

科學圖書大庫

圖解電子學(四)

半導體裝置

譯者 朱堯倫 校閱 王善爲

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

圖解電子學(四)

半導體裝置

譯者 朱堯倫 校閱 王善爲

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧銓 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十四年六月三十日再版

圖解電子學(四)

半 導 體 裝 置

基本定價 1.40

譯者 朱堯倫

校閱 王善爲 中國廣播公司總工程師

(63)局版臺業字第0116號

出版者 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
7815250

發行者 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第15795號

承印者 光達印製廠有限公司

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧鐸氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫，從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有敎無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於為國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分為：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分為譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尚需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當為該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，磨即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

譯 名 依 據

- 一、 電視廣播無線電台工程技術及設備標準規範
交通部五八年四月廿三日交郵 58,04,11109 號令公佈
- 二、 調頻廣播無線電台工程技術及設備標準規範
交通部五七年四月廿四日交郵 57,04,1022 號令公佈
- 三、 電機工程名詞
教育部五一年四月五日台 51 高 4403 號令公佈

譯 序

在過去，要講授某一電路時，把這電路所產生的各種信號同時講授，多少年來這種方法都很令人滿意。可是近幾年來，由於電子技術的突飛猛進，已使這種方法很成問題。新的電路，新的設備，和新的應用，已經引出一種新的情況，就是可用很多種方法，應用或產生同樣一種基本信號。因此，從各種電路或設備中，儘量將信號分門別類，並且從它怎樣載運情報，怎樣與其他信號交互作用等方面加以說明，似乎更為可取。因為這樣，本書第一冊的全部篇幅，都用來介紹電子信號。學者一經瞭解各種電子信號的特性及原理，並且牢記，以這為基礎，便會更加容易解釋各種電路以及全部設備。

本書第二冊的全部篇幅，介紹電子積體的功用，輸入和輸出的關係，以及用積體組成的整體設備和系統。讀者只要閱讀本書第一二冊，便會對全部電子學有清晰的瞭解，和深刻的印象。對於進一步的研習，大有幫助。與電子有關的其他技術工程人員，以及科學技術研究人員，遇到問題時，臨時翻閱，特別省時省力。這種編排方法，很值得技術書籍的編者參考。

本書譯自（ Electronics one-seven ）和圖解電學（ Electricity one-seven ）都由 Harry Mileaf 主編，兩書的編排方法相同，篇幅也很接近。本書原本的編輯和出版，動員了十餘位專家學者，分別完成，所以在每一方面，都別具一格。

圖解電學完稿之日，徐氏基金會函囑續譯本書，並承王善為先生蔡駿康先生審核，張燮篤先生協助，謹致最高的敬意。

譯者 朱堯倫 59.12.28.

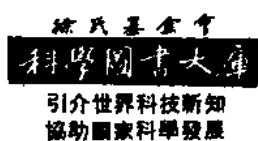
於國立台灣大學醫學院綜合研究館電儀室。

原 序

本書共分七冊，是特別為講授電子學編著的，各冊的層次和組織，都適合研習的程序。每冊都有一定的範圍，可自成一完整內容，也可作為研習以下各冊的基礎。在每一冊中，講授的課題逐步增加，每一課題的處理，都便於為下一課題作準備。每節祇介紹一個個別的課題或概念，每節均有圖說明。這樣處理的結果，講授任何一個課題時，既不是以圖為主，也不是以文為主。而是兩者相互配合。圖不僅是輔助而且是加強本文，所以特別適合於視聽教學。此外，圖上摘錄重點，幫助學者記憶，也便於溫習本文。套色不是為了美觀，而是強調重點，使圖更有意義。

為了講授更合實用，對所有術語均下定義，並隨即介紹，以便學者自行研習。為了講授和研習的方便，每一課題的重要文字，均有顯著的標記。前面各課題的重點，常在後面各課題中重複，以便記憶。每章的末尾，備有摘要和一套適當的複習題，這樣，學者在進行研習本書時，可以自行測定研習的效果。

主編：哈利·米列



發行編號 0407-4

圖解電子學總目

譯序

原序

第一冊	電子信號	1-1 - 1-150
第二冊	電子積體	2-1 - 2-122
第三冊	電子管	3-1 - 3-141
第四冊	半導體裝置	4-1 - 4-118
第五冊	功率供應器與放大器	5-1 - 5-156
第六冊	振盪器、調變器和解調器	6-1 - 6-148
第七冊	輔助電路與天線	7-1 - 7-124
總索引		7-125 - 7-145

圖解電子學 第四冊

目 錄

第一章 原子電子理論	4-1
4-1-1. 半導體的優缺點	4-1
4-1-2. 電晶體的早期歷史	4-2
4-1-3. 物質的組成	4-3
4-1-4. 原子質點	4-4
4-1-5. 電荷	4-5
4-1-6. 軌道層	4-6
4-1-7. 元素和原子層	4-7
4-1-8. 價殼	4-8
4-1-9. 能階	4-9
4-1-10. 穩定原子和不穩定原子	4-10
4-1-11. 能帶圖	4-11
4-1-12. 原子鍵	4-12
4-1-13. 金屬鍵和電子價鍵	4-13
4-1-14. 共價鍵	4-14
4-1-15. 摘要	4-15
第二章 半導體理論	4-16
4-2-16. 半導體的原子結構	4-16
4-2-17. 自由電子和電洞	4-17
4-2-18. 負電子流和正電洞流	4-18
4-2-19. 半導體電流	4-18
4-2-20. 自由電子，價電子，和電洞	4-19
4-2-21. 電流載子	4-20
4-2-22. 摻雜	4-21
4-2-23. 五價及三價雜質	4-22
4-2-24. P型和N型半導體	4-23

4-2-25.	多數載子和少數載子.....	4-24
4-2-26.	P電荷和N電荷.....	4-25
4-2-27.	變阻體和熱阻體.....	4-26
442-28	摘要.....	4-27

第三章 P—N兩極體.....4-29

4-3-29.	p—n兩極體的意義.....	4-29
4-3-30.	空乏區.....	4-30
4-3-31.	電位障壁.....	4-31
4-3-32.	順向電流通過的原理.....	4-32
4-3-33.	順向電流通過的步驟.....	4-33
4-3-34.	逆向電流通過的原理.....	4-34
4-3-35.	逆向電流通過的步驟.....	4-35
4-3-36.	兩極體的特性.....	4-36
4-3-37.	p—n兩極體的動作曲線.....	4-37
4-3-38.	p—n兩極體整流器.....	4-38
4-3-39.	摘要.....	4-39

第四章 稽納和透納兩極體.....4-40

4-4-40.	兩極體電流的累積崩潰.....	4-40
4-4-41.	開關兩極體和控制整流器.....	4-41
4-4-42.	稽納兩極體.....	4-42
4-4-43.	透納(隧道)效應.....	4-43
4-4-44.	透納兩極體.....	4-44
4-4-45.	摘要.....	4-45

第五章 電晶體理論.....4-46

4-5-46.	電晶體的需要.....	4-46
4-5-47.	基本兩極體.....	4-47
4-5-48.	輸入電路和輸出電路的交互作用.....	4-48
4-5-49.	電晶體的偏壓.....	4-49
4-5-50.	n—p—n輸入電路的動作.....	4-50
4-5-51.	n—p—n輸出電路的動作.....	4-51

4-5-52.	$n-p-n$ 輸入輸出的交互作用	4-52
4-5-53.	$n-p-n$ 型電晶體的增益	4-53
4-5-54.	$p-n-p$ 型電晶體的動作	4-54
4-5-55.	電晶體元件的特性	4-55
4-5-56.	電晶體的電流增益特性	4-56
4-5-57.	電晶體的電阻電壓和功率增益	4-57
4-5-58.	電子管與電晶體比較	4-58
4-5-59.	摘要	4-59

第六章 基本電晶體電路 4-61

4-6-60.	共基極電路	4-61
4-6-61.	共基極電路的相位關係	4-62
4-6-62.	共基極電路的電流增益	4-63
4-6-63.	共基極電路的電阻電壓和功率增益	4-64
4-6-64.	共射極電路	4-65
4-6-65.	共射極電路的相位關係	4-66
4-6-66.	共射極電路的電流增益	4-67
4-6-67.	共射極電路的電阻電壓和功率增益	4-68
4-6-68.	共集極電路	4-69
4-6-69.	共集極電路的相位關係	4-70
4-6-70.	共集極電路的電流增益	4-71
4-6-71.	共集極電路的電阻電壓和功率增益	4-72
4-6-72.	阿爾發 (α) 與貝它 (β) 的換算	4-73
4-6-73.	摘要	4-74

第七章 電晶體特性 4-76

4-7-74.	電晶體電路的參數	4-76
4-7-75.	電晶體的動作曲線	4-77
4-7-76.	電晶體的最大功率消耗	4-78
4-7-77.	電晶體的負載線 (一)	4-79
4-7-78.	電晶體的負載線 (二)	4-80
4-7-79.	電晶體動作點的選擇	4-81
4-7-80.	偏流的配置	4-82

4-7-81.	電晶體電路的變值	4-83
4-7-82.	電晶體電路的動態增益	4-84
4-7-83.	摘要	4-85

第八章 電晶體的偏流 4-87

4-8-84.	電晶體的共用電源	4-87
4-8-85.	固定偏流	4-88
4-8-86.	自給偏流	4-89
4-8-87.	電晶體的退化回授	4-90
4-8-88.	射極偏流	4-91
4-8-89.	混合偏流	4-92
4-8-90.	摘要	4-93

第九章 電晶體電路的穩定 4-95

4-9-91.	電晶體的穩定方法	4-95
4-9-92.	公共電路的穩定	4-96
4-9-93.	熱阻體穩定	4-97
4-9-94.	兩極體補償	4-98
4-9-95.	集基電流穩定度	4-99
4-9-96.	組合兩極體穩定	4-99
4-9-97.	摘要	4-100

第十章 其他電晶體特性 4-102

4-10-98.	電晶體電路形式(一)	4-102
4-10-99.	電晶體電路形式(二)	4-103
4-10-100.	電晶體振盪	4-104
4-10-101.	電晶體的動作類別	4-105
4-10-102.	電晶體的頻率響應	4-106
4-10-103.	電晶體的阻抗匹配和耦合(一)	4-107
4-10-104.	電晶體的阻抗匹配和耦合(二)	4-108
4-10-105.	電晶體的直接耦合(一)	4-109
4-10-106.	電晶體的直接耦合(二)	4-119
4-10-107.	光電兩極體和光電晶體	4-111

4-10-108.	電晶體的形式(一).....	4-112
4-10-109.	電晶體的型式(二).....	4-113
4-10-110.	電晶體的型式(三).....	4-114
4-10-111.	矽控電流器 (S C R) 電晶體.....	4-115
4-10-112.	電晶體溫度的考慮.....	4-116
4-10-113.	摘要.....	4-117

第一章 原子電子理論

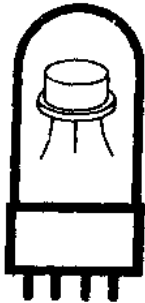
4-1-1. 半導體的優缺點

電晶體 (transistors) 和半導體兩極體 (semiconductor diodes), 在電子設備中的基本功能和電子管相同。由於它的許多優點超過電子管, 已在電子學中佔有非常重要的地位。電晶體比電子管體積小, 重量輕, 所以電晶體化的設備也是體積小, 重量輕。從前龐大, 笨重, 永久固定的設備, 現在也變成機動化, 小型化了。

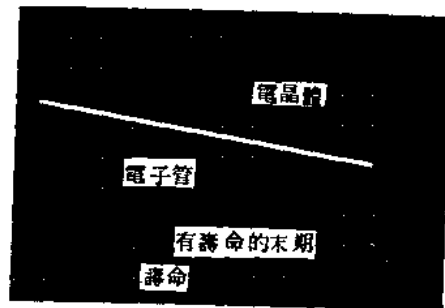
電晶體並不像電子管那樣需要加熱, 設備的電路組件和功率供應器, 構造比較簡單, 體積較小, 價格較低。電晶體化的設備所發生的熱量比電子管設備少得很多, 所以複雜的電子設備也祇要用很簡單的冷卻設備, 或者不需冷卻。固態電晶體比脆弱的電子管經久耐用, 所以震動的問題很小。電晶體容易儲存, 而且可儲存很久。電晶體設備的壽命加長這是勝過電子管的一項重大優點。根據統計, 電子設備的故障, 多半都是電子管損壞。

可是, 電晶體也有一些缺點。普通的電晶體不像普通的電子管那樣可以處理大量的功率。雖然也有特製的高功率電晶體, 目前尚不宜用於一般的電子設備。電晶體也很容易受溫度變化及輻射的影響, 而且要生產特性一致的電晶體也有更多的困難。由於這些原因, 電晶體的單位價格比電子管高。然而, 電晶體的優點勝過缺點很多, 並且正在繼續改良之中。在商業, 工業, 和軍事電子設備中的應用, 一天比一天多。

電晶體體積小, 重量輕



電晶體不需要加熱和冷卻



電晶體的壽命比電子管長

4-1-2. 電晶體的早期歷史

半導體，特別是半導體兩極體，實際上並不是無線電學中的新東西。用在早期無線電上的舊式晶體檢波器，(crystal detectors)，便是一種半導體兩極體。而現在仍然使用的舊式氧化銅 (Copper oxide) 整流器和硒 (Seleniun) 整流器，也是半導體兩極體。甚至連電晶體也不算是新的東西。貝爾電話研究所 (Bell Telephone Laboratories) 的約翰巴登 (John Bardeen)，威廉席克萊 (William shockley)，和 W.H. 布列台 (W.H. Britain) 在西元1948 年開始發展電晶體，他們尋求一種像電子管那樣，電阻可以變化的固態裝置 (solid state device)。這種裝置本來叫做轉移電阻器 (TRANSfer resISTOR)，後來縮短成為 TRANSITOR 普遍譯作電晶體。

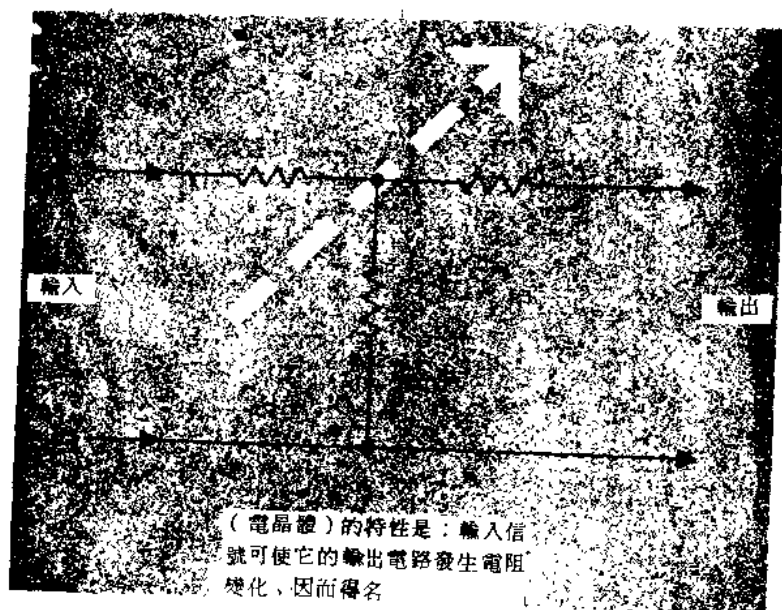


圖 4-1-2 電晶體本來叫做轉移電阻器

最初的電晶體成本很高，而且很難控制。因為這樣，當初僅用在實驗室中，由於品質一天一天的改良，價格也一天一天的降低，直到1950年以後，