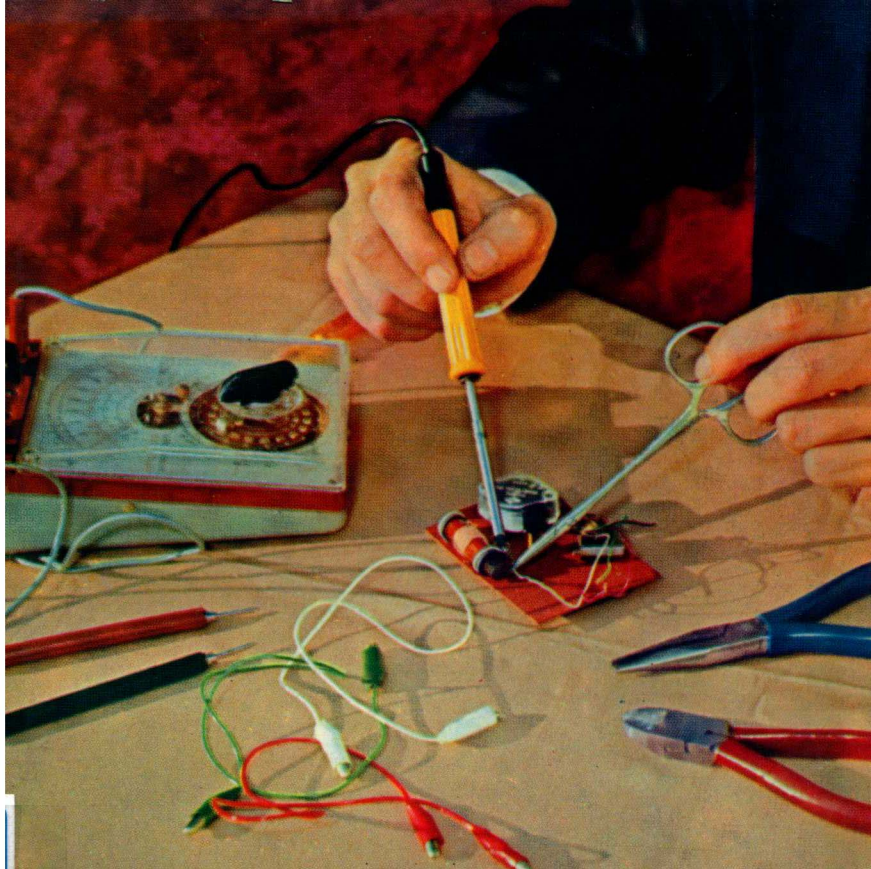




簡單半導體收音機 及實驗

· 張平蒼 ·

香港萬里書店出版

无锡轻工业学院图书馆

0393645

簡單半導體收音機及實驗

張 平 著

江南大学图书馆



91514966



香港萬里書店出版

簡單半導體收音機及實驗

張 平 著

出版者：萬 里 書 店

香港北角英皇道486號三樓

電話：5-632411 & 5-632412

承印者：立信印刷公司

九龍新蒲崗伍芳街廿三號十一樓

定 價：港 幣 二 元 八 角

版權所有・不准翻印

(一九七七年十月印刷)

前 言

半導體晶體管的發明和應用，是最近十年來無線電工業上一項重大的收穫。這種輕巧耐用的晶體管的出現，不但改變了無線電技術的面貌，並且進一步擴大了無線電在現代科學中應用的範圍。

早期生產的半導體晶體管輸出功率小、雜音大、運用頻率範圍低、電氣參數又不一致，因此在實用上就受到了一定的限制。近年來在各國科學家不斷努力下，今天生產的晶體管不但可以用在千瓦以上的電路中，並且運用頻率也高達幾千兆週，雜音水平大大降低，參數也趨一致，因此應用範圍日廣。我們有理由相信，晶體管的生命正在開始，它的前途方似旭日初昇是未可限量的。

本書想通過一些簡單的製作和實驗，幫助讀者對半導體晶體管有一個初步的認識。全書分四部份：第一部份是關於半導體的一般常識。第二部份教初學者如何着手做一架簡易的半導體收音機。第三部份介紹了十來種簡單的線路供讀者進一步製作時參考。第四部份介紹一些半導體其他應用的線路，提高讀者實驗的興趣，為以後進一步研究打下一個基礎。

本書適合無線電初學者，但對已經具有製作真空管收音機經驗的讀者，也同樣可以作為一種參考。編者限於水平，錯誤在所難免。因之誠懇地希望讀者們儘量提供寶貴的意見。

前言

張 平 一九六〇、二

目 次

半導體的基本知識	1
電子管堅強的對手——晶體管	3
半導體的發現	4
什麼是半導體	5
自由電子和“空穴”	6
N型和P型半導體	6
N型和P型半導體相結合	7
晶體三極管	10
晶體管和真空管	13
晶體管應用的特點	16
晶體管的符號和識別	18
晶體管的簡易檢驗方法	20
一架適合初學者試製的半導體收音機	23
半導體收音機不難做	23
半導體做低頻放大	23
收音機主要零件介紹	26
一、線圈 二、電容器 三、電阻 四、礮石	
五、鉻二極管 六、半導體 七、耳機	

底板的排列和接線.....	38
調整和試聽.....	40
其他簡單的半導體收音機	42
市售美通線圈做的半導體收音機.....	42
再生式半導體收音機.....	45
自繞鐵芯線圈的再生式收音機.....	47
自由電能半導體收音機.....	50
三個半導體的收音機.....	53
市售小型半導體收音機線路介紹.....	57
一、雲雀牌 LARK-TR 101 二、人造衛星型 SATO-XTR ₂	
實驗板及其用法.....	62
介紹六個實用的線路.....	65
半導體其他應用的線路	69
利用喇叭和半導體做的話筒.....	69
用銀幣作電池的電碼練習機.....	71
實驗用收發兩用機.....	73
高低頻率用探針.....	75
輕巧的半導體訊號尋跡器.....	77
袖珍中頻訊號發生器.....	79
半導體的擴音機.....	82
簡單的半導體試測錶.....	89

半導體的基本知識

無線電發明到現在雖然還只有六十多年，但是六十年來這門年青科學成長和發展的速度着實是驚人的。時至今日，差不多一切先進科學技術的裝備，莫不都和無線電發生密切的聯系。其中尤以自動控制和遙遠操縱為最，無線電在這些器械裏簡直成為發號施令的大腦了。在實際應用上，除了作為最迅速的通訊工具外，無線電還可以用來探測埋在深山裏的礦藏，測量海洋裏的礁石。船隻利用雷達裝置，在濃霧中可以安全航行，飛機用了它在漆黑的機場可以盲目降落。此外無線電還可以預測氣候、鍛合金屬、烘乾木材和油漆，醫學上利用無線電可以找出病源進行治療……。我們可以相信，隨着科學的不斷發展，無線電應用的範圍也會一天比一天的擴大和普遍起來。

在我們日常生活中，無線電也逐漸變為不可或缺的東西。坐在家裏打開無線電或電視機，千百里以外的音容風物瞬即傳到我們眼前或耳底。最近半導體發明之後，無線電收音機更起了一個大大的革新。在我們祖父父親這一代，一個再生式三燈機已經算是最時髦的了；收音機的木盒足足有二呎來長，電木板上的轉盤也有拳頭般大，加上一個二呎高

曲頸的大喇叭，收聽時非接上天地線不可，連同甲電池、乙電池、丙電池等，一個人搬動很喫力。但是今天半導體放喇叭的超外差式收音機，只有一包香煙般大，小可盈握隨時可以放在衣袋裏收聽，方便異常。最近半導體製的電視機也已經問世，大小和一把算盤差不多，只是厚一點，要是假以時日，一定還會做得更小巧輕盈。到時趁車搭船或郊外旅行，天下雖大，但只要一具在手，旋一下按紐，大千世界的形形色色馬上就會呈現在眼底。無線電收音機和電視機在這些方面新的成就，就不得不拜半導體之賜了。

在這本書裏，想用通俗淺顯的文字介紹半導體晶體管一般工作的原理，以及如何用半導體來裝製一些簡單的收音機和實驗。

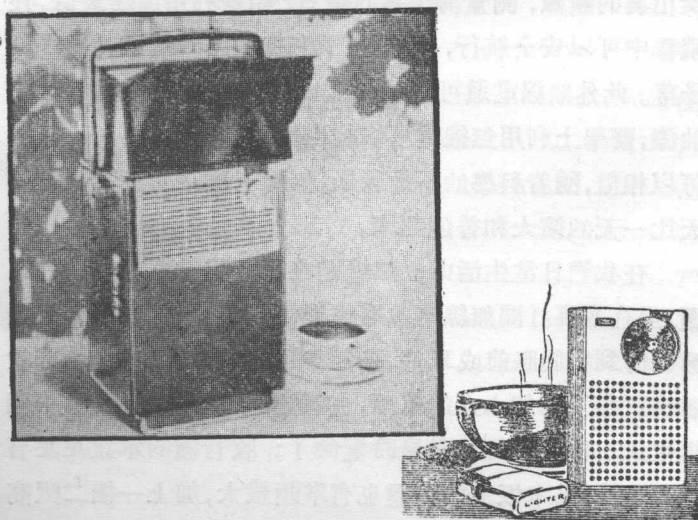


圖 1 半導體電視機和收音機

電子管堅強的對手——晶體管

電子管俗稱真空管，是無線電的心臟。我們想把交流電變成直流電，把微弱的訊號放大後加以利用，或者想產生頻率很高的無線電波以便發射到很遠的地方去。這一切都要借助電子管來完成，所以我們說電子管是無線電的心臟這話一點也不過份。事實上今天電子管活動的範圍早已超過了無線電這個領域，今天一切科學上的成就往往就是電子管在應用上新的發展的結果。

六十年來電子管對人類作出的供獻是巨大的，但是由於電子管本身先天性的一些缺點，如體積大、耗電多、壽命短等等，也限制了科學技術部門進一步的利用和發展。可是人類在自然面前是永遠不會低頭的，世界各國科學工作者們不斷地奮鬥結果，終於又找到了另一個電子器件——晶體管。

晶體管通稱半導體、又叫原子粒，它的出現是近代無線電技術工業一項新的巨大的成就。因為利用晶體管可以做放大器、振盪器、變頻器……。在某些場合它可以完全代替電子管（註），而在另一些場合，它却具有電子管所沒有的若干優點，例如體積小、耗電省、重量輕、耐震、壽命長等。因此晶體管雖然在無線電這個大家庭中年齡很輕、資歷又淺，從第一個出世到現在不過十年光景。但在第一個十週年時，每

（註）晶體管其實就是用半導體鎢或硅的晶體做成的一種電子管。但在習慣上，我們稱真空管為電子管，而晶體做的電子管為晶體管。

年的產量已經和它的老大哥電子管相伯仲，達到六千萬個。這從一方面來看，固然說明了無線電工業技術在近代日常生活和國民經濟中的地位日益顯著，另方面，也告訴我們晶體管的優越性能正一天比一天的爲人們所賞識。我們完全有理由可以相信，晶體管正在趕上它的老大哥電子管，而且將會遠遠地把電子管拋在後面。

半導體的發現

無線電發明之後不久，科學家 O.B. 羅塞夫 對自然界各種礦石進行了研究，結果發現自然界中某些晶體如方鉛礦，對無線電波有檢波的作用。高頻率的無線電訊號經過晶體礦石檢波後就變成可以聽到的音頻電流。這項發現很快就被各國的無線電雜誌競相轉載，大家都紛紛仿製“羅塞夫接收機”或“晶體再生機”。在當時就有人大胆地預料：電子管很快地將被晶體所淘汰。

這個預料並沒有很快被實現，由於當時人們對晶體電學性質的認識還很膚淺，因此晶體管不但沒有及時成長起來，反而隨着電子管的不斷改進而銷聲匿跡被人遺忘了將近三十年。

晶體過了三十年重又獲得第二次生命。這對某些讀者說來也許會興起無限感嘆，認爲它生不逢辰，命運多舛，要是當時人們研究改良的對象不是電子管而找上晶體，那麼晶體從那時起就可以平步直上，順利地發展起來，不必再走三十年彎路了。

對這些好心腸的讀者，下面的說明和解釋是必要的。

一切科學上的發明有它一定的客觀條件，不能憑着個人主觀願望、脫離那些條件憑空亂想。當晶體的單向導體的特性被發現之初，人類對晶體電學性質方面的知識還很貧乏，實驗的技術和設備又很落後。這些就限制了對晶體內部電荷運動的現象作進一步的研究。三十年以後，情形就大不相同了。電子技術已經有了飛躍的進步，物質本性的一些概念也有了深刻的認識。現代科學已經有可能完滿地解釋以往許多不能解釋的現象。於是半導體的一些新的特性，隨着近代工藝技術的發展而逐步爲人類所瞭解所控制。這些條件就使晶體管的創造成爲現實的東西。1948年第一個半導體晶體三極管就在這樣的條件下終於在貝爾實驗室裏誕生了。

什麼是半導體

自然界中有一些物質，其導電能力既沒有普通金屬那樣強，但是又比一般絕緣體如膠木、橡皮、陶瓷來得高。這種物質我們稱之爲**半導體**，簡稱**半導體** (Semi Conductor)。我們知道物質導電的能力強或弱，取決於物質中**電荷** (Charge Carrier) 數目的多寡。電荷多的導電能力強，反之電荷數量少的導電能力弱。半導體內電荷的數量就介乎兩者之間，既不算很多，也不能算很少，因之它的導電能力也就介乎導體與絕緣體之間。自然界中像這種具有半導體性質的物質很多。目前用來製造晶體管的通常是**鍺** (Germanium) 及**硅**

(Silicon)。

當鎘的純度很高，不含或祇含極微量的雜質時，由於電荷的數目很少，因此導電能力極弱，其性質和絕緣體差不多。但當摻入少量雜質後，導電能力即可增加。因此適當地控制摻入的雜質的數量，就可以製造出不同導電能力的鎘晶體。這種鎘晶體就是我們做晶體管的主要原料。

自由電子和“空穴”

如果我們以砷或銻作為雜質摻入純度很高的鎘晶體裏，結果可以使原來的鎘晶體產生一定數量帶有負電的自由電子，或者叫做可移動的負電荷。同樣如果以銦或鋅作雜質摻入純度很高的鎘晶體裏，則可使原來鎘晶體裏產生一定數量的“空穴”。這種“空穴”虛位以待電子前來填補空缺。因此從作用上說，可以當它是可移動的正電荷。

“空穴”這個名詞比較新穎，其意義也很抽象，但用來說明晶體內部電荷移動的現象却很生動。因此其重要之處，正和我們平常公認電流是電子流動而產生一樣。

N型和P型半導體

從上面的說明，我們知道一塊鎘晶體經摻入不同的雜質後，就產生二種不同的情形。

在第一種情形裏，摻入砷的雜質後，晶體內自由電子的數量就多於“空穴”的數量，其導電作用是依靠負電荷的粒子，即電子的移動而完成的，這種鎘的晶體，我們稱之為電

子型半導體或 N 型半導體。N 在這裏是代表 Negative。

在第二種情形裏，摻入鉍的雜質後，鍺晶體內“空穴”的數量就比自由電子數量為多。於是就靠正電荷的“粒子”，即“空穴”的移動來導電。這種鍺的晶體，我們稱之為空穴型半導體，或稱 P 型半導體。P 在這裏代表 Positive。

不論 N 型半導體也好，P 型半導體也好，在同一塊晶體內，要是負電荷和正電荷相遇，也就是說多餘的電子與鄰近的“空穴”相遇，則電子立即填補到“空穴”裏去，成為晶體結構中一個比較穩定的組成部份。不再帶着電荷在晶體內部到處遊蕩。而與此同時，在空穴原來的位置上就出現一個新的多餘的電子。這個電子又可以和它鄰近的空穴相結合。這樣興替不已，電子在晶體內部移動的結果就形成了電流。

另外一種情形下，多餘的空穴也可以被鄰近的電子所填補，而與此同時，在電子原來的位置上就出現一個新的多餘的空穴。這個空穴又可以被另一個鄰近的電子來填補，這樣興替不已，空穴在晶體內部移動的結果也形成了電流。

所以 N 型半導體或 P 型半導體，兩者都能導電。所不同的是前者有多餘的電子，因之就靠這種帶有負電荷的粒子即電子的移動來導電。而後者有多餘的空穴，因此就靠這種帶有正電荷的“粒子”即空穴的移動來導電。

N 型和 P 型半導體相結合

上面說的是在同一塊晶體內的導電現象，即在同一塊 N 型或同一塊 P 型內的導電現象。但是我們的興趣並不在

這裏，我們的興趣是當二塊不同型的半導體密切接合後，其情形又如何呢？

如圖(2)所示，一塊N型和另一塊P型半導體密切結合後，由於正負電荷之間相互吸引的關係，在隣近二塊晶體結合的地方，即結合層的兩旁就聚集了不少負電荷的自由粒子(電子)和正電荷

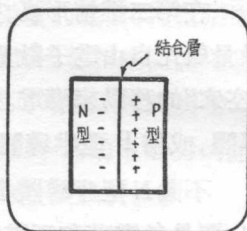


圖 2 N型半導體和P型半導體相結合

的“粒子”(“空穴”)。換句話說，在N型半導體靠近結合層的一端電子密度很大，在P型半導體靠近結合層的一端“空穴”的密度很大。於是電子和“空穴”就在結合層附近，帶着不同的電荷進行着交換。

上面是說，二塊不同的半導體，一塊N型和另一塊P型密切結合後內部電荷移動的現象。現在我們再進一步來觀察，要是在這個N型和P型密切結合的東西上，這個東西以後我們叫它做**N-P結**。在N-P結的兩端接上一個電源，也就是說在N型和P型上分別加上正負不同的電壓之後，那末情形又將如何呢？

這又得分二種情況來說明：

第一種情況，把電池的正極接在N-P結P型的一端，把負極接在N型的一端如圖(3A)所示。在這種情形下，N型半導體內多餘的負電荷就被電池負極裏的電子所排斥而被推到靠近結合層的地方去。在P型半導體內，多餘的正電荷將被吸引到靠近結合層的一端。這樣的結果是：N型半導

體內的電子就源源不斷地流入P型半導體內和P型內的“空穴”相結合，這樣電子從N端流入，從P端流出，於是就產生相當大的電流。在這種情形下，結合層的電阻很小，好像是一個良好的導體，電子可以很順利的通過。

第二種情況，電池正負極的接法和上面的情形恰恰相反。把正極接在N-P結的N型端，把負極接在它的P型端。在這種情形下，正負粒子都被電池的電壓分別吸引而離開結合層。很明顯，在這種情形下電流就很難通過，如圖(3B)。這裏用“很難”二個字是有道理的。因為在結合層附近，儘管數量極微，但畢竟還是有一些正負電荷存在的，因此還是有為數極微的電流在這裏通過，這種電流，就是一般所說的電極間的漏電現象，當然漏電量越少越好。

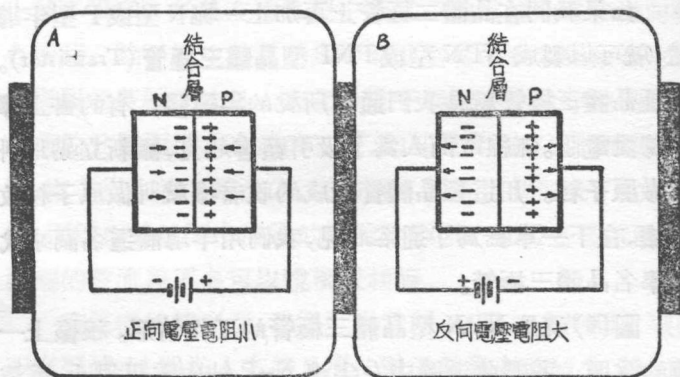


圖 3

在第二種情形下，結合層的電阻就非常小，除微量漏電外，電流就很難通過，因之就好像是一個不導電的絕緣體。

由於上面二種不同的電池接法，就產生了導電和不導電二種不同現象。這個不同現象給我們帶來了半導體很有用的整流作用。鍺晶體二極管 (Diode) 就是這樣製成的。

說到這裏我們應該對“密切結合”這幾個字來一番說明，所謂一塊N型半導體和另一塊P型半導體密切結合，並不是簡單地把二塊半導體緊緊的壓在一起就算了事，而是要經過一些工藝的過程，把它們熔合在一起。熔合的方法有好幾種，我們常在書上看到面接合型晶體管(Junction Type)，點接觸型晶體管 (Point Type) 等，就是指它們不同的熔合的結構。

晶體三極管

如果我們在晶體二極管上再加上一塊N型或P型半導體，就可以製成NPN型或PNP型晶體三極管 (Transistor)。這種晶體三極管就是我們通常所說的半導體，有的書上譯做跨變電阻。無線電商人爲了吸引顧客起見，標新立異地叫它做原子粒。用這種晶體管做成的收音機就叫做原子粒收音機。在下一章裏爲了通俗起見，我們用半導體這名詞來代替學名晶體三極管。

圖(4)就是NPN型晶體三極管的工作情形。根據上一節的說明，我們知道圖中左半邊N-P結中電阻很小，電流可以順利通過。而右半邊P-N結中，電阻極大，除了微量漏電外，電流將無法通過。這是將N-P結和P-N結分別開來看的情形。現在將N-P-N三塊半導體結合在一起，其情形