任潘文淵。

他們一邊吃早餐一邊進行早餐會報，在討論之中決定以積體電路技術作為產業發展藍圖，勾勒出台灣未來轉型高科技產業的願景，並決定以最有效率的方式自美國尋求合作夥伴，引進積體電路研發、製造、封測等技術，以爭取時效。

政府主導 自美國引進積體電路技術

1974年7月，潘文淵專程回台，在圓山飯店閉關一週撰寫「積體電路計畫草案」，寫完後於第一時間送達經濟部，孫運璿隨即召開專案會議，並在8月17日正式核定該計畫。

隨後潘文淵在美國召集海外學人組成電子技術顧問委員會（Technical Advisory Committee；TAC），並遴選RCA公司作為技術轉移的合作夥伴，選定引進積體電路中的「互補式金屬氧化物半導體」（Complementary Metal-Oxide-Semiconductor；CMOS）技術，同時在工研院成立電子工業研究發展中心（後擴大為電子工業研究

所），作為發展「積體電路計畫」的執行單位。

工研院看好當時民生消費及通訊等產品在未來的發展趨勢，選定以電子錶作為驗證技術成果的載具，「但我們所有投入的專家、學者、人才、主政者都不只是將這個計畫當作科專計畫，做出電子錶就結案，而是一開始就規劃完完整整地將積體電路技術引進，讓台灣日後能擁有自主研發與生產的能力！」當時擔任計畫主持人、工研院電子工業研究發展中心主任的胡定華，一語道出所有加入計畫的參與者，積極投入擘畫未來遠景的雄心壯志，希望打造以積體電路為基礎的資訊電子產業，燃亮台灣產業的革命之火。

RCA技轉計畫 培訓台灣半導體人才

計畫擬定後，團隊即刻開始招兵買馬，當時在美國普林斯頓大學攻讀博士畢業的史欽泰、楊丁元、章青駒等人，放棄在美國工作的機會，回國加入工研院，投身積體電路計畫的引進，並分成設計、製造、測試、設備4組，由他們擔任赴美國RCA公司取經團的領隊。

1976年4月，經過招募培訓的19人團隊，懷著興奮、緊張，以及期待的心情，出發前往美國。當年那群30歲上下的年輕小夥子，不負所望地將積體電路技術成功帶回台灣，如今，他們皆成為台灣電

子科技業中重量級人物，各自擁有一片天，持續為台灣經濟打拚。

現任台積電副董事長的曾繁城，為當初第一批赴美的19人團隊之一，他回憶道，「當時我們很都年輕，懷抱著無比的熱情，想要把台灣的積體電路技術做起來。」史欽泰亦相當肯定RCA技轉計畫的成果，他表示，「RCA技轉計畫為台灣建立自行研發技術的信心。」有別於過往台灣產業以製造加工業為主，RCA計畫的成功，讓社會及國人發現，台灣有能力自行研發技術，進而堅定轉往高科技產業發展的目標。

催生聯電與台積電 晶圓代工獨步全球

1977年10月，工研院打造的全台灣首座積體電路示範工廠正式落成啟用，當初赴美受訓的人才返國投入生產研發。示範工廠採用7.5微米製程，產品良率在營運的第6個月已經高達7成，遠高於技術轉移母廠RCA公司的5成，技術成效超乎預期，甚至讓台灣躍升成為全球第三大電子錶輸出國。

由於示範工廠營運成效良好，為將技術落實產業化，決定在1980年以衍生公司的方式，設立台灣第一間半導體製造公司聯華電子，並移轉4吋晶圓技術以及研發團隊，轉任聯電研發製造，其中包括後來擔任聯電董事長的曹興誠。

「積體電路計畫」10年後，美、日、韓均已看出積體電路對國家發展的影響重大，無不積極投入，國際間興起技術保護主義，讓台灣很難再自海外技轉。1984年工研院接下「超大型積體電路（VLSI）計畫」，自行投入研發，隔年即邀來曾任美商德州儀器全球副總裁的張忠謀，擔任工研院院長。台灣第一座6吋積體電路實驗工廠於1986年正式完工，為發揮實驗工廠的經濟效益，在張忠謀的建議與當時政務委員李國鼎的支持下，1987年衍生成立台灣積體電路製造公司，將VLSI計畫的設備與人才移轉給台積電，並首創專業晶圓代工模式，充分發揮台灣在製造方面的優勢。



HISTORY

1978

工研院第一批商用IC出貨，開啟台灣製造積體電路產品的發展。此為使用工研院積體電路示範工廠所製造IC的電子錶。



HISTORY

1984

工研院超大型積體電路實驗工廠開工典禮。圖左至右為章青駒、史欽泰、潘文淵、胡定華、曾繁城。

台積電很快發展成為全球舉足輕重的晶圓代工廠，並大幅改變產業生態，逐步走向垂直分工模式。有別於早期半導體公司以IDM廠居多，自行包辦從IC設計到產品製造的所有程序，晶圓代工模式成功後，設計公司只要專注做好產品設計，再委託代工量產即可，不必投資設立花費甚鉅的晶圓廠。

1990年代開始，台灣半導體產業鏈逐漸完備，在各領域的代表性公司除台積電、聯電之外，還包括日月光控股（合併矽品）、聯發科、群聯、穩懋、旺宏、華亞科、南亞科等，攜手為台灣締造出傲人的兆元產值。

此外，隨著個人電腦快速成長，負責資料處理及運算的「動態隨機存取記憶體」（DRAM）需求大增，政府因此在1990年委託工研院執行「次微米計畫」，延攬當時在美國貝爾實驗室任職的盧志遠，擔任計畫主持人，負責研發DRAM製造技術，以4年半的時間發展出8吋晶圓0.5微米的製程技術，讓台灣躋身世界半導體技術的領先群。

垂直分工特色 展望下一波發展

台灣發展積體電路技術以來，垂直分工與產業群聚的特色，使得台灣擁有彈性高、速度快、客製化服務、低成本的特色，且以晶圓代工為主的模式與全球半導體產業結構不同，這也是台灣半導

體產業獨有的競爭優勢。2017年台灣半導體產業鏈的產值結構中，晶圓代工占49%、IC設計產業占25.1%、IC封裝測試產業占19.4%、記憶體產業占6.5%，總產值達810億美元，僅次於美國、韓國，全球排名第三。其中台灣又以晶圓代工領域的市占率最高，全球排名第一，占7成以上，產值達397億美元，成就傲人。

目前半導體製程已進入5奈米的競賽，除了持續追求製程微縮之外，亦同步往高度異質整合晶片發展。新材料的探索也已展開，如量子運算所需的超導體、奈米碳材等材料，藉此突破現今矽材料的極限。

工研院IEK研究經理彭茂榮認為，在智慧物聯網趨勢的帶動下，台灣半導體產業在以下領域較有發展機會：人工智慧、5G無線通訊、物聯網、工業4.0／智慧機械、車聯網／自駕車、擴增／虛擬實境（AR／VR）、高效能運算晶片（HPC）、軟體及網路服務。其中，智慧物聯（AIoT）應用多元，製程上不需使用到最尖端前瞻的技術，可能只要90奈米，甚至微奈米等級就可以拓展新應用，成本與門檻不若其他應用高，將刺激台灣小型IC設計公司崛起，以創新應用服務取勝，驅動產業多元化發展，創造新一波榮景。

他表示，台灣半導體產業猶如國家經濟象徵，隨著資訊電腦、智慧手機與連網裝置市場起飛，帶動產業蓬勃發展，未來除將持續耕耘既有3C電子市場之外，在政府「5+2產業創新計畫」，及智慧物聯的創新應用帶動下，預計到2025年，台灣半導體產值可達到4兆元新台幣的里程碑。

展望未來，台灣已具備科技矽島的基礎優勢，而亞洲是未來全球最重要的市場，台灣地處關鍵位置，應槓桿既有半導體的優勢，進一步打造滿足以人為本的需求，發展具有文化底蘊的科技應用「創新生態島」，在智慧物聯的時代下，科技會更貼近人們的生活型態和消費者需求，並作為創新的示範場域，達到讓人才聚集、產業群聚、資金多元、不斷創新的願景。■