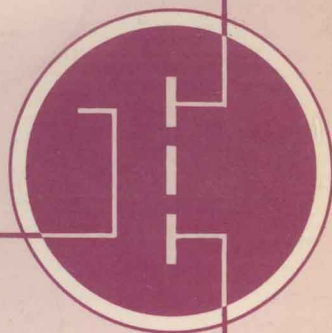
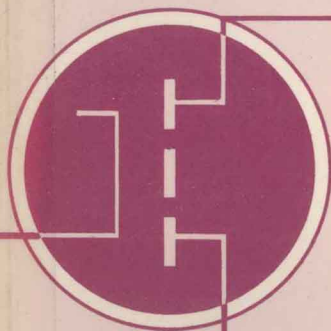


綫性IC和數字IC

麥德林編譯・萬里書店出版



**DIGITAL IC
AND
LINEAR IC**

線 性 IC 和 數 字 IC

麥德林編譯

香 港 萬 里 書 店 出 版

半導體普及叢書

線性 IC 和 數字 IC

麥德林編譯

出版者：萬里書店有限公司

香港北角英皇道 486 號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：金冠印刷有限公司

香港北角英皇道 499 號六樓 B 座

定價：港 幣 八 元

版權所有 * 不准翻印

(一九八〇年五月版)

出版者的話

在近代的電子工業裏，半導體家族出了許多喧赫一時的“名將”，除了鍺質矽質晶體管較爲人所熟知之外，還有光電管（Photo-cell）、隧道二極管（Tunnel Diode）、霍爾產生器（Hall Generator）、磁敏電阻（Magnetoresistor）、壓敏電阻（Varistor）、熱敏電阻（Thermistor）、熱電耦（Thermocouple）、熱電變換體、溫差致冷器、場效應晶體管（FET）、矽受控整流器（SCR）、單觸面晶體管（U.J.T）、集成電路（IC）……等等。這些新面世的半導體，在無線電領域中，各顯神通，以輕巧的體積，代替了龐然大物。由於它們的固有特性，有些“以一頂兩”，有些填補了電子器件的空白點，促進了電子科學向前發展。

許多半導體電子器件目前正以新的姿態出現在人們的面前，由於缺少了這一類中文專著，它們的特性、用途，甚至它們的名字，也不大爲人所了解，這對於無線電技術的推廣實在是一大障礙，這套“半導體普及叢書”就是爲了滿足這方面的需要而出版的。

爲了普及的緣故，書中盡量簡化數式計算，力求以顯

淺通俗的文句說明原理和應用，希望能使讀者融滙貫通。

古今中外都不例外，某些科學成就，並非單靠幾個專家偶然的靈感所能達致的，而是靠無數人的經驗積累和創造，因此，普及科學佔着非常重要的地位。這套叢書的出版如果能夠在普及和推廣半導體知識方面盡一分棉力的話，則是我們最大的願望。

序 言

「集成電路」(Integrated Circuit) 簡稱IC，這個不僅是專家常常談及的名詞，也是一般市民口頭上離不開的名詞。目前不僅製造計算機要應用IC，連電視機、打火機、攝影機和手錶製造方面也應用到IC。既然IC廣泛地滲透每一個工業部門，所以除了專家要熟悉IC之外，一般的技術人員也不能不學習IC的知識。今天已經進入一個不能不瞭解IC的時代了！這是觸發筆者編寫本書的動機。

集成電路依照功能而分，大致分為兩類，就是線性IC和數字IC兩種。本書的內容都是環繞這兩個題材而發揮，把IC製造技術、電路結構、工作原理和一般用途敘述如下，希望讀者能收「學以致用」之效！

麥德林1980年春

寫於香港東南電專

目 次

出版者的話·····	1
序 言·····	3
第 1 章 集成電路的製造技術·····	1
1.1 微電子技術·····	1
1.2 單片集成電路·····	3
1.3 集成電路各種零件的連接和絕緣·····	4
1.4 IC的絕緣技術·····	4
1.4.1 二極管絕緣·····	6
1.4.2 氧化物絕緣·····	7
1.5 IC晶體管的製造·····	8
1.6 IC MOSFET 的製造·····	12
1.7 IC二極管的製造·····	15
1.8 IC擴散電阻的製造·····	16
1.9 IC電容器的製造·····	17
1.10 完整IC的製造·····	19
1.11 IC雙極晶體管與MOS晶體管的比較·····	21
1.12 IC電路的測試·····	23

1.13	IC薄片的分離	26
1.14	IC裝配的方法	27
1.15	薄膜電路和厚膜電路	30
第2章	線性IC	34
2.1	基本晶體管線性放大器	36
2.2	多級放大電路	38
2.3	差動放大器	41
2.4	負回輸	43
2.5	低週放大器	47
2.6	寬頻帶視頻放大器	48
2.7	高週線性IC電路	49
2.8	運算放大器	51
2.9	差動比較放大器	53
2.10	MOSFET線性電路	55
2.11	微波 IC 電路	56
第3章	標準線性IC的實例	59
3.1	運算放大器	60
3.2	差動比較器	60
3.3	高增益差動放大器	63
3.4	寬頻帶視頻放大器	63
3.5	檢知放大器	66
第4章	數字集成電路	67
4.1	數字邏輯電路	67

4.2	二進制	68
4.3	二進制邏輯電路	70
4.3.1	“或”電路	70
4.3.2	“與”電路	71
4.3.3	“非”電路	72
4.3.4	邏輯電路的結合	73
4.4	把晶體管作為二進制器件	75
4.5	反相器	78
4.6	基本晶體管邏輯電路	79
4.6.1	基本“或”門和“或非”門	79
4.6.2	基本“與”門和“與非”門	81
4.6.3	觸發器	81
4.7	MOS 晶體管邏輯電路的應用	83
第5章	數字邏輯IC的特性	89
5.1	邏輯電壓電平	89
5.2	臨界電壓	92
5.3	噪聲容限	92
5.4	工作速度	93
5.5	扇入與扇出	94
5.6	工作溫度	94
5.7	功率消耗	95
5.8	數字邏輯IC的分類	95
5.8.1	直接耦合晶體管邏輯電路(DCTL)	96
5.8.2	電阻晶體管邏輯電路(RTL)	97
5.8.3	二極管晶體管邏輯電路(DTL)	99

5.8.4	晶體管-晶體管邏輯電路 (TTL).....	101
5.8.5	發射極耦合邏輯電路 (ECL)	105
5.8.6	輔助晶體管邏輯電路 (CTL)	105
5.8.7	MOS 邏輯 電 路.....	107
5.9	各種邏輯電路的比較.....	111

第一章 集成電路的製造技術

晶體管的發明，在電子界產生一個重要的改革。於是由「電子管時代」進入「晶體管時代」。電子管被體積細小的晶體管所代替。工程師設計出一些微小體積的電子設備只有很輕微的重量，便於攜帶、價廉，而且只消耗很小的電力。但後來比晶體管有更勝一籌的成就，就是單片集成電路的製造成功，對電子界來說產生更進一步的改革。如果說電子管是第一代電子器件，晶體管是第二代電子器件，而單片IC則是第三代電子器件了。

IC是一個完整的電路，所佔的空間更為細小。在IC之內有二極管、晶體管、電阻和電容器。在本章中，只討論單片IC的製造技術和各種零件的製造方法，因為各零件的製造均是在一塊矽質半導體薄片之中進行的。

1.1 微電子技術

在早期的電子工程學中，曾經不斷致力於減小電子設備的體積。在第二次大戰中更加大大地促進這種發展，因為戰時更需要便於攜帶、運輸的設備。第二次大戰之後，

因晶體管和半導體二極管的進步更大大地促進小型無源元件的發展（無源元件零件是指電阻和電容器）。新型的、細小的無源元件和晶體管的配合，安裝在一塊細小的印刷線路板之上，結果大大地減小了體積和重量，雖然還是散裝零件的結合，這種設計稱為微型安裝(Microassembly)。沿着這條道路前進，更進一步來減低體積，增加零件的密度，稱為微電子技術 (Microelectronics)。

微電子技術和集成電路往往被互相混合在一起，但實際上不大正確。因為集成電路只是微電子技術的一種，而微電子技術是一個總名稱。微電子技術是指一些特別微小的電子零件和電路採用薄膜、厚膜或半導體技術裝製而成。集成電路是微電子技術的一個例子。IC製造之後，可以當作一個不可分離的裝置，如果把它分離，電路就會損壞。

要達到微型化有兩種基本方法，就是單片IC和薄膜或厚膜電路。在單片IC中，所有電路元件，包括有源元件和無源元件都在單塊矽質薄片採用擴散平面技術製成。這些元件採用金屬蒸發技術在各零件之上而把電路連結起來。

薄膜電路或厚膜電路，是利用一塊微小的絕緣基底，在這個基底之上製造各種無源元件，然後採用金屬蒸發技術把各零件聯結成爲一個電路。有源元件通常是分別由另一塊單片IC所製造。薄膜IC和厚膜IC的分別，稍後將會討論。

把幾塊單片IC和薄膜或厚膜電路結合在一起，密封在

一個包裝之中就稱為多片 IC。(Multi chip IC) 或混合 IC (Hybrid IC)。

1.2 單片集成電路 (Monolithic Integrated Circuits)

單片 IC 製造技術，基本上是擴散平面晶體管製造技術的擴展。有源元件（晶體管和二極管）和無源元件（電阻和電容器），都是在一塊矽質薄片組織而成，藉着擴散技術把雜質進入所選定的區域中。在每一塊薄片上，同一電路的圖形重複幾百遍。例如，50 平方密爾 (Mil) 面積的標準 IC 薄片，在一塊 1.5 英寸直徑的矽質薄片之上，就會包含 500 個 IC 電路，而每個電路則包括有 50 個電路零件。參閱圖 1-1。

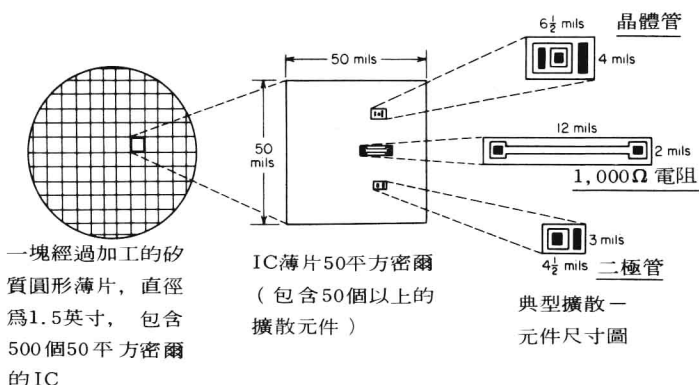


圖 1-1 典型的 IC 圖解

單片IC製造技術的順序圖解可參閱圖 1-2。

利用一些散裝零件製成電路，檢定它的工作特性，然後繪製IC電路排列位置的幾何圖形。通常把這個設計圖形比實物放大500倍（如果一個IC電路的面積為50平方密爾，則繪製圖形的面積為2平方英尺）。經過繪製圖形之後，就要進行一連串有關的繪製，進行的方法可參閱圖 1-2。

最初，矽質薄片直徑約為1.5英寸，12密爾的厚度，首先對表面進行氧化；第二，清除所選擇的氧化物；第三，在窗口進行雜質的擴散。然後根據平面技術，進行晶體管的製造。詳細的內容如下所述。

1.3 集成電路各種零件的連接和絕緣

要想明瞭IC的製造，首先要知道每種零件採用擴散技術的製造方法。例如晶體管、二極管、電阻和電容器，因為各零件均在一塊矽質薄片之上形成，而矽質薄片是導電的，所以要把全部零件孤立起來，令彼此有良好的絕緣，藉以減少各零件之間那些不必要的交連。而需要連接的零件，則採用金屬圖形法在它們的表面之上進行連接。

1.4 IC 的絕緣技術 (Isolation Techniques)

在IC中，把各零件作出電氣上的絕緣有好幾種方法，而最常用的方法則只有兩種：就是二極管絕緣和氧化物絕

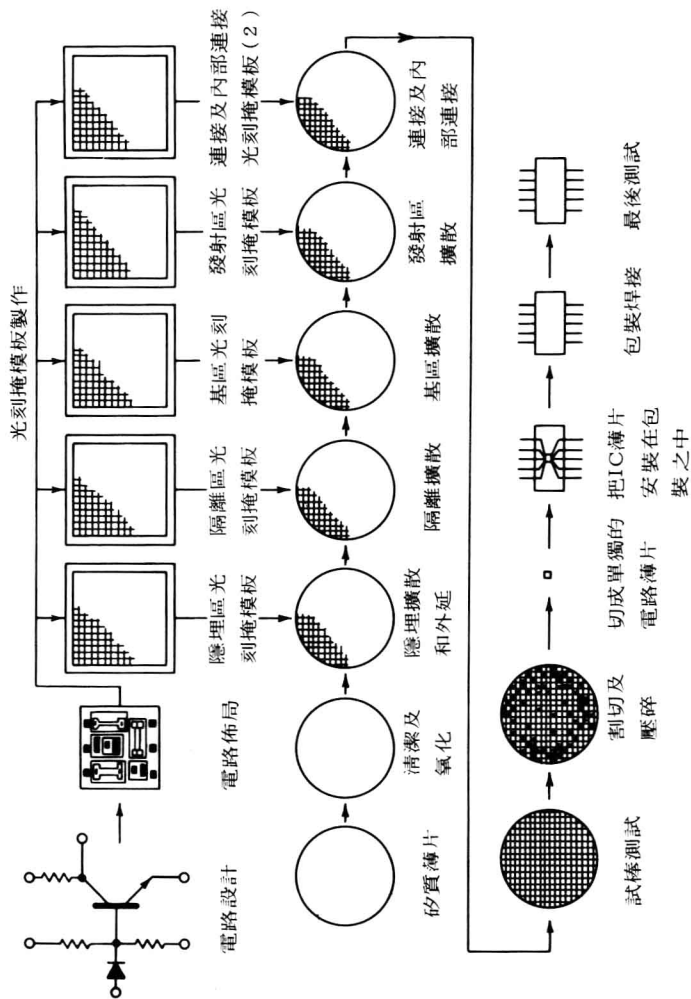


圖1-2 單片IC的製作順序

緣。

1.4.1 二極管絕緣 (Diode Isolation)

二極管絕緣是指每個零件的周圍環繞着一層反向偏壓的PN結。如圖1-3所示，首先是一層N型外延層在矽質P型基底之上生長出來，外延層的表面首先要加以氧化(a)，然後依照設計圖形在所選擇的區域把氧化物清除(b)，把P型材料向窗口的區域中進行擴散，使P型雜質進入外延層

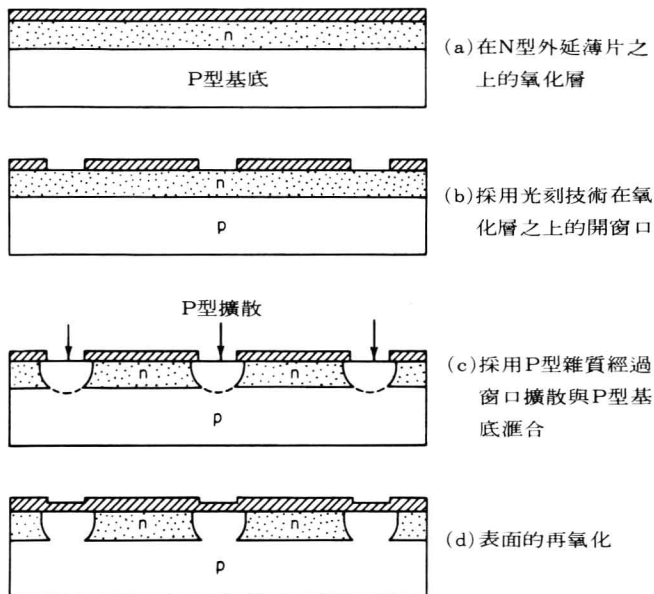


圖1-3 採用P-N結方式的電氣絕緣

與P型的基底滙合(c)，藉此把N型外延層區域孤立起來，這個N型區域與P型基底之間變成一個PN結(d)。當IC在工作時，這個PN結均採用反向偏壓連接，因此P型基底對任何電極均處在負電壓之中，所以每個PN結均出現很高的電阻。而每個孤立的N型外延層均在互相處在絕緣狀態之中。

1.4.2 氧化物絕緣 (Oxide Isolation)

如圖1-4所示，在每個元件的周圍均採用一層二氧化矽把它們孤立起來，使各零件互相絕緣。製造方法如下：

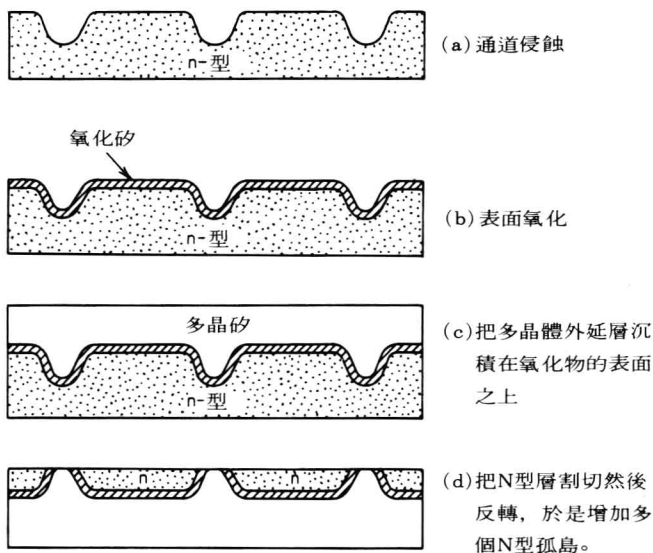


圖1-4 採用氧化矽層的電氣絕緣