

技術強國的真面目



日本廣播協會編

寰宇透視 4

技術強國的眞面目

日本廣播協會 編

寰宇透視 4

技術強國的眞面目

- 作 者：日本廣播協會
譯 者：日本廣播協會
發 行 者：俞濟群
出 版 者：寰宇出版有限公司
地 址：台北市長順街99巷16弄9號
電 話：(02)306-3488
劃 撥 帳 號：第1146743—9號
登記證局版台業字第3917號
台灣總經銷：聯經出版事業股份有限公司
地 址：台北市忠孝東路4段561號7樓
香港總經銷：樹人書屋
地 址：香港灣仔船街2號地下
承 印 者：永望文化事業有限公司
地 址：台北市師大路170號三樓之3
電 話：(02)3960350 • 3213627
購 書 專 線：624-5518
定 價：180元
中華民國七十七年元月初版

前言

我們並不想在本書中顯示日本的强大，而是想從時空的角度來描述日本實力的現況，通俗而易懂地向人們展示所存在的問題。

爲什麼要以「技術力量」爲題目呢？那是因爲「尖端科技」、「技術立國」等口號最近在報紙、電視上已被廣泛使用。在我們的週遭和外人無緣的情報逐漸增多，若不加理解，就會落伍。在分工細緻的今天，即使是從事技術工作的人，也往往對其它領域的問題一無所知。

拿新材料來說，就有陶瓷、無定型晶體、稀有金屬、稀土金屬，碳纖維及光纖等衆多的種類，弄得人糊里糊塗。

以IBM事件爲代表的計算機領域的競爭中，就到處可見積體電路、大型積體電路、專用計算機、微型計算機等名詞，使人難解其意。

不少人買了擺在書店裏的各種技術書籍，但不知爲什麼，能簡單明了地回答一般人問題的書却很少。

難道不能在使我們這些外行人也能了解的標準上，闡明現代產業技術中存在的問題嗎？難道不能將日本缺乏資源或不靠技術力量就無法維持國民生計的問題展現在大家面前嗎？

我們開始走訪各領域的研究人員及企業家，請他們爲我們講解。對每次技術的結構、發明或開發的步驟，日本方面的特點我們都要一一查明。耐心地花時間爲我們解說的專家們，我們在此深表敬意。

就這樣，我們採訪了各個產量和品質都領先於世界的日本產業。採訪中最費心的就是各企業生產秘密的壁壘。在解說會上，能明快詳盡地向我們講解說明的企業領導人士，一到攝影時就遲遲不予同意。在拍攝製造技術時，拍整個房間，會被外人看出生產規模，拍設備的配置又怕被外人學走，甚至不能拍出設備的尺寸等種種限制都加諸我們身上。

在日本，各企業產品的基本生產方法，都是在細微處下功夫，極力的提高效率，努力減少失敗。乍看上去不起眼之處，很可能就是關鍵所在。據說，稍爲改變一下攝影的角度，關鍵點就會暴露給競爭對手。在攝影機發達的今天，對錄像進行多次分析，就能得到相當多的技術情報。

日本的工業技術大多源自歐美。二次大戰後，以美國爲中心的許多企業，提供了大量的支撐今天日本的基礎技術。但是，現在再要求美國轉讓技術，却很困難。有關此事，在本書各章中，將有詳盡的分析。

本書的基本目的之一，在於通俗易懂地介紹技術世界，展示日本所特有的、深刻的問題。

須江誠

目錄

第一章	半導體戰爭的主角——64K的真面目	一
第二章	國際競爭是怎樣發生的	一一
第三章	日本強大的秘密	三五
第四章	美日技術走過的道路	六九
第五章	「輕薄短小」與半導體	九七
第六章	拆開日本汽車，看看它的優點何在？	一一三
第七章	誰是世界的鋼鐵巨人	一二五
第八章	汽車工業的支柱是甚麼	一五一
第九章	先鋒的宿命	一七三
第十章	機器人戰爭的現況	一九七

第十一章 獨創成了王牌

二二一

第十二章 碳纖維與日本人的獨創性

二三五

第十三章 競爭最激烈的商品——光纖

二五五

第十四章 培育獨創技術的土壤

二八三

第一章 半導體戰爭的主角——64K的真面目

積體電路

64K·DRAM 對具有電子學知識的人來說都比較熟悉，而對外行人來說，却如咒文般的陌生。就是圍繞著這種電子元件，以日美為中心的先進國家進行著你死我活的技術競爭。它的真面目到底是甚麼？為甚麼會成為象徵一國技術水準的產品？在探討日本技術發展的秘密時，我們首先要對這 64K·DRAM 進行一次徹底的解剖。

總稱為半導體，而同時又是現代尖端科技代表的積體電路，乍看起來既無趣又無味。

曾一時扮演過電子工業主角的真空管，看上去很精細，出現於它之後的電晶體，也多少具有一副可愛的樣子。然而，積體電路却像一條蜈蚣，從那不具表情的軀體中伸出了十幾隻乃至幾十隻腳，其姿態毫無動人之處。它怎樣工作，它裏面又佈有甚麼樣的迷宮，一眼望去看不出所以然，它真不愧為一個黑盒子（Blackbox）。想弄清它的真面目，必須打開這個黑色長方形軀體，暴露出它的核心。

但這個解剖作業却並不容易。隨著積體電路種類不同，它們的軀體有的是在陶瓷的基片上

焊上金屬蓋而成，而大多數則由黑色合成樹脂製成。由於它負有防護使命，因此通常極其堅固。說起解剖的方法，還有幾段有趣的插曲，我們留到後面再講。現在我們先假設用一種強酸，使堅固的外殼開了個孔。在黑外殼的中間部分，就會露出一塊很小的金屬色薄片，這就是積體電路的晶片，它給人的印象比那無情的黑蜈蚣要精細得多。

如果聚目注視，可隱約看到密集在這數平方毫米表面上的紋路。這時，即使是外行人，也能理解製造這樣的東西需要很尖端的技術。但是，僅從外觀是無法看出它的功能與作用的。

爲甚麼這樣的東西會被稱爲「產業之糧」？不僅是「糧」，甚至有人稱它是「產業之水」——糧沒了還有其它吃的，而水沒有了，則束手無策。積體電路被產業界視爲如此重要的原因何在？其秘密又在何處？

用在哪處

爲了瞭解積體電路的「生態」，我們不妨對一些常見的家用電器作個剖析。

先來看一下袖珍電腦的內部。在今天，誰也不會因看見一個小如名片，或裝附在電子手錶上的電腦而感到驚訝。但是，僅僅在十幾年前電腦剛出現時，它曾是一人無法搬動的龐然大物。

使電腦奇跡般變小的正是積體電路。裝在電腦內部的積體電路，除了使它的外形更顯得特別外，內部的電子線路並不特別。除電腦外，積體電路幾乎使所有的電子產品都小型化了。使用眞

空管製造的世界上第一臺電腦「ENIAC」，重量達三十噸，要佔據將近一百五十平方公尺的一個房間。

今天，一臺比它具有更高性能的電腦，祇需裝在一個積體電路晶片上。這奇跡般的小型化，是積體電路的第一大功勞。

其次看電子鍋，祇要把開關處的蓋子打開，便能看到那條黑蜈蚣。人們在做飯需要恰到火候，而正是這條「黑蜈蚣」代替你調節電流，掌握著火候。在這裏，積體電路起了賦予產品智能的作用。

再看電子縫紉機。近年來的縫紉機，將刺繡的花樣記憶在它的頭腦裏，按一下電鈕，便會自動地繡出多彩的花樣來。當然積體電路不祇用於家電用品，如在福克蘭島戰役中大顯身手的飛魚飛彈，在它的電腦部分，也裝滿了積體電路。它會自動地把雷達對準超出地平線上的目標。並在不斷修正自己飛行方向的同時直襲目標。這樣高度的機能也是由積體電路來完成的。

像這樣，使各式各樣的產品智能化，是積體電路的第二大功勞。

小型化與智慧化

積體電路的作用並不祇限於上述兩點，但我們著重談一下這兩點是怎樣完成的。

讓我們用顯微鏡觀察一下那數平方毫米的晶片。用肉眼就看得出它是很複雜的，但到了顯微

鏡下，它給人的印象更是不同。它縱橫伸展著的無數條極細的線路，在有些地方高度密集，而在另一些地方却相互平行，然後又突然朝著各自的方向分離而去，正如從高空看一個大都市的交通網一般。

閃耀著金屬光澤的小片上，隱藏著的是這樣一個複雜多樣的世界。

而實際上，我們在顯微鏡下看到的，祇不過是用金屬鋁等作成的導線部分，而相當於電晶體、電容器及電阻等元件類的東西，還埋在它們的下面呢。在積體電路發明以前，組裝電子線路時，須把電晶體、電容器及電阻等固定在專用的印刷電路版上，再用導線把它們逐一連接起來。這樣的作業不但煩雜，尤其在電路複雜時更容易出差錯。積體電路將非常小的電晶體、電容器及電阻做在一枚晶片上。在它們之間按設計好的方式作成電路，使電路變得極為精緻。

說起來簡單，可是在製造時，却需要現代最尖端的技術，積體電路所帶來的技術變革，足以稱為一大革命。因此不難理解，所有使用電子線路的產品都奇跡般地變小了。

如果再進一步細緻地解釋，那就是在小晶片裏，透過微電流的流動、停止、一時被儲存、一時又改變它的方向等，做各式各樣的運動來完成計算及儲存的工作。正是透過這些工作使電子鍋、電子縫紉機乃至導向飛彈具有了智能。

積體電路化，不但會給人們帶來上述的一些好處，由於各種產品的小型化及大量生產的可能性，也使價格奇跡般地降低了。不只是積體電路本身價廉了，比如說當產品的體積減少一半時，

造它所需的塑料、銅線、螺釘等也都減少了，這就使產品大幅降價成為可能。

積體電路帶來的另一個好處是減少了故障的發生。

電氣產品發生故障多是由於焊點接觸不良所致。如果將五萬、十萬支真空管、電容器及電阻等用電烙鐵接成電路，要避免發生差錯就不容易。加之，由各個元件的老舊所產生的故障，像家用錄放影機、個人電腦等稍複雜一些的產品，很容易故障百出而無法使用。由於採用了積體電路，才使這類產品普及到一般家庭中。

積體電路還使許多無法實現的產品製造過程成為可能，它的作用在這個意義上，是無法比較的。

那麼，我們說把各種元件組裝在一個晶片上，它們的數目有多少呢？

這個問題如果祇通過顯微鏡的觀察是找不到答案的。積體電路一詞，包括無數的種類及多樣的型號。它的分類名稱外人聽來好似咒文。組裝在第一代積體電路裏面的，祇有兩個電晶體，六個電阻及兩個電容器共十個元件。但是此後，集成度——是衡量一個晶片上組裝元件個數的尺度——以驚人的速度成長著。

隨著積體電路（IC）、大型積體電路（LSI）及超大型積體電路（VLSI）等不同積體電路的出現，集成度急劇的增高。在進入實用階段的產品中，又以 64K · DRAM 的集成度為最高。關於積體電路的一系列知識，我們讓給其它書來講。在這裏，我們祇對 64K · RAM

進行一個較深入的研究。

64K動態隨機存取儲存器

在上面，我們含糊地借用了半導體、積體電路等名詞，現在我們將這些名詞作一個整理。

我們知道導電性介於「導體」與「絕緣體」之間的物質稱爲「半導體」。也可以把半導體看作是能透過某種方式對其內部電流的停止及流動加以控制的物質。

所謂積體電路指的是電晶體、電容器及電阻及連接它們的導線等，作爲一個元件精巧地組裝爲一體的電路。在發明它之前，電晶體是最有代表性的半導體，電子線路由電晶體和其它元件組合而成。積體電路是將這些麻煩的手續省掉，把預先組合完整的電路製作在一塊矽晶體上的電子元件。所以，半導體可主要分爲電晶體與積體電路兩大類。

IC是Integrated Circuit的縮寫，也是積體電路的總稱。但是，隨著集成度的提高，積體電路出現了按集成度不同的分類。IC以外，有LSI (Large Scale Integrated Circuit) 及VLSI (Very Large Scale Integrated Circuit) 等名稱。因此，IC一方面是積體電路的總稱，另一方面與LSI, VLSI相對來說，是指集成度較低而且較簡單的電路。

在本書中，我們說半導體時，也包括電晶體。積體電路與IC祇在某些細微處有一點區別

，而把LSI, VLSI用以表示比IC集成度更高之意。64K·DRAM是指集成度最高的VLSI的最初一代。

在上述的前提下，我們來解釋64K·DRAM。

RAM是Random Access Memory的縮寫，用於訊息的儲存（或稱記憶）。Random Access（隨機儲存）的意思是，儲存在電路中的訊息，無論被存在那一部份，中間也好，末尾也好，都能隨機取出。並且，這種電路的訊息儲存與消除都很容易。而ROM（Read Only Memory的縮寫）一旦將訊息存入後，便不能再消除了。

RAM前的字母D是Dynamic（動態的）的縮寫，在這裏意謂如不隨時進行更新，存入的訊息將會消失。

S是Static（靜態的）的縮寫，指訊息一存入後不會消失的類型。64K表示電路的集成度。

世界上最初將儲存器作成積體電路是在一九七〇年，由美國的英特爾（Intel）公司完成。它的容量為1K·K（簡稱千位）意即儲存訊息的單位，即有一千〇二十四個單位。1K是一九七〇年時的起點，現在的64K是繼4K、16K之後的新一代。

在64K裏，65,536個儲存記憶單位組裝在一個僅數平方毫米的IC上。

綜上所述，64K·DRAM就是具有 $64 \times 1,024$ 個儲存單位，需時常進行記憶更新，可從

任意位置對訊息進行存取的積體電路。

在 64K·DRAM (以下簡稱 64K) 中也有許多種類，我們取其中最具有代表性的在這裡加以詳細說明。

從黑外殼中取出的，是長六毫米，寬三毫米的長方形晶片。

由於它的集成度太高，用一般的光學顯微鏡已無法看清其表面結構。因為密集在晶片表面的線路及電晶體等所造成的凸凹不平，使它在放大倍數過高後的顯像變得模糊不清。

爲了看清 64K 的表面，必須借助電子顯微鏡。這裡，我們請了具有世界水準的電子顯微鏡廠家之一的日本電子公司，使用最高的技術拍攝下這些表面的照片。

在整個晶片的照片上，能看到的祇是單調的線紋。隨著放大倍數的不斷增加，單調的花紋變得越來越清晰。再用更高的放大倍度觀察，出現在眼前的便是延伸於各個方向同樣的線紋。在一個僅六毫米乘以三毫米的片上，居然印刻著如此細緻的花紋，使初次見到它的人驚嘆不已！

在那上面，最顯眼的縱向條紋，是鉛質導線。線的粗細爲二點五微米，頭髮絲的直徑爲八十微米，可見，在一根頭髮絲內竟可寬裕地佈入十根這樣的導線。

既然已把它放大，下面我們就來看一下它是怎樣進行資料儲存的。這種說明，通常是需參照電路圖的。但爲了使一般人都能理解，我們選用別的方法。

我們採訪組帶著顯微照片，到日本電氣公司多摩川事業所訪問了兩位參加過電路設計工作的

技術工作者。

因為我們知道，不光電路的設計相當複雜，且由於真正的電晶體、電容器藏在導線、絕緣膜的下面，即便是具有相當水準的專家也很難弄清各部份的電路分佈情況。所以我們決定去找參加過設計的人，這是最可靠的方式。

64K 內能記入平假名或英文字母八千個。竟是在那樣微小的一片長方形內！這是爲甚麼呢？他們兩位作了如下介紹。

一般人都知道，在以電腦電路爲代表的電子線路中，數字、文字都是被化爲○與一來處理的。所以，比方說，我們將英文字母的A用○○○一○一○○八位數來表示。儲存這八位○與一的數字，就需要八個儲存單位。也就是說，把蓄了電的當作一，沒有蓄電的當作○，取八個單位，將其中一個位置上蓄電便可以了。其後，祇要根據電荷的有無讀成一或○，便可知是字母A了。任何複雜資料的儲存，作法都相同。這便是積體電路儲存器的內部結構。

那麼看資料被儲存在那裏？在照片中可以看到縱向條紋上有變粗呈正方形的地方，那下面便是儲存電荷的電容器。

這樣，每個晶片上便具有與電容器數目相等的儲存單位。

在64K 的六萬個以上的電容器中，怎樣才能將電荷存入某一特定的位置呢？這祇要將電流從縱橫兩個方向順導線輸入，在它們交叉處的電容內便可蓄上電，留下一個記憶了。通過這樣不

斷地輸入信號，便可在這個微小晶片內的任意位置上存入所需的資料。

放在手指上，一口氣就可以吹落的電路中，佈有縱橫各二百五十六根導線。在它們的交叉處，有二百五十六乘以二百五十六等於六萬五千五百三十六個儲存電荷的場所。它們的每一處，都記憶著○或者一。

電晶體在這裡扮演的是電流通往電容器時的門戶角色。縱向導入電流時，作爲開關的電晶體便會將門戶打開，使電流流入電容器。經過各種電晶體管與電容器的組合，能完成各種複雜的記憶。似乎很神秘的半導體積體電路，也祇不過是通過這種單純的電流的流動與否、或電荷儲存的有無，來完成它的工作的。這便是積體電路的眞面目。

在僅僅六乘六平方毫米中，有多層重疊著的六萬個以上的電晶體和電容器，在它們上面佈滿著長度超過五米的接線，這就是半導體產品中精確度最高的超大規模積體電路——64K·DRAM。64K的重要性不光是取決於它內容的複雜性，在具有無數種類的半導體產品中，64K一項的銷售大約佔了百分之十。

美國出版的一本雜誌，把64K稱作電腦產業的燃料。從這個意義上講，能否製造出64K便成爲衡量一個企業、一個國家技術水準的決定性因素。

人們甚至說，64K是美國發明的半導體技術的尖端，而日本人在這方面已超過了美國。如此高超的技術，日本是怎樣獲得的？他的秘密何在？這是第二章以後的主題。